



Baudokumentation meines Fahrradwohnwagens

Von:
Jati AC

E-Mail:
jatiac92@gmail.com

Webseite:
www.jati-ac.de

Zuletzt aktualisiert am: 29. April 2022

Dieses Dokument dient nicht als Anleitung. Alle Nachbauten erfolgen ausdrücklich auf eigenes Risiko. Weiterhin wird keine Garantie für die Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhaltes gegeben.

Dieses Dokument darf weder in Teilen noch als Ganzes verändert oder für kommerzielle Zwecke verwendet werden.

Vorwort

In der Mitte des Jahres 2020 fing es, inspiriert durch diverse YouTube-Videos, als kleiner Gedanke an. Ein Gedanke, welcher sich schnell zu vielen Ideen und schließlich auch zu einem konkreten Projekt wandelte: Ich möchte mir einen Fahrradwohngewagen bauen!

Da ich während der Umsetzung dieses Projektes von zahlreichen Erfahrungen in Form von Videos, Blog- und Forenbeiträgen profitieren konnte, möchte ich euch mit dieser Dokumentation etwas zurückgeben und euch an meinen Gedanken, Erfahrungen, Fehlern und Erfolgen teilhaben lassen. Ferner konnte ich während meines Bauvorhabens immer weiter in eine Community aus anderen Selbstbauern eintauchen, welche Fachwissen aus den unterschiedlichsten Bereichen einbringen, um ihren jeweiligen Wohnwagen zu realisieren.

Ich habe bewusst die Textform gewählt, auch wenn es mir so scheint, dass eine Dokumentation in Form von Videos aktuell das bevorzugte Medium darstellt. Sollte ich mich jemals dazu durchringen können ein Video meines Wohnwagens oder einer Tour zu veröffentlichen, so wird dieses auf dem YouTube Kanal „Jati AC“ zu finden sein. Insgesamt bin ich jedoch der Überzeugung, dass ein Bericht in Textform zwar weniger unterhaltend, dafür aber deutlich nachhaltiger zum Erfahrungsaustausch beitragen kann und besser als Nachschlagewerk geeignet ist.

Ich freue mich dennoch auf Feedback, Anmerkungen, Lob und Kritik und hoffe euch mit diesem Bericht für eure eigenen Eigenbauten etwas weiterhelfen oder euch zumindest ein wenig Inspiration mit auf den Weg zu geben.

Gerne könnt ihr mich per E-Mail an jatiac92@gmail.com kontaktieren und euch so auch die neuste Version dieses Dokuments zukommen lassen. Diese und viele weitere Informationen sind ebenfalls auf meiner Webseite unter www.jati-ac.de zu finden.

I Inhaltsverzeichnis

1	Meine Motivation – wieso ein Fahrradwohnwagen?	3
2	Fahrgestell und Radaufnahme	5
3	Auflaufbremse	8
3.1	Ein paar grundlegende Gedanken	8
3.2	Auflaufmechanismus	10
3.3	Bremssattelbefestigung	14
3.4	Bremszugverlegung	16
4	Akkubau und Pedelecumrüstung	18
4.1	Ein paar grundlegende Gedanken	18
4.2	Aufbau des Akkupacks	19
4.3	Pedelecumrüstung	24
4.4	Verbesserungen am Pedelec (Erfahrungsbericht)	26
4.4.1	Probleme und Umtausch des Displays „Eggrider V2“	26
4.4.2	Neues Kettenblatt, neue Kettenlinie	27
4.4.3	Einstellung der gewünschten Übersetzung	28
4.5	Erste Probefahrten des Pedelecs	29
5	Finalisierung des Grundaufbaus	31
5.1	Bodenplatte	31
5.2	Stützen	32
5.2.1	Erstes Stützdesign	32
5.2.2	Verstärkung der Stützen	33
5.3	Gewicht des Fahrgestells	35
5.4	Erste Probefahrt mit Fahrgestell	35
6	Kabinenaufbau und Innenraum	38
6.1	Gerüst und Verkleidung	38
6.2	Folie, Schlafbank und Radkästen	42
6.3	Türe, Abdichtung und Rücklichter	48
6.4	Wärmedämmung und Innenverkleidung	53

I Inhaltsverzeichnis	ii
6.5 Lüftungskonzept und Bullauge	57
6.6 Matratze.....	59
7 Elektrik und Solarpanel.....	61
7.1 Anhänger elektrik.....	61
7.2 Integration des Solarpanels.....	63
7.2.1 Auswahl des Solarpanels	64
7.2.2 Einbau des Solarpanels.....	65
7.3 Solarertrag	66
8 Kosten	67
9 Ausfahrten.....	68
9.1 Die ersten 60 Kilometer.....	68
9.2 Ein paar Impressionen	71
II Quellen und Links.....	vi
III Anhang.....	viii

1 Meine Motivation – wieso ein Fahrradwohnwagen?

Motiviert durch die Videos Rene Kreher, welcher auf seinem gleichnamigen Youtube-Kanal vom Bau und seinen Erfahrungen mit zwei selbst entworfenen Fahrradwohnwägen berichtet, habe ich mich trotz Mangel an Vorerfahrung auf dem Gebiet von Lastenrädern, Pedelecs und Fahrradanhängern dazu entschlossen, ebenfalls einen solchen Wohnanhänger zu bauen.



Abb. 1: Impressionen des "Kreher Imperial" von Rene Kreher [1]

Mich persönlich hat das Gesamtpaket eines solchen Wohnwagens einfach überzeugt, da ich ohnehin sehr gerne mit dem Rad unterwegs bin. Camping im Zelt hingegen finde ich zwar okay, würde es nicht als meine Vorliebe bezeichnen.

Was mich nun am Fahrradwohnwagen so fasziniert ist die Tatsache, dass man zur Übernachtung nichts aufbauen muss: Tür auf und rein. Insbesondere bei längeren Fahrradtouren und unbeständigem Wetter brauche ich mir mit solch einem Anhänger also keine Gedanken zu machen. Ein Schauer kann einfach im Trockenen abgewartet werden, man kann fast überall am Rand stehen bleiben und es sich gemütlich machen, kochen, einen Film schauen oder einfach die Aussicht genießen. Es muss kein nasses Zelt auf- oder abgebaut werden, was für mich persönlich das größte Komfortplus am Anhänger bedeutet. Hierdurch reizen mich auch längere Touren deutlich mehr als sie es mit einem Zelt tun.

Zudem bietet solch ein Anhänger angenehm viel Stauraum, sodass ich bei der Ausrüstung nicht zu genau darauf achten muss was ich mitnehmen kann und was nicht. Ich brauche dabei insbesondere nicht auf das Packmaß von Zelt, Isomatte, Schlafsack, Kocher etc. zu achten. Es ist genügend Platz für eine bequeme Matratze und durch Isolierung, einer aktiven Lüftung und sogar der Möglichkeit einer Heizung sollte im Inneren stets ein angenehmes Klima herrschen. Zu guter Letzt reizt mich ein solcher Anhänger auch einfach als Bastelprojekt, bietet er doch eine Menge Möglichkeiten sich durch technische Spielereien auszutoben.

Sicherlich stehen diesen Vorteilen auch einige Nachteile gegenüber. Allen voran muss immer ein klobiger Anhänger mitgeschleppt werden und das Durchschnittstempo wird etwas niedriger sein. Gewisse Wege und Engstellen werden sich kaum oder nicht befahren lassen und das Mehrgewicht macht ein Pedelec für lange oder steile Touren schon fast unverzicht-

bar. All dies ist mir persönlich der zusätzliche Komfort wert. Ich sage jedoch nicht, dass die Reise mit Anhänger für jeden geeignet oder pauschal besser als eine Reise mit leichtem Gepäck sei. Ich kann jeden verstehen, der lieber mit Zelt, Isomatte und Schlafsack oder aber von Pension zu Pension unterwegs ist. Mich persönlich reizt jedoch die Vorstellung, in den Tag hinein fahren zu können, ohne mir zu große Gedanken über die Erreichbarkeit des nächsten Schlafplatzes oder eine düster aussehende Regenwolke machen zu müssen.

Die äußere Formgebung meines geplanten Fahrradwohnwagens als auch der Innenausbau orientieren sich dabei stark am sog. "Kreher Imperial" von Rene Kreher, welcher in Abb. 1 zu sehen ist. Die Formgebung erscheint mir nicht die schönste, jedoch sehr praktisch und vergleichsweise leicht umsetzbar zu sein. Die von mir gewählte Bauweise entspricht hingegen dem sog. "KreAir", dessen Fahrgestell und Trägerwerk aus Aluminium-Vierkantprofilen besteht und mit folierten Hohlkammerplatten aus Polycarbonat verkleidet ist. Mein Anhänger soll zusätzlich mit einer eigenen, mechanischen Auflaufbremse ausgestattet werden, während er sich die Stromversorgung mit dem Pedelec teilt. Um hierbei möglichst flexibel zu sein, werde ich mein Fahrrad dazu selbst mit einem Umrüstsatz auf Basis eines Bafang BBSHD zum Pedelec umrüsten. Der Akku wird ein Eigenbau aus 18650 Li-Ion-Zellen in der Konfiguration 14S5P mit einer Gesamtkapazität von ca. 870Wh. Eine Ausstattung mit Solarpanelen ist ebenfalls geplant, sobald die ersten Touren erfolgreich absolviert sind.

2 Fahrgestell und Radaufnahme

Das Fahrgestell habe ich aus 20 x 20 x 1,5 mm Aluminium-Vierkantrohren und Steckverbindern aufgebaut. Die Außenmaße betragen 200 x 85 cm. Die Länge habe ich anhand meiner Körpergröße gewählt, sodass ich mit meiner 185 cm Körpergröße angenehm und ausgestreckt im Hänger liegen kann. Mit einer max. Breite von 85 cm lässt er sich im Notfall so gerade noch in unseren Kleintransporter verladen. Aus Ermangelung einer Werkstatt oder eines Bastelkellers habe ich mir die Aluminiumprofile fertig zugeschnitten inkl. der nötigen Steckverbinder liefern lassen. Der Zusammenbau erfolgte dabei zunächst im heimischen Wohnzimmer, wie in Abb. 2 zu sehen ist.

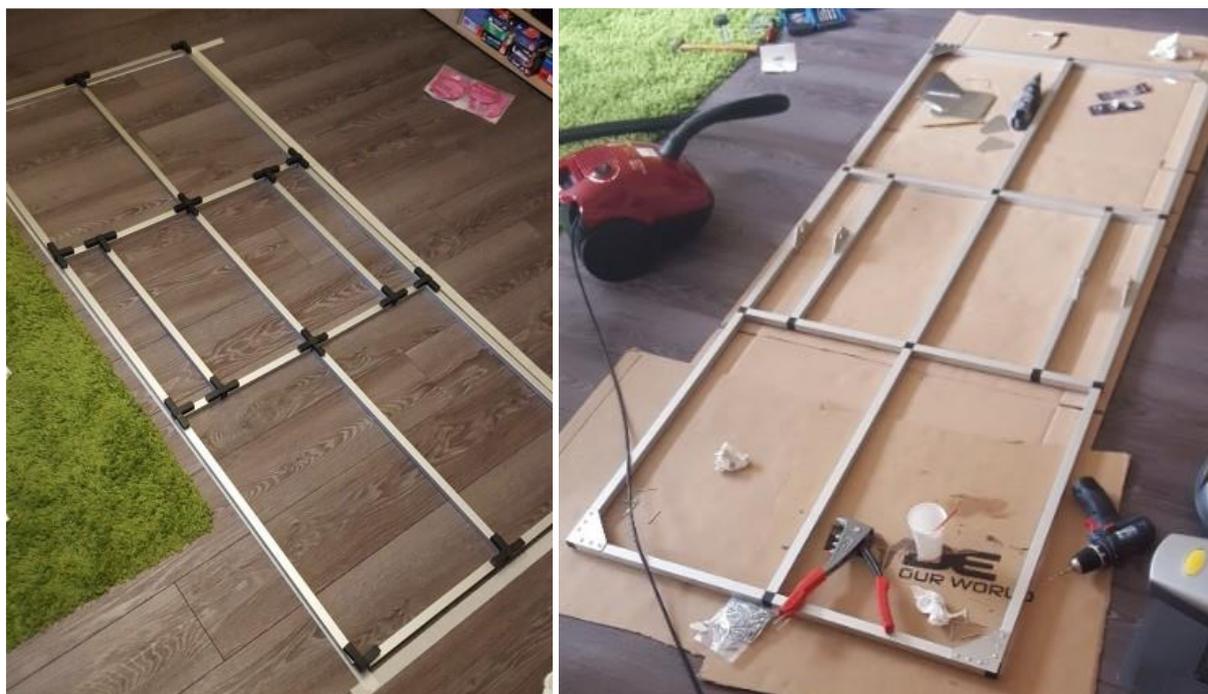


Abb. 2: Lose Aluminiumprofile und Steckverbinder (links) sowie deren Zusammenbau (rechts)

Die Verbinder verfügen über einen Stahlkern, durch welchen ich mir die nötige Stabilität erhofft habe - inzwischen glaube ich nichtmehr so wirklich daran. Die Stahlkerne haben meines Erachtens zu viel Spiel innerhalb der Kunststoffgehäuse und scheinen in den Eckpunkten auch nicht wirklich gut verschweißt zu sein. Weiterhin haben auch manche der Kunststoffgehäuse innerhalb der Aluprofile etwas Spiel, sodass die ganze Konstruktion nach dem Zusammenstecken unglaublich wackelig wurde. Aus diesem Grund habe ich sowohl die Stahlkerne in den Kunststoffgehäusen als anschließend auch die Gehäuse in den Aluminiumprofilen zusätzlich mit Epoxidharz verklebt. Zusätzlich sind zudem 2 mm starke Aluminiumbleche über die Verbindungsstellen geklebt und mit 4 mm Blindnieten vernietet, wie in Abb. 2 rechts und in Abb. 4 zu sehen ist. Die Klebestellen habe ich für eine optimale Haftung vorher gut aufgeraut. Insbesondere bei Aluminium ist darauf zu achten, dass das Epoxidharz unmittelbar nach dem Aufrauen aufzutragen ist. Da sich innerhalb von ca. 10-15 Minuten eine neue Oxidschicht auf dem Aluminium bildet, ist die Haftung ansonsten beeinträchtigt.

Für einen erneuten Aufbau würde ich aufgrund der beschriebenen Probleme wohl keine Steckverbinderbauweise mehr wählen. Auch würde ich etwas stärkere und insbesondere durchgängige Aluminiumprofile (wohl 20 x 30 mm) verwenden. Ich hoffe jedoch, später durch die Bodenplatte nochmals mehr Stabilität in das Fahrgestell hineinbekommen zu können.

Die Radaufnahmebleche habe ich mir in der Studiwerkstatt Aachen aus einer 4 mm starken Aluminiumplatte fräsen lassen (Abb. 3, links) und anschließend mit 5 mm Blindnieten und Epoxidharz an den entsprechenden Aluminiumprofilen befestigt. Hierbei ist es deutlich einfacher, die Aufnahmebleche wie in Abb. 3 rechts gezeigt bereits vor dem Zusammenbau des Rahmens zu befestigen.



Abb. 3: Herstellung der Radaufnahmebleche

Damit der Anhänger später waagrecht hinter dem Rad läuft, habe ich die Höhe der Kuppelung an meinem Rad zunächst ausgemessen und anschließend die Höhe der Aufnahmebleche entsprechend gestaltet. Für einen niedrigen Schwerpunkt (etwas geringere Gefahr des Umkippens) wird die Deichsel bei mir oberhalb des Grundrahmens und nicht unterhalb angebracht. Zur Kontrolle meiner Höhenmessung habe ich wie in Abb. 4 dargestellt den Anhänger anschließend provisorisch am Fahrrad angehängt und die Neigung des Hängers überprüft.

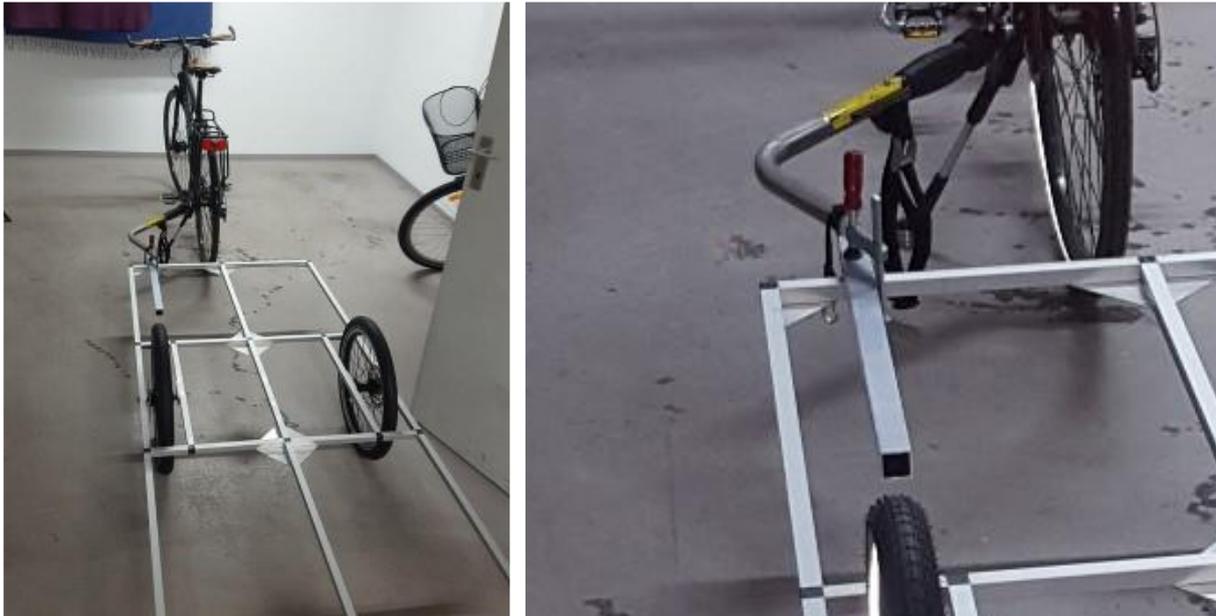


Abb. 4: Provisorische Befestigung des Anhängers am Fahrrad

Ich habe mich dabei für 20 Zoll große Laufräder mit 6-Loch Bremsscheibenaufnahme sowie einer Reibfläche für Felgenbremsen entschieden. Die Auflaufbremse möchte ich später zwar mit Scheibenbremsen gestalten, sollte dies kein Erfolg werden bliebe als Backup jedoch noch die Möglichkeit auf Felgenbremsen zu setzen. Als Bereifung kommen die BigApple-Mäntel von Schwalbe zum Einsatz.

Die Räder sitzen bei mir in Längsrichtung gesehen genau mittig im Anhänger. Ein leichter Versatz nach hinten wäre bezüglich des Fahrverhaltens zwar vorteilhaft, für die Raumaufteilung durch die innenliegende Radposition jedoch zu unpraktisch gewesen. Gegen außenliegende Räder habe ich mich aufgrund der zusätzlichen Breite entschieden. Von daher hoffe ich, den Gesamtschwerpunkt durch die Anordnung der Beladung später vor die Achse zu bekommen.

3 Auflaufbremse

Als nächstes steht der Aufbau der Auflaufbremse an. Da ich keinen Anbieter einer fahrgestellunabhängigen Fertiglösung finden konnte, habe ich mich für eine Eigenkonstruktion entschieden.

3.1 Ein paar grundlegende Gedanken

Da der Anhänger in beladenem Zustand recht sicher ein Gewicht von 40 kg überschreiten wird, ist der Einbau einer Bremse wohl empfehlenswert. Diese 40 kg, an welchen ich mich hier orientiere, stammen aus dem "Merkblatt für das Mitführen von Anhängern hinter Fahrrädern" § 67 StVZO [2], welches meines Wissens nur eine Empfehlung darstellt und rechtlich nicht bindend ist - dennoch möchte ich meinen Bremsweg nicht unnötig verlängern oder am Ende gar einen Unfall riskieren und versuche dieser Empfehlung zu folgen.

Grundsätzlich sehe ich zur Realisierung einer Anhängerbremse zwei Möglichkeiten:

Entweder, die Bremse des Anhängers wird mit den Bremshebeln des Fahrrads gekoppelt bzw. über einen dritten Bremshebel betätigt oder aber löst dann von selbst aus, wenn der Anhänger auf das Fahrrad aufläuft (Stichwort: „Auflaufbremse“). Erstere Möglichkeit habe ich für mich zunächst ausgeschlossen, da mein Fahrrad über ein hydraulisches Bremssystem verfügt. Zwar konnte ich nach einiger Recherche sogar Hydraulikkupplungen für Fahrradbremsen finden [3], dennoch bringt mir diese Lösung zu viel Umbauaufwand am Fahrrad selbst mit sich. Auch möchte ich bei dieser kritischen Komponente keine Fehlfunktion riskieren welche nicht nur die Anhänger- sondern auch meine Fahrradbremse gleichzeitig lahmlegen könnte. Somit scheint die Wahl einer Auflaufbremse für mich unumgänglich zu sein.

Leider findet sich nach einer ersten Recherche nur sehr wenig zu Auflaufbremsen für Fahrradanhänger. Einen Hersteller, welcher ein Bremssystem ohne Anhänger verkauft, konnte ich leider nicht finden. Auch brauchbare Baupläne sind sehr rar, meist finden sich nur Blog- oder Forenbeiträge [4, 5] in welchen über den Selbstbau mehr oder weniger ausführlich berichtet wird. Am häufigsten scheinen hierbei Knickgelenke nahe der Kupplung eingesetzt zu werden, wie auch von Rene Kreher selbst [3] (vgl. Abb. 5). Diese bieten den Vorteil, dass die Bremsmechanik nahe am Fahrrad und somit in einem noch nicht so hoch belasteten Bereich liegt. Die Anschlussstelle der Deichsel am Anhänger kann somit ohne Aufwand sehr solide gestaltet werden, um die höheren Momente an dieser Stelle abzufangen.



Abb. 5: Auflaufbremse des "Kreher Imperial" von Rene Kreher [3]

Einen Nachteil des Knickgelenks sehe ich darin, dass mir persönlich keine praktikable Möglichkeit der Umsetzung ohne Schweißverbindungen und/oder den Eigenbau einer kompletten Deichsel einfällt. Da Schweißen für mich persönlich keine Option darstellt und mir auch die nötigen Geräte zum Biegen von Aluminiumrohren fehlen, fällt das Knickgelenk für mich als Lösung leider raus.

Es braucht also einen anderen Mechanismus, welcher eine möglichst lineare Bewegung zwischen Deichsel und Anhänger erlaubt und gleichzeitig ausreichend hohe Kräfte abfangen kann. Hierzu habe ich zunächst bei sog. Linearführungsschienen umgeschaut, wie ich sie aus dem Bau von Fräsmaschinen kenne. Diese bieten eine sehr hohe Präzision welche sich jedoch auch im Preis und Gewicht niederschlägt und für den Einsatz in einer Auflaufbremse nicht notwendig ist. Als günstigere Alternative habe ich mir auch Linearauszüge wie sie z.B. im Backofen oder für Schubladen verwendet werden angeschaut. Hier war ich auch kurz davor einen solchen Backofenauszug zu verwenden. Hierzu habe ich zunächst die Kugellager aus drei Backofenauszügen in einen einzigen gesetzt, um die Stabilität weiter zu erhöhen. Der Auszug schien so zunächst sehr robust und bot sogar genug Freiraum um beide Hälften zu vernieten (also eine an den Anhänger, eine an die Deichsel), ohne durch die Höhe der Nietköpfe beeinträchtigt zu werden. Nach provisorischen Belastungstests hat sich die Schiene aber leider rasch aufgebogen. Auch hätte sie witterungs- bzw. spritzwassergeschützt eingebaut werden müssen, was zusätzlichen Aufwand bedeutet. Schwerlastauszüge wiederum habe ich leider nicht in ausreichend kurzer Länge gefunden und dieses Konzept daher auch verworfen.

Als letzte Idee blieb mir der Bau einer Wippenkonstruktion. Auf diese Weise sollte eine sehr stabile Verbindung von Deichsel und Anhänger bei gleichzeitiger Wartungsfreiheit möglich sein. Da ausschließlich eine Bewegung in den Gelenken stattfindet lassen sich vergleichsweise einfach abdichten. Ein Nachteil ist sicherlich, dass keine rein lineare Bewegung in Fahrtrichtung stattfindet, sondern einhergehend immer auch ein leichtes Heben/Senken. Dieses fällt mit wenigen Millimetern jedoch so gering aus, dass sich der Anhänger beim Auflaufen nur unwesentlich neigt.

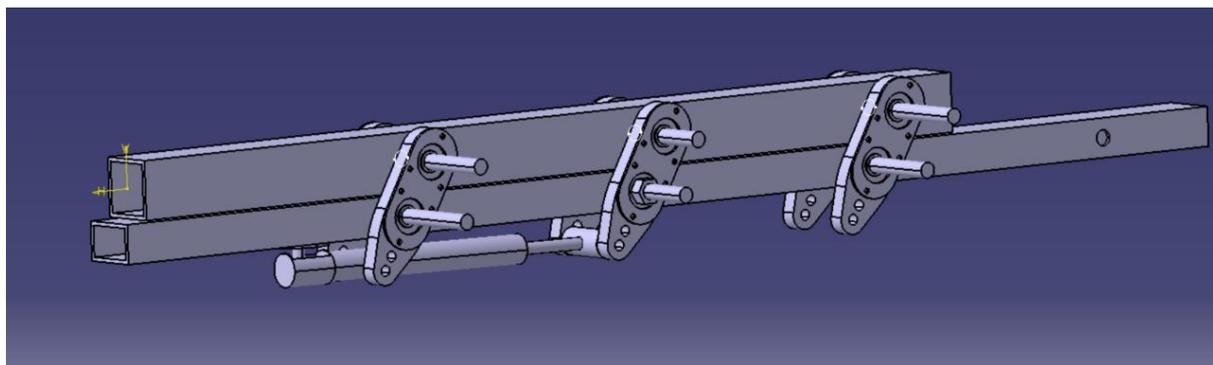


Abb. 6: CAD-Modell meines Auflaufmechanismus

Die von mir anschließend zunächst am Computer entwickelte Konstruktion ist in Abb. 6 schon einmal zu sehen. Das obere Vierkantprofil stellt die Deichselaufnahme dar, das untere den Anhänger dar.

3.2 Auflaufmechanismus

Zur Ausgestaltung des Auflaufmechanismus habe ich zunächst verschiedene Handskizzen angefertigt und schließlich ein CAD-Modell am Computer erstellt. Dieses erlaubt flexibel die Dimensionierung der einzelnen Komponenten zu ändern somit verschiedene Geometrien auszuprobieren. Außerdem wird die Konstruktion später CNC-gefräste Teile benötigen, deren Maße direkt anhand der CAD-Daten exportiert werden können. Dies mag im ersten Moment etwas kompliziert oder nach "zu viel des Guten" klingen, möchte man doch am liebsten alles selbst und per Hand auf einfachem Wege fertigen können. Für mich, der aktuell ohne Werkstatt im heimischen Wohnzimmer werkeln muss, stellt dies aber die einfachste und praktikabelste Möglichkeit dar. Große gewerbliche Anbieter für CNC-Bearbeitung finden sich zuhauf, sind meist aber auch recht teuer. Ein Spartipp ist es allerdings, in entsprechenden Foren nach privaten Fräsenbesitzern zu suchen, welche ihre Dienste im Rahmen von Kleingewerblichen Tätigkeiten häufig sehr günstig anbieten. Hierbei reichen meist sogar eine bemaßte Handzeichnung und ein kurzes Gespräch, wenn man selbst kein CAD-Programm zur Hand hat.

Die fertige Konstruktion ist in Abb. 7 zu sehen.

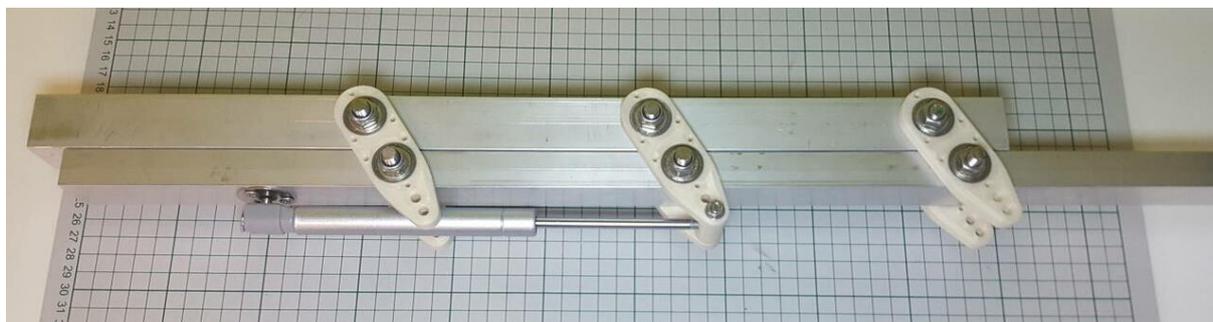


Abb. 7: Gefertigter Prototyp meines Auflaufmechanismus

Das obere Vierkantrrohr ist ein 30 x 30 x 2 mm starkes Aluminiumrohr, in welches die Deichsel eingesetzt werden kann. Das untere Rohr misst 30 x 20 x 2 mm und wird innerhalb meines Fahrgestells verbaut. Auf diese Weise wird eine relative Längsbewegung von ca. 3 cm zwischen Deichsel und Anhänger ermöglicht. Zusätzlich ist auf der Unterseite ein 30 N starker Gasdruckdämpfer angebracht, welcher die Mechanik in den ungebremsten Zustand drückt. Für einen ersten Aufbau habe ich die meisten Komponenten zunächst 3D-gedruckt. Auf diese Weise habe ich die Möglichkeit, die Dimensionierung der Hebelarme zu testen, bevor ich diese für die finale Version aus Aluminium fräsen lasse. Bereits die Stabilität der gedruckten Komponenten erscheint mir aber ausreichend für erste Testfahrten zu sein. Alle Bestandteile sind in Abb. 8 dargestellt.



Abb. 8: Bestandteile des Auflaufmechanismus

Für den Zusammenbau habe ich zunächst jeweils 3 Löcher mit einem Durchmesser von 8 mm in das Deichsel- sowie Anhängerrohr (Nr. 1 und 2) gebohrt, durch welche anschließend zurechtgesägte M8 Gewindestangen (Nr. 3) als Achsen geführt werden können. Der Abstand zwischen den Löchern beträgt jeweils ca. 150 mm. Da die Deichsel in das Deichselrohr eingeschoben werden können soll, muss hier zusätzlich ein Abstand von 170 mm zur Vorderkante des Deichselrohrs berücksichtigt werden - dies entspricht etwas mehr als der Einschublänge meiner Weberdeichsel. Um eine möglichst leichtgängige Bewegung zu erlauben, habe ich alle Gelenke kugelgelagert. Hierfür kommen 608ZZ Kugellager (Nr. 4) zum Einsatz, welche in die Hebelarme (Nr. 5) eingesetzt werden können. Damit diese nicht aus den Hebelarmen herausfallen können, werden sie durch das Anschrauben von Deckelplatten (Nr. 8) fixiert. Vor der Montage der Hebelarme auf die Gewindestangen werden vorher noch 2 mm starke Unterlegscheiben (Nr. 7) aufgeschoben, damit die Hebelarme nicht am Aluminiumrohr schleifen können. Zuletzt wird alles durch Muttern fest angezogen. Da die Muttern ausschließlich auf den Inneren Kugellagerring drücken, besteht keine Gefahr des Verklem-

mens, auch nicht bei festem Anzug. So wird eine stabile und recht spielfreie Verbindung erreicht. Um ein Verformen der Aluminiumrohre durch das Anziehen der Schrauben zu verhindern, habe ich zuvor noch kleine Stützblöcke in die Rohre eingesetzt (Nr. 6 und 10). Der Montageprozess der Hebelarme ist in Abb. 9 dargestellt. Es bleibt ggf. noch zu erwähnen, dass die Muttern gesichert oder aber selbstsichernde Muttern verwendet werden sollten.



Abb. 9: Einbaureihenfolge zur Montage der Hebelarme

Zuletzt kann der Dämpfer (Nr. 11) auf der Unterseite montiert werden. Hierzu habe ich den original beiliegenden Kugelkopf des Dämpfers auf das Rohr geschraubt und für die andere Seite ein kleines Gelenk gedruckt (Nr. 9). Dieses kann mit einer 5 mm Gewindestange an den entsprechenden Löchern der Hebelarme befestigt werden, wie in Abb. 10 zu sehen.



Abb. 10: Dämpfer auf der Unterseite des Auflaufmechanismus

Für eine stabile Befestigung der Mechanik mit dem Anhänger habe ich das anhängerseitige Rohr zunächst mit 4 Winkeln an den Rahmen genietet und anschließend noch an beiden Enden mit 3 mm starken Aluminiumdreiecken verstärkt - diese sind sowohl mit Epoxidharz als auch 5 mm Nieten befestigt. Zur besseren Montage habe ich zuvor Abstandshalter gedruckt, sodass ich das Rohr mit genau 65 mm Versatz zur äußeren Rahmenstrebe parallel anbringen konnte. Diese sind in Abb. 11 links zu sehen. Eine möglichst genaue Ausrichtung ist wichtig, damit der Anhänger später auch mittig und spurtreu hinter dem Fahrrad läuft.



Abb. 11: Einbau der anhängerseitigen Deichselhalterung mit Hilfe von 3D-Druck Ausrichtungshilfen (links) und Verstärkungsblechen (rechts)

Auch habe ich vorne in das Deichselrohr noch passende Aussparungen gebohrt und gefeilt, um die Deichsel einstecken und verriegeln zu können. Auf diese Weise lässt sie sich, wie in Abb. 12 zu sehen, relativ einfach abbauen, um die Länge des Anhängers z.B. zur Lagerung oder den Transport in einem Fahrzeug etwas zu reduzieren.



Abb. 12: Einschub der Deichsel in das Deichselrohr

Auffällig ist, dass die Deichsel aktuell oberhalb des Fahrgestells montiert ist. Wie bereits erwähnt sollte der Anhänger auf diese Weise genau waagrecht hinter dem Fahrrad stehen und dabei trotzdem möglichst tief gelegt sein, um ein Umkippen durch einen möglichst tiefen Schwerpunkt zu erschweren. Da im Innenraum auf der Seite der Deichsel ohnehin eine Bank als Schlaf- und Sitzfläche integriert wird sollte es kein großes Problem sein, dass der Boden dort einfach etwas höher gelegt wird.

Abzuwarten bleibt, ob der Federdämpfer und Hebelarme richtig dimensioniert sind. Über den Lochabstand der Hebelarme kann ich das Hebelverhältnis hier noch ein wenig nachstellen, auch könnte ich die Vorspannung des Dämpfers noch erhöhen, indem ich den Dämpfer näher am Hebelarm befestige. Wie gut die Konstruktion funktioniert, wird sich dann bei ersten Testfahrten mit Beladung zeigen. Das fertig montierte Ergebnis ist in Abb. 13 dargestellt.



Abb. 13: Montierter Auflaufmechanismus mit eingeschobener Deichsel

3.3 Bremssattelbefestigung

Ein schwieriges Thema bei der Realisierung einer Auflaufbremse, scheint allgemein die Montage und Ausrichtung der Bremssättel zu sein. So hat beispielsweise Rene Kreher in seinem Video [6] gezeigt, wie er zur Befestigung 2 Bolzen an seinen Rahmen geschweißt hat. Hierbei war die Ausrichtung der Bremssättel wohl schwierig und zeitaufwändig. "Enduro Rene - Traumtouren" stellt in seinem Video [7] ab Minute 29:40 eine ähnliche Lösung vor, in welcher er Bolzen an ein Stahlblech geschweißt und dieses dann auf den Rahmen genietet hat. Viele andere Lösungen setzen auf Trommelbremsen oder legen einen geschweißten Rahmen direkt so aus, dass eine einfache Bremssattelmontage möglich ist. Eine praktikable Lösung für ein Fahrgestell aus Aluminium-Vierkanthrohr konnte ich leider nicht finden.

Nachdem ich mir zur Ideenfindung zunächst die Bremssättel bestellt habe, kam mir nach deren Begutachtung eine für mich einfache und ohne Schweißgerät umsetzbare Lösung in den Sinn.

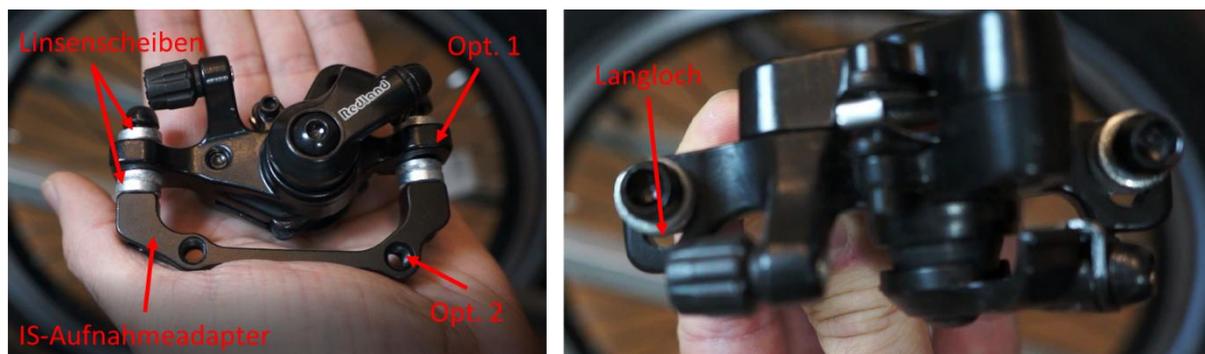


Abb. 14: Mechanische Bremssättel

Die Bremssättel wurden glücklicherweise mit einem IS-Aufnahmeadapter geliefert. Dieser wird zudem über 2 Linsenscheiben am Bremssattel angebracht. Über diese Scheiben kann ein winkliger Versatz zwischen Bremsscheibe und Sattel ausgeglichen werden (Abb. 14, links). Weiterhin verfügt der Bremssattel über 2 Langlöcher, welche es erlauben den Abstand zwischen Bremsscheibe und Bremssattel etwas zu variieren (Abb. 14, rechts). Zur Befestigung am Anhängerrahmen erschließt sich zusätzlich zur direkten Befestigung der Bremssättel über die Langlöcher (Opt. 1) nun auch eine seitliche Anbringung mit Hilfe des IS-Aufnahmeadapters (Opt. 2).

Zur Befestigung habe ich also eine eigene Bremssattelaufnahme zur Anbringung des IS-Aufnahmeadapters (Opt. 2) gefertigt, welcher auf den Aluminiumrahmen genietet werden kann. Hierzu habe ich ein Stück 20 x 20 mm Aluminiumvierkant auf ca. 160 mm abgesägt und dann mit Bohrer und Metallfeile bearbeitet, wie in Abb. 15 dargestellt.



Abb. 15: Fertigungsprozess der Bremssattelaufnahme

Den Adapter konnte ich anschließend mit 5 mm Blindnieten und Epoxidharzkleber am Rahmen befestigen. Hierbei muss auf Position in Fahrtrichtung gesehen geachtet werden, so dass der Bremssattel auch richtig zur Bremsscheibe ausgerichtet ist. Ich verwende Brems-scheiben mit einem Durchmesser von 160 mm. Die Höhe der Scheiben passt gerade so, damit der komplette Bremsbelag auf der Scheibe greift. Größere Scheiben könnten entweder durch einen höheren Aluminiumadapter oder aber mit einem größeren IS-Aufnahmeadapter montiert werden können. Den fertig montierten Bremssattel zeigt Abb. 16.



Abb. 16: Montage des Bremssattels

3.4 Bremszugverlegung

Für die Bremszugbefestigung genügen 2 Löcher in einer 5 mm Gewindestange, welche in einen der Hebelarme meiner Deichselbefestigung eingesetzt werden kann. Durch die Löcher können anschließend die Bremszüge geführt werden (Abb. 17, links). Zum Positionieren der Zughüllen musste wieder mein 3D-Drucker herhalten, um ein entsprechendes Bauteil fertigen zu können (Abb. 17, mittig). Zur Verlegung der Zughüllen unter dem Rahmen habe ich Kabelbinder mit selbstklebenden Kabelbinderhaltern verwendet. Das Gesamtergebnis ist in Abb. 17 rechts zu sehen.

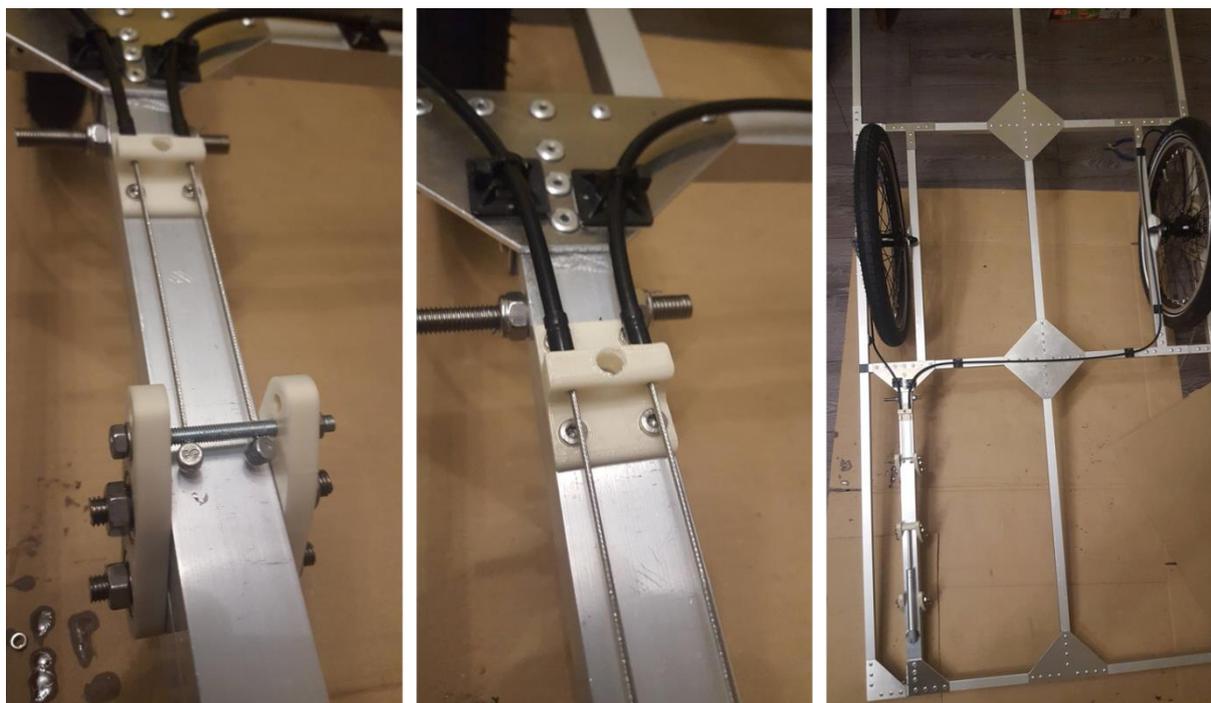


Abb. 17: Bremszugverlegung auf der Anhängerunterseite

Auffällig ist hierbei, dass die im Bild rechte Zughülle deutlich länger als die linke ist und zudem auch noch hinter das Rad geführt werden musste. Dies liegt daran, dass ich leider zwei identische Bremssättel und keine gespiegelten Ausführungen gekauft bzw. gefunden habe. Da ich dennoch beide Bremsscheiben nach außen gelegt habe, um die Sättel zur Wartung

und Einstellung später besser erreichen zu können, führt einer der Bremszüge leider entgegen der Fahrtrichtung. Die Reibung zwischen Hülle und Bremszug ist im Neuzustand noch sehr gering, könnte aber später einmal Probleme auf dieser Seite machen. Hierzu könnte ich später noch Teile der Zughülle kürzen und den Zug auf den gerade verlaufenden Abschnitten ohne Hülle verlegen. Vorerst werde ich die Zughüllen jedoch im aktuellen Zustand belassen.

4 Akkubau und Pedelecumrüstung

Bei einem angepeilten Gewicht von über 40 kg möchte ich den Anhänger nicht ausschließlich mit Muskelkraft die Berge hinaufziehen müssen. Auch auf längeren Touren macht dies meiner Erwartung nach nur wenig Freude. Nun besitze ich aktuell noch kein Pedelec, weshalb sich natürlich die Frage nach dem passenden Modell stellt. Nach einiger Recherche habe ich mich dazu entschlossen, mein Fahrrad selbst zum Pedelec umzubauen.

4.1 Ein paar grundlegende Gedanken

Ein eigens umgerüstetes Pedelec bietet in Kombination mit dem Wohnanhänger aus meiner Sicht diverse Vorteile gegenüber einem Pedelec von der Stange. So kann beispielsweise der Akku beliebig dimensioniert und auch im Anhänger selbst untergebracht werden. So lässt sich dieser für die Stromversorgung des Anhängers mitnutzen und optional auch während der Fahrt über Solarzellen geladen werden. Dies ist mit den Systemakkus fertiger Pedelecs meist nicht möglich, welche ausschließlich für die Verwendung direkt am Pedelec konzipiert sind. Weiterhin könnte ich mir auch vorstellen den Akku und die später für den Anhänger geplanten Solarzellen für eine Balkonanlage zu verwenden, solange ich nicht mit dem Anhänger unterwegs bin. Auf Seiten des Fahrrads finde ich den Gedanken sehr angenehm, den Motor später auch in andere Fahrräder einbauen zu können, sollten sich meine Präferenzen einmal ändern. So wäre der Einbau in ein Lasten- oder Liegerad ebenfalls möglich. Das bestehende Fahrrad kann zu diesem Zweck dann wieder zurückgebaut und normal weitergenutzt oder aber verkauft werden.

Preislich sehe ich den Unterschied zwischen einem fertigen Pedelec sowie einem Fahrrad + Umrüstsatz als nicht ausschlaggebend an, insofern man denn in beiden Fällen auf eine gute Qualität wert legt. Billige Chinaumrüstsätze lasse ich hierbei genauso wie Baumarkt-Pedelecs außen vor. Zwar würde ich behaupten, dass der Umrüstsatz eine etwas günstigere Realisierung bei gleicher Komponentenqualität zulässt, dafür verzichtet man jedoch auch auf Dinge wie beispielsweise eine schöne und saubere Integration aller Komponenten in den Rahmen. Den entsprechenden Aufwand dies zu realisieren, möchte ein Hersteller berechtigterweise bezahlt haben.

Zur Ausstattung meines Pedelecs habe ich mich für einen Umrüstsatz auf Grundlage des verbreiteten Bafang BBSHD entschieden. Für mich waren die wesentlichen Argumente hierfür, dass es bereits viele positive Erfahrungen zu diesem Motor gibt und er auch von europäischen Anbietern mit entsprechend gutem Kundensupport erhältlich ist. Als Mittelmotor und durch sein hohes Drehmoment sollte es auch an steilen Hängen und mit hohem Anhängergewicht keine Probleme geben. Weiterhin ist der Motor komplett frei programmierbar, wodurch er entsprechend der eigenen Bedürfnisse einstellen lässt.

Als Akku habe ich mich für einen Eigenbau entschieden. Hierdurch lassen sich bis zu 50% der Akkukosten einsparen. Hersteller fertiger Pedelecs scheinen durch den Verkauf von Akkus also nochmals richtig gut zu verdienen, aber das ist bekanntlich keine neue oder nur auf Pedelecs beschränkte Methode. Meiner Meinung nach wird dieser Mehrpreis auch durch kein noch so großartiges Adaptersystem der Hersteller gerechtfertigt.

4.2 Aufbau des Akkupacks

Vorab sei darauf hingewiesen, dass der Eigenbau eines Akkupacks mit Lithium-Akkus gewisse Risiken bietet. Bei Fehlbehandlung der Zellen können diese beschädigt werden und in ungünstigen Situationen große Hitze und Rauch entwickeln, Flammen ausstoßen oder explodieren. Ich möchte von einem Nachbau an dieser Stelle also nochmals ausdrücklich abraten. Bitte seid euch der Risiken bewusst und greift lieber zu fertig konfektionierten Akkupacks, solltet ihr mit der Materie nicht gänzlich vertraut sein.

Um Verwirrung vorzubeugen, möchte ich auch kurz darauf hinweisen, dass ich im Folgenden mit dem Begriff „Akkus“ stets Lithium-Ionen-Akkus meine.

Da ich als Motor einen Bafang BBSHD verwende können 13S bis 14S Akkus verwendet werden. Die maximale Stromaufnahme wird vom Motorcontroller zu 30A limitiert, wobei der Motor durch mich natürlich nur gedrosselt betrieben wird. Auf dieser Grundlage habe ich mich dafür entschieden, einen 14S5P Akku aus den in Abb. 18 dargestellten, insgesamt 70 Samsung INR18650 35E Zellen aufzubauen. Die Zellen habe ich dabei anhand Ihrer hohen Energiedichte ausgewählt. So sind sie zwar nicht so hoch belastbar wie manch andere Zellen, bieten jedoch ein ausgezeichnetes Wh/kg-Verhältnis.



Abb. 18: Einzelzellen für den Aufbau des Akkupacks

Das fertige Akkupack besitzt somit eine Kapazität von etwa 900 Wh und eine maximale Dauerbelastbarkeit von 40 A bis 55 A, womit der Motor sogar ungedrosselt betrieben werden könnte, ohne das Akkupack zu beschädigen. Nach den bisherigen Erfahrungen anderer

Fahrradwohnwagenbesitzer sollte die Reichweite mit einem Akku dieser Größe etwa 80 km betragen, wenngleich die tatsächliche Reichweite natürlich sehr stark von Streckenverlauf, Wind und eigener Leistungsfähigkeit abhängig bleibt. Dennoch hätte ein kleinerer Akku für die von mir geplanten Touren voraussichtlich wenig Sinn ergeben.

Für den Aufbau habe ich mich dazu entschieden, den Akku in 2 identische 7S5P Packs aufzuteilen, welche anschließend in Reihe geschaltet werden können. Dies hat den Hintergrund, dass meine bereits vorhandenen Ladegeräte maximal 8S große Akkus unterstützen. Auf diese Weise kann ich bei Bedarf also beide Hälften separat an diesen Geräten aufladen, welche zusätzliche Funktionen bieten. So kann ich die Akkupacks balancieren, auf Lager-spannung auf- bzw. entladen, die Zellspannungen kontrollieren usw. Für Unterwegs kommt zusätzlich noch ein „einfaches“ 14S Akkuladegerät ohne Einstellmöglichkeiten mit, wie es üblicherweise für Pedelecs verwendet wird.

Für die Anordnung der Einzelzellen habe ich Kunststoff-Abstandshalter verwendet. Diese gibt es für verschiedene Zellanordnungen, wobei ich mich hier für eine quadratische Anordnung entschieden habe. Bei dieser berühren sich die Zellen untereinander nicht, was das Kurzschluss- und Beschädigungsrisiko minimiert. Das Akkupack wird in dieser Anordnung zwar auch etwas größer, was mich durch das Platzangebot im Anhänger jedoch nicht weiter stört. Auch habe ich zusätzliche Ringe aus Isolatorpapier auf die Seite des Pluspols geklebt, um die Kurzschlussgefahr weiter zu reduzieren. Das Zwischenergebnis ist in Abb. 19 dargestellt.

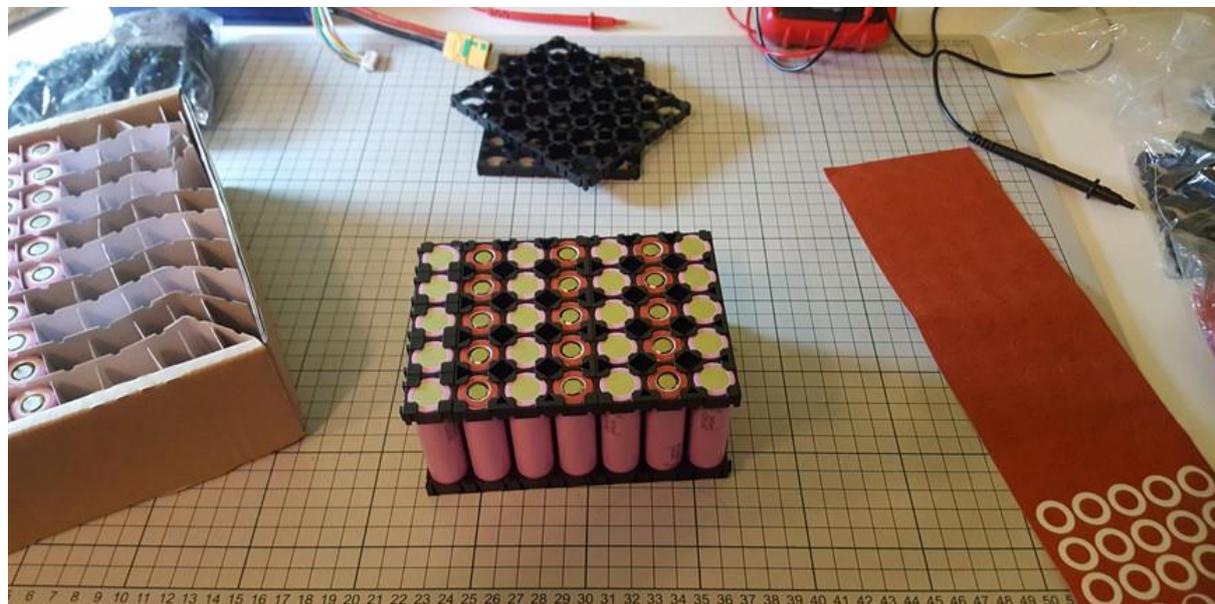


Abb. 19: Erstes Zellenpaket mit Abstandshaltern und mit Pluspolisolatoren

Das Kontaktieren der Zellen erfolgt mit Hilfe eines Punktschweißgerätes, wie in Abb. 20 zu sehen. Vom Verlöten ist allgemein abzuraten, da sich die Zellen hierbei unnötig stark erhitzen und beschädigt werden können.

Leider ist mir erst nach dem ersten der beiden Akkupacks aufgefallen, dass meine „100% pure Nickel“-Verbinder in Wirklichkeit nur nickelbeschichtete Stahlverbinder sind. So viel zu Bestellungen und Qualität aus China... ärgerlich! Aufgrund der geringen Strombelastung des Akkupacks und durch die 5 parallelen Leiterbahnen erwarte ich hier dennoch keine Probleme. Ich werde den Akku nach 1-2 Jahren aber auf Korrosion an den Verbindern hin überprüfen müssen.

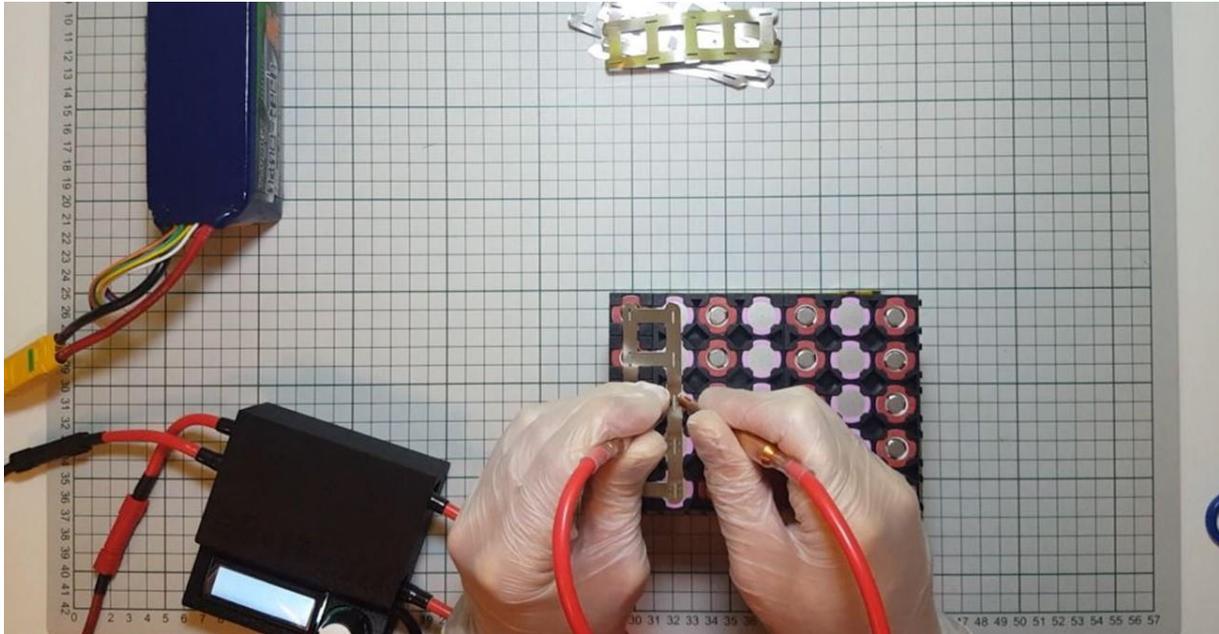


Abb. 20: Punktschweißen der Akkuzellen

Für die Lade- und Entladeanschlüsse habe ich AWG12 Kabel gewählt. Diese wurden zunächst auf der Länge einer Akkupackbreite abisoliert und auf einen einzelnen „Nickel“streifen jeweils so aufgelötet, dass die Lötstellen stets zwischen den Zellen liegen. Anschließend kann der „Nickel“streifen auf dem Akkupack verschweißt werden. Auf diese Weise gibt es keine thermische Belastung der Akkuzellen und eine optimale elektrische Verbindung ohne „Flaschenhals“ (vgl. Abb. 21).

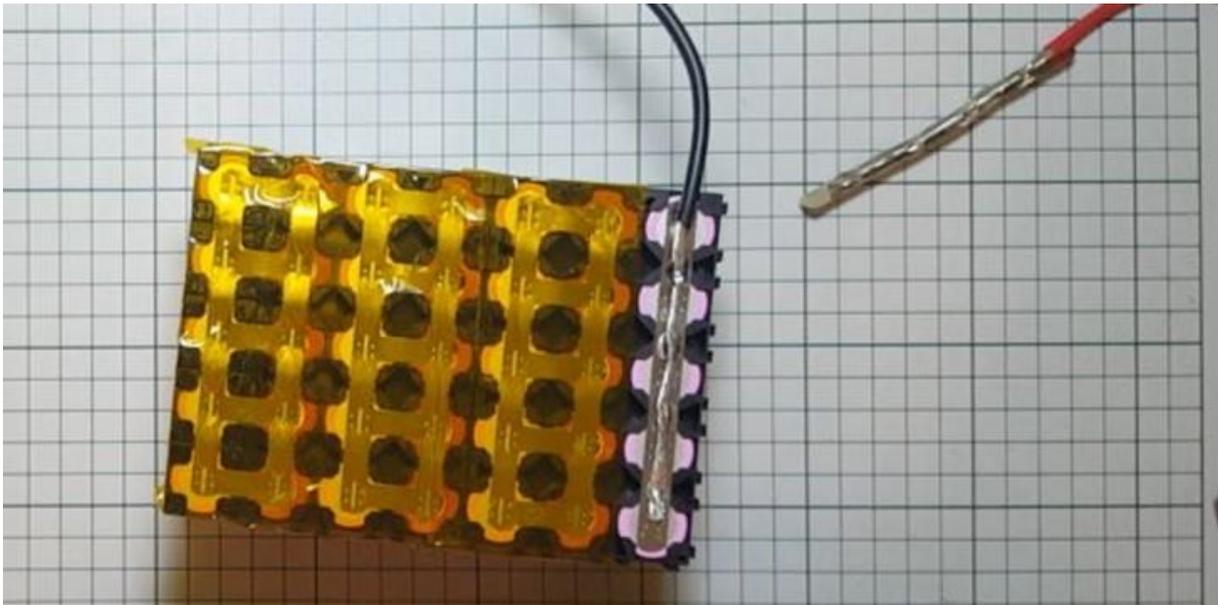


Abb. 21: Anbringung der Lade- Entladekabel.

Die Balanceranschlüsse habe ich dann direkt an die jeweiligen Pole gelötet. Da die Kabel sehr dünn sind und die Lötzeit somit sehr kurz ist, kommt es hierbei zu keiner ernsthaften Erwärmung der Zellen, wenn man jeweils auf einem Bereich zwischen den Zellen gelötet wird. Zur Isolation habe ich anschließend alles mit Kaptontape umwickelt. Die Kabel habe ich dabei so geführt, dass durch das Tape gleichzeitig eine Zugentlastung realisiert wird. Anschließend wurden dann beide Packs mit blauem Schrumpfschlauch eingeschrumpft. Das Ergebnis ist in Abb. 22 zu sehen.

Als Steckkontakte habe ich XT60-Stecker gewählt, von welchen ich noch reichlich hier liegen habe. Diese sind mit etwa 45A Dauerstrom und 60A Spitzenstrom belastbar, was problemlos ausreichend ist. Der Anschluss zum Fahrrad erfolgt später über einen XT90 „Anti-Blitz“, um Funkenbildung während des Ansteckens zu verhindern.

Ich bin mit dem Ergebnis sehr zufrieden. Die Gesamtkosten für beide Packs liegen bei etwa 300€ und sind somit gut 50 % niedriger als die der meisten Systemakkus ähnlicher Größe. Selbst mit Anschaffung des Schweißgerätes (ca. 250€) hat sich der Eigenbau somit bereits ab dem ersten Akku finanziell gelohnt. Der Aufwand rechtfertigt sich aber nur dann, wenn man auch Spaß daran findet.

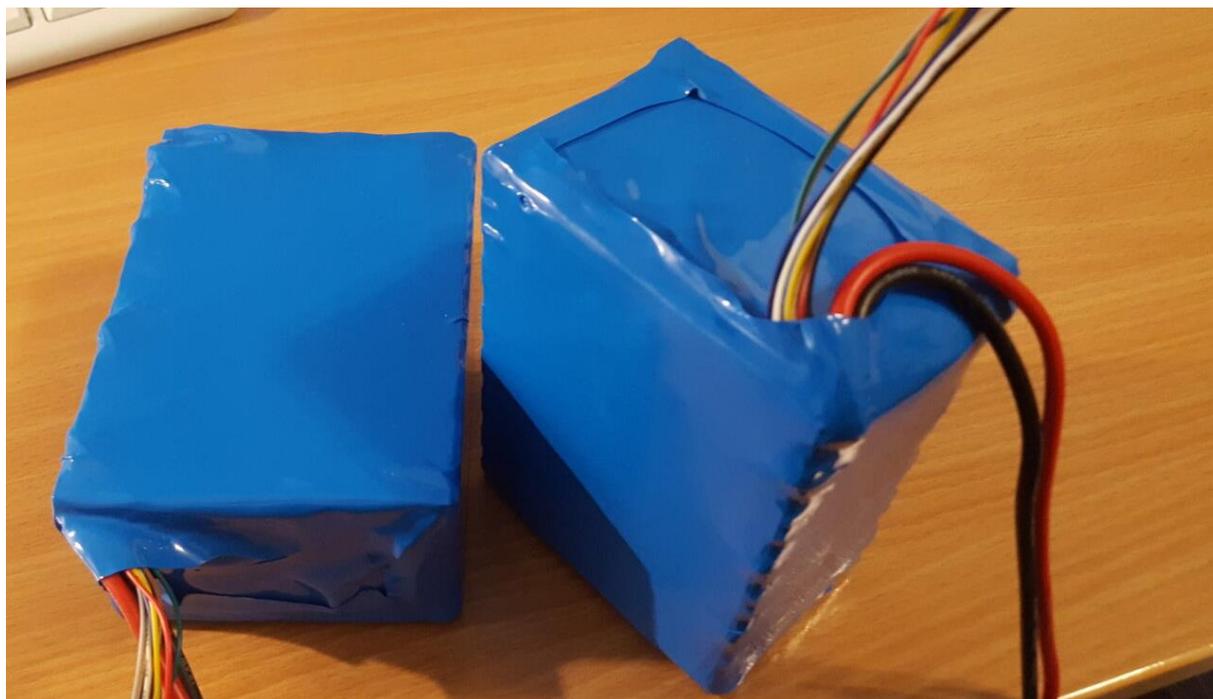


Abb. 22: Fertige Akkupacks

Um die beiden Akkupacks auch vernünftig verwenden zu können, habe ich sie zunächst in einen kleinen Werkzeugkoffer gelegt. Dieser hat ihnen übergangsweise als Gehäuse gedient und konnte in den Anhänger gelegt oder auch auf dem Gepäckträger festgeschnallt werden, wie in Abb. 32 zu sehen.

Da sich der Werkzeugkoffer als nicht unbedingt optimal erwiesen hat bin ich auf der Suche nach passenden Alternativen auf Rahmen- und Gepäckträgertaschen gestoßen. Diese sind in unterschiedlichsten Größen erhältlich und werden meist mit Klettverschluss im Rahmendreieck oder aber oben auf dem Gepäckträger befestigt. Wenngleich diese Taschen meist nicht explizit für Akkus vorgesehen sind, eignen sie sich meiner Meinung nach jedoch sehr gut für diesen Einsatzzweck. Eine Rahmentasche kam aufgrund der Breite und Form meiner Akkupacks leider nicht in Frage, wobei sich viele geeignete Gepäckträgertaschen finden ließen.

Die von mir gewählte Tasche ist in Abb. 23 zu sehen. Die Klettverschlüsse scheinen mit dem Gewicht der Akkus problemlos zurecht zu kommen. In montiertem Zustand wackelt nichts und die Tasche sitzt fest und sicher auf dem Gepäckträger. Für Fahrten mit dem Anhänger lege ich sie einfach in das vorderste Staufach des Anhängers hinein. Ein Nachteil ist jedoch, dass der Reißverschluss zur Kabeldurchführung nicht ganz geschlossen werden kann. Für längere Fahrten im Regen und ohne Anhänger muss die Tasche daher zusätzlich abgedeckt werden, da die Wasserdichtigkeit durch den nicht ganz geschlossenen Reißverschluss nichtmehr vollständig gewährleistet ist.



Abb. 23: Akkupacks in Gepäckträgertasche

4.3 Pedelecumrüstung

Da ich im Alltag mit einem Mountainbike unterwegs bin dessen Umrüstung wenig Sinn ergeben hätte, habe ich mich auf dem Gebrauchtmrkt nach einem geeigneten Trekkingrad umgesehen und bin mit dem in Abb. 24 dargestellten Rad schließlich auch fündig geworden. Hierbei habe ich insbesondere auf einen hochwertigen Rahmen und die Ausstattung mit hydraulischen Scheibenbremsen wertgelegt. Vor dem Umbau bin ich etwa 500 km mit diesem Rad gefahren, um möglichst sicher gehen zu können, dass die Ergonomie auch auf längeren Touren für mich passen wird. Hinzu kamen schließlich noch ein hoffentlich irgendwann bequemerer Ledersattel und ergonomische Lenkergriffe.



Abb. 24: Mein Trekkingrad vor (links) und nach (rechts) der Umrüstung zum Pedelec

Das Umrüstset auf Basis des Bafang BBSHD Motors besteht neben der Antriebseinheit aus einem Kettenblatt, Kurbelarmen, einem Steuercomputer mit Display, einem Schaltsensor, Daumengas, Befestigungsmaterial, Kabelbaum und Spiralschlauch, XT90 Steckern und dem nötigen Spezialwerkzeug. Auf die Verwendung von Bremssensoren habe ich vorerst verzich-

tet, diese lassen sich bei Bedarf aber problemlos nachrüsten. Ein Foto aller Bestandteile findet sich links in Abb. 25.



Abb. 25: Bestandteile des Umrüstsatzes (links) sowie eingesetzter Motor (rechts)

Für den Umbau musste zunächst die bestehende Kurbel ausgebaut werden. Auch fällt die vordere Schaltfunktion weg, da der Motor lediglich über ein einzelnes Kettenblatt verfügt. Der Umwerfer kann somit auch ausgebaut werden. Anschließend wird die Antriebseinheit wie rechts in Abb. 25 zu sehen in das Tretlager eingeschoben, mittels einer zusätzlichen Drehmomentstütze ausgerichtet und festgeklemmt und anschließend noch mit einer Sicherungsmutter gesichert. Nun können Kettenblatt und Kurbeln ganz normal montiert werden. Ich habe mich hierbei für ein Kettenblatt mit 42 Zähnen entschieden welches mir für mein Schaltwerk als guter Kompromiss erschien.

Für die Montage des Schaltsensors muss die Zughülle zugeschnitten und der Schaltzug durch den Sensor hindurchgeführt werden. Daumengas und Steuercomputer mit Display werden einfach am Lenkergriff angebracht und am Kabelbaum eingesteckt. Da der vordere Schalthebel wegfällt war bei mir entsprechend ausreichend Platz vorhanden. Ich habe mich hierbei für das "Eggrider V2 Bluetooth" entschieden, welches das kleinste Display darstellt, das ich finden konnte. Die nötigsten Informationen können angezeigt werden, die Unterstützungsstufe kann über 2 Tasten am Display verstellt werden. Hierzu muss ich allerdings sagen, dass ein Druckpunkt bei diesen Tasten praktisch nicht vorhanden ist und das Umschalten während der Fahrt dadurch nur sehr unzuverlässig funktioniert. Ansonsten bin ich mit der schlanken Bauform sehr zufrieden, weiterhin können alle Motorparameter über eine Handyapp angepasst und auch alle Fahrtinformationen auf dem Handy dargestellt werden.

4.4 Verbesserungen am Pedelec (Erfahrungsbericht)

Mit der Zeit und den ersten Touren stellte sich heraus, dass ich an meinem Pedelec noch einiger Anpassungen vorzunehmen hatte, um auch längere und anspruchsvollere Strecken mit dem Wohnanhänger zurücklegen zu können. Diese Notwendigkeiten zeigten sich insbesondere bei meiner ersten mehrtägigen Tour, welche ich aufgrund technischer Probleme sogar frühzeitig beenden und mich samt Anhänger abholen lassen musste.

4.4.1 Probleme und Umtausch des Displays „Eggrider V2“

Bereits im Neuzustand ist mir der schlechte Druckpunkt der Tasten zur Motorunterstützung aufgefallen, wie ich in Kapitel 4.3 bereits beschrieben habe. Leider sollte es nicht bei einer reinen Unannehmlichkeit bleiben. Nach nicht einmal einem Jahr und noch weit unterhalb von 1000 km zurückgelegter Gesamtstrecke quitierten die Tasten teilweise völlig ihren Dienst. Die Problematik äußerte sich zunächst in der Notwendigkeit mehrmals drücken zu müssen und endete darin, dass die Tasten teilweise in gedrücktem Zustand verklemmten. Da sich hierbei dann je nachdem auch noch die Schiebehilfe einschaltet und nichtmehr deaktivieren lässt, kann es in ungünstigen Situationen auch noch gefährlich werden.

Nach Rücksprache mit dem Händler Fasterbikes, wo ich das Display erworben habe, wurde mir bestätigt, dass die Tasten bei diesem Display bereits bei mehreren Kunden Probleme verursachten. Wenngleich mein konkreter Fall wohl eine eher extreme Form dieser Probleme darstellt. Jedenfalls konnte ich das Display anstandslos umtauschen und habe allem Anschein nach eine überarbeitete / neuere Version zum Austausch zugeschickt bekommen.



Abb. 26: Merkmale des alten / schlechteren "Eggrider V2" Displays

Das neue Display wird ebenfalls unter der Bezeichnung „Eggrider V2“ geführt. Einige Onlineshops weisen auf diese wohl seit 2022 verfügbare, neuere Version hin, während ich auf der Herstellerseite keine Informationen dazu finden konnte. Das neuere Display unterscheidet sich optisch insbesondere dadurch, dass der Powerknopf schwarz und nichtmehr orange

ist. Weiterhin ist die Klemme auf der Gehäuserückseite nun mittig und nichtmehr seitlich angebracht (siehe Abb. 26 der alten Version). Die verbesserten Tasten zur Motorunterstützung sind technisch die wohl relevanteste Änderung. In Summe lassen sich diese (zumindest bei meinem Fabrikat) nun auch deutlich angenehmer betätigen. Optisch unterscheiden sich die Tasten nicht. Der Druckpunkt ist nun in Ordnung, wenngleich er z.B. mit Handschuhen immer noch kaum zu erfüllen ist. Aufgrund meiner bisherigen Erfahrungen würde ich daher raten, beim Kauf eines entsprechenden Displays auf die neue Version zu achten!

4.4.2 Neues Kettenblatt, neue Kettenlinie

Eine der wohl wichtigsten Anpassungen, die ich nach einiger Zeit durchgeführt habe, war der Einbau eines neuen Kettenblatts. Grund hierfür waren weder die Übersetzung, Optik noch das Gewicht, sondern das Erreichen einer stimmigen Kettenlinie.



Abb. 27: Altes + neues Kettenblatt (links + mitte) und Kettenlinie mit neuem Kettenblatt (rechts)

Das alte Kettenblatt lag zu weit außen, sodass die Kette in den hohen Gängen gerade lief, während sie zu den niedrigen Gängen hin immer mehr seitlichen Versatz zu überbrücken hatte (siehe Abb. 27 links + mitte). Ein sauberes Schalten in die zwei niedrigsten Gänge war kaum möglich, zugleich wurde die Kette durch den Schräglauf und das hohe Drehmoment bei Bergauffahrten hoch belastet. Dies führte dazu, dass sie bei einer steigungsreichen Ausfahrt gerissen ist, obwohl die Kette in Summe noch keine 1000 km zurückgelegt hatte. Bei der Suche nach alternativen Kettenblättern konnte ich leider nur zwei Kandidaten ausmachen, welche einen größeren Versatz nach Innen bieten: Das originale Bafang Stahlblatt mit 46 Zähnen sowie die Kettenblätter der „Lekkie BlingRing“ Serie, wobei diese mindestens 42 Zähne benötigen, um über das Getriebegehäuse des Bafang ragen zu können. Trotz des hohen Preises habe ich mich aufgrund der geringeren Zähnezahl für ein 42 Zähne großes Lekkie-Kettenblatt entschieden.

Mit diesem neuen Kettenblatt läuft die Kette nun zwischen dem 4 und 5 meiner insgesamt 9 Gänge (1 = niedriger Gang / großes Ritzel, 9 = hoher Gang / kleines Ritzel) gerade, wie in Abb. 27 rechts zu erahnen ist. Alle 9 Gänge lassen sich problemlos schalten, wobei es insbesondere in den niedrigen Gängen zu keinem unzulässig großen Schräglauf der Kette mehr kommt. Schmerzlich muss ich jedoch nochmals betonen, dass mir der Preis für das genannte Kettenblatt durchaus sauer aufstößt. Das geringere Gewicht durch die Aluminiumbauweise steht hier einem höheren Verschleiß im Vergleich zu Stahlblättern gegenüber, sodass ich ein günstigeres Stahlblatt bevorzugt hätte, wäre es verfügbar gewesen.

Achtung: Neben der Kettenlinie muss vorher geprüft werden, ob das jeweilige Kettenblatt überhaupt verbaut werden kann. Große und weit innen liegende Kettenblätter können, je nach Rahmengeometrie, an die Hinterradstrebe stoßen. In diesem Fall wären Unterlegscheiben notwendig, um das Kettenblatt wieder weiter nach außen zu versetzen.

4.4.3 Einstellung der gewünschten Übersetzung

Die dritte Änderung betrifft die Übersetzung meines Pedelecs. Im Originalzustand war das Fahrrad mit einer 11-32 Kassette ausgestattet. Dies bedeutet, dass das kleinste Ritzel (höchster Gang) über 11 Zähne und das größte Ritzel (kleinster Gang) über 32 Zähne verfügt. Da ich mit meinem Anhänger im Schnitt jedoch langsamer unterwegs bin als nur mit meinem Fahrrad habe ich die Kassette durch eine 11-36 Variante ersetzt. Dies bedeutet, dass ich im gleichen Gang bei gleicher Trittfrequenz etwas langsamer fahre. Die Gänge sind also niedriger, wobei der höchste Gang mit 11 Zähnen gleich übersetzt ist und sich somit die gleichen Höchstgeschwindigkeiten erreichen ließen.

Liegen noch keine Erfahrungswerte zur Fahrt mit Anhänger vor, kann sich das optimale Übersetzungsverhältnis auch im Voraus grob abschätzen lassen. Hierzu wird zunächst die Übersetzung berechnet:

$$\text{Übersetzung} = \text{Zähne Kettenblatt} / \text{Zähne Ritzel}$$

Die Übersetzung gibt an, wie viele Umdrehungen das Hinterrad pro Umdrehung der Pedalkurbeln durchführt. Zusammen mit dem Umfang des Hinterrads lässt sich somit die zurückgelegte Strecke pro Kurbelumdrehung berechnen:

$$\text{Umfang} = 3,14 * \text{Durchmesser}$$

$$\text{Strecke pro Kurbelumdrehung} = \text{Übersetzung} * \text{Umfang}$$

Für mich persönlich hat sich mit Anhänger eine Reisegeschwindigkeit von 15 – 20 km/h als angenehm erwiesen. Ein guter Ansatzpunkt kann es daher sein, den mittleren Gang so auszulegen, dass in diesem Bereich mit der gewünschten Reisegeschwindigkeit gefahren werden kann. Um dies zu berechnen ist die eigene Trittfrequenz notwendig, bei welcher man sich selbst am wohlsten fühlt. Am besten misst man hierfür seine eigene Trittfrequenz bei einer normalen Fahrradfahrt. Als Anhaltspunkt für eine erste Abschätzung ist die Annahme von 60 - 70 Umdrehungen pro Minute für entspanntes Fahren nicht verkehrt. Wer sportlich in die Pedale tritt wird eher in einem Bereich von 80 – 90 Umdrehungen pro Minute landen. Für

mich persönlich hat sich jedoch gezeigt, dass ich auf einem eBike intuitiv langsamer trete als auf meinem normalen Fahrrad und eine eher entspannte als sportliche Fahrweise einnehme. Die restliche Kraft steuert dann der Motor bei, wodurch „entspannt“ hier nicht mit „langsam“ zu verwechseln ist.

Die Geschwindigkeit je nach gewählter Übersetzung ergibt sich letztlich zu:

$$\text{Geschwindigkeit} = \text{Übersetzung} * \text{Trittfrequenz} * \text{Umfang}$$

In meinem Beispiel hat die neue Kassette im mittleren Gang 20 Zähne, während mein Kettenblatt 42 Zähne besitzt. Die Übersetzung liegt also bei $42 / 20 = 2,1$. Mein Fahrrad hat 28“ große Laufräder, welche einen Umfang von ca. 2,2 m besitzen. Bei meiner gewählten Trittfrequenz von 65 Umdrehungen pro Minute fahre ich in diesem Gang also $2,1 * 2,2 \text{ m} * 65 \text{ U/min} = 300,3 \text{ Meter pro Minute}$. Umgerechnet also 18 km/h, was etwa meiner mittleren Reisegeschwindigkeit entspricht. Zum Vergleich: mit meiner alten Kassette waren es im selben Gang nur 18 Zähne, wodurch sich eine Geschwindigkeit von 20 km/h ergeben hat. Diese lag an der oberen Grenze meiner Reisegeschwindigkeit und war grundsätzlich auch noch in Ordnung, ich habe es allerdings als etwas zu hoch übersetzt empfunden.

Abschließend sollten noch der niedrigste und höchste Gang betrachtet werden, in welchen meine Geschwindigkeiten mit 65 U/min bei 10 km/h bzw. 33 km/h liegen. Dies bedeutet, dass ich für Fahrten unter 10 km/h langsamer bzw. für Fahrten über 33 km/h schneller als meine entspannte Wohlfühlfrequenz treten müsste. Da ich mit Anhänger fast nie schneller als 30 km/h unterwegs bin, ist der höchste Gang für mich völlig ausreichend. Auf Strecken mit starker Steigung kann die Geschwindigkeit auch unter 10 km/h fallen, weshalb ich an dieser Stelle für Fahrten im Gebirge eine niedrigere Übersetzung empfehlen würde. In Summe ergibt sich für mich und meine Strecken in dieser Kombination allerdings eine stimmige Gesamtauslegung für Fahrten mit Anhänger, welche ich euch daher als Anhaltspunkt für eure eigene Auslegung guten Gewissens mit auf den Weg geben kann.

4.5 Erste Probefahrten des Pedelecs

Die ersten Probefahrten verliefen erfolgreich und ohne Probleme. Den Akku habe ich in einer der Satteltaschen untergebracht - angeschlossen wird er über einen XT90 Stecker. Die Geschwindigkeitsbegrenzung ist auf 25 km/h gesetzt. Hierbei drosselt der Motor seine Leistung ab etwa 20 km/h rampenförmig bis 25 km/h herunter, sodass er nicht plötzlich die volle Leistung abschaltet sobald die Maximalgeschwindigkeit erreicht ist. Natürlich lässt sich dieses Verhalten auch umprogrammieren, mir sagt es jedoch zu. Die Strombegrenzung der höchsten Unterstützungsstufe habe ich zu 7A eingestellt, was einer maximalen Leistung von etwa 400W entspricht. Ansonsten gibt es nicht viel zu sagen, es fährt sich eben wie ein normales Pedelec. Motorgeräusche kann ich während der Fahrt keine hören, durch den Schaltsensor unterbricht der Motor bei Schaltvorgängen kurz die Unterstützung. Einzig über die Nachrüstung der Bremssensoren denke ich aktuell noch nach: während eines normalen Bremsvorgangs höre ich ohnehin auf zu treten, weshalb es hierfür keinen separaten Sensor braucht. Rolle ich allerdings auf eine Ampel oder ein Hindernis zu und möchte herunterschalt-

ten, so muss ich die Kurbel aufgrund der Kettenschaltung etwas weiterdrehen. Dabei springt der Motor an, da dieser drehzahlgesteuert und nicht über das Drehmoment kontrolliert wird. Ein solches Anspringen in dieser Situation könnte durch einen Bremssensor verhindert werden.

5 Finalisierung des Grundaufbaus

5.1 Bodenplatte

Lange Zeit war ich nicht sicher, welche Bodenplatte es für den Anhänger werden soll. Nach einiger Recherche hatte ich mich eigentlich für eine 4 mm starke Multiplex- bzw. Siebdruckplatte entschieden. Diese sind, insb. zu Zeiten des Coronalockdowns, jedoch nur sehr schwer aufzutreiben. Aus diesem Grund habe ich mich schließlich dazu durchgerungen einer 10 mm starken Hohlkammerplatte eine Chance zu geben. Mit einem Flächengewicht von etwa 1,7 kg / m² fällt diese leicht aus und bietet gleichzeitig eine gute thermische Isolierung des Anhängerbodens. Zur Befestigung der Platte am Fahrgestell habe ich 4 mm Bohrschrauben verwendet. Eine zusätzliche Verklebung mit Sikaflex 552 wird zu einem späteren Zeitpunkt zusätzlich vorgenommen. Zunächst möchte ich mir jedoch die Möglichkeit der Demontage offenhalten.

Damit die Platte ausreichend gestützt wird musste das Fahrgestell um weitere Querstreben ergänzt werden. Diese habe ich aus Gewichtsgründen aus nur 13,5 mm anstatt aus 20 mm starken Aluminiumprofilen gefertigt. Der Gewichtsvorteil der leichten Hohlkammerplatte gegenüber einer stärkeren Siebdruckplatte wird durch die nötigen Querstreben nur wenig kompensiert, jedoch wäre eine ähnliche Abstützung wohl auch für eine 4 mm Multiplexplatte nötig gewesen. Die Querstreben werden mit 14 mm Stuhlwinkeln und 4 mm Blindnieten am Grundrahmen befestigt. Die montierte Platte ist in Abb. 28 zu sehen, die Querstreben sind im rechten Bild durch die Platte hindurch zu erahnen.



Abb. 28: Fahrgestell mit verschraubter Bodenplatte, links noch ohne Querstreben

Mit der Stabilität des Fahrgestells bin ich weitestgehend zufrieden. Auch die Platte scheint mein Körpergewicht von etwa 80 kg zu verkraften, wenngleich ich noch etwas skeptisch bzgl. der Langzeitauglichkeit bin. Belastet man die Hohlkammerplatte beispielsweise zu punktuell.

indem man beispielsweise das Gewicht auf einen Vers verlagert, so knicken die Stege innerhalb der Platte zusammen und es entsteht eine Beule in der Oberfläche.

5.2 Stützen

Ein anderes Thema welches schnell Kopfzerbrechen bereiten kann sind die Stützen des Anhängers. Wer hier nicht Schweißen möchte oder kann steht plötzlich vor ungeahnten Problemen für eine im ersten Moment so unbedeutend scheinende Aufgabe.

5.2.1 Erstes Stützendesign

Nach einigem Grübeln habe ich zur Befestigung der Stützen schließlich auf die in Abb. 29 zu sehenden Teilen aus dem 3D-Drucker zurückgegriffen, was die für mich einfachste Lösung darstellte.



Abb. 29: Montierte Stütze aus 13,5 mm Aluminiumrohr und 3D-gedrucktem Halter

Hierbei wird die Stütze durch das gedruckte Teil geführt und mit einer M8-Schraube mit Handrad am Rahmen befestigt. Die Höhe kann durch die Verwendung mehrerer Bohrungen in der Stütze variiert werden. Auf der Rückseite des Rahmenrohrs befindet sich eine gedruckte Konterplatte, in welche die passende M8-Mutter eingebracht ist. Auf diese Weise kann die Schraube fest angezogen werden und leitet die Kräfte direkt in den Rahmen ein, ohne die gedruckte Stützenhalterung zu belasten. Die 3D-Druck-Halterung muss somit nur ein seitliches Verdrehen der Stütze abfangen. Der genaue Aufbau ist in Abb. 30 skizziert.

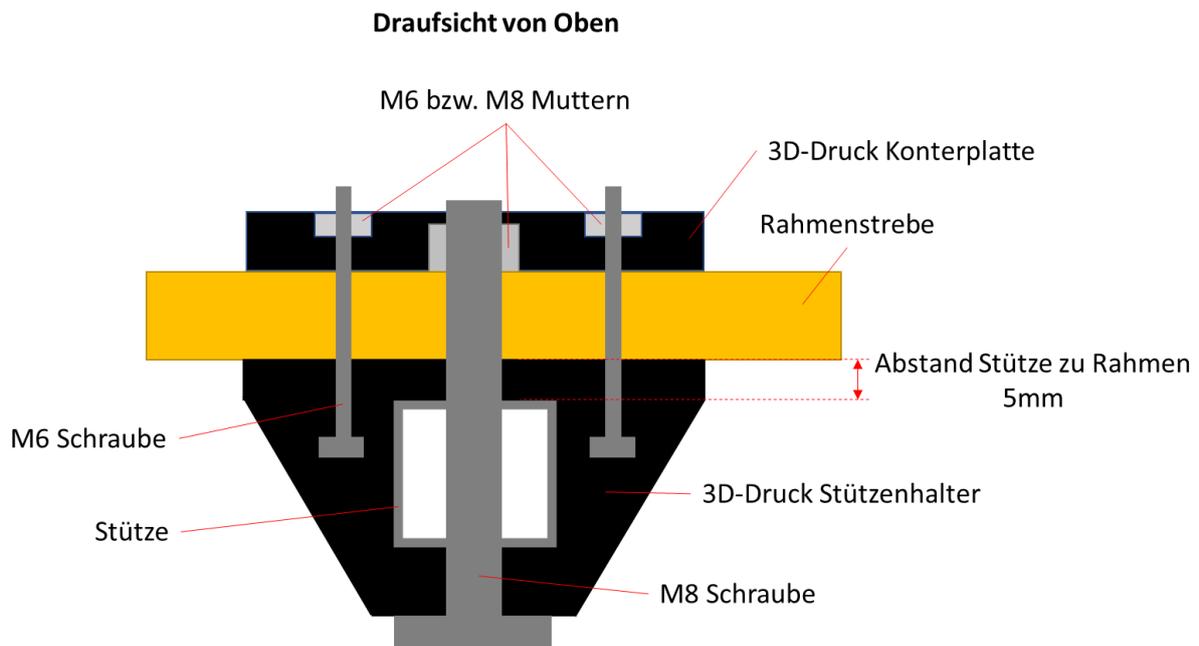


Abb. 30: Prinzipskizze der Stützenhalter, Draufsicht von oben, nicht maßstabsgetreu

Aus Gewichtsgründen habe ich ein nur 13,5 mm großes Aluminium-Vierkantrohr als Stütze verwendet. Dieses scheint nach meinen ersten Tests im Wohnzimmer eine ausreichende Stabilität zu bieten, kann unter Verwendung größerer 3D-Druck-Halterungen perspektivisch jedoch auch noch durch größere Profile ersetzt werden.

Abb. 29 zeigt eine veraltete Version des Halters, welcher keinen Abstand zwischen Stütze und Rahmen bietet. Dies macht später Probleme, wenn der Kabinenaufbau erfolgt und Hohlkammerplatten außen angebracht werden. Abb. 30 zeigt das neuere Design, in welchem ein entsprechender Abstand vorgesehen ist.

5.2.2 Verstärkung der Stützen

Wie in Abb. 31 zu sehen ist, habe ich die Stützen im Vergleich zum bisherigen Design etwas größer ausgeführt und auch eine zweite Abstützung eingebaut. Den Einbau der alten Stützen ist in Kapitel 5.2.1 beschrieben. Die Halter waren 3D-gedruckt und für die Stützen selbst habe ich 13,5er Vierkantprofile aus Aluminium verwendet. Dieses Design hat grundsätzlich auch passabel gehalten, wobei sich mit der Zeit zwei Probleme ergaben.



Abb. 31: Vergleich der alten Stützen (link) mit den neuen Stützen (rechts)

Problem 1: Da die Kraft über die M8-Schraube direkt in den Grundrahmen des Anhängers eingeleitet wird, wurden die 3D-gedruckten Halter nicht wesentlich belastet. Ihre einzige Aufgabe war das Führen der Stützen beim Hoch- und Runterschieben sowie das Abfangen der Momente in seitlicher Richtung - sie mussten also verhindern, dass sich die Stütze seitlich um die Achse der Schraube drehen kann. Aufgrund der geringen Auflagefläche haben sich die Kanten der Halter mit der Zeit etwas abgeplattet und sich dadurch etwas Spiel entwickelt. Die Stützen konnten somit seitlich etwas wackeln. Dies ist für die Stabilität zwar nicht kritisch, vermittelt beim Bewegen im Anhänger jedoch ein unangenehmes Gefühl. Aus diesem Grund habe ich einen zweiten Halter ca. 10 cm weiter oben hinzugefügt, sodass die Momente durch die nun deutlich größere Stützweite besser abgefangen werden können.

Problem 2: Um die Stützen in der Höhe verstellen zu können habe ich mehrere Bohrungen übereinandergesetzt. Auf diese Weise kann ich die Höhe zwar nicht stufenlos, aber auf etwa 1 cm genau einstellen. Durch die 8 mm großen Bohrungen fehlt den 13,5er Vierkantrohren jedoch so viel Material, dass sie sich mit der Zeit seitlich verbogen haben - das Hoch- und Runterschieben wurde hierdurch erschwert und ich vermute, dass sie nach längerer Zeit sogar gebrochen wären. Aus diesem Grund habe ich mich dazu entschieden, für die Stützen nun ca. 20 mm große Vierkantrohre zu verwenden.

In Summe funktionieren die neuen Stützen nun einwandfrei - ich gehe nicht davon aus hier nochmals Änderungen bzgl. der Stabilität vornehmen zu müssen. Der größte Nachteil ist meiner Meinung nach die konzeptbedingt nur in Stufen verstellbare Höhe, wobei hier mit ca. 5 mm hohen Unterlegscheiben (Holzplättchen o.ä.) Abhilfe geschaffen werden kann. Alternativ überlege ich, ähnlich wie bei Möbelstücken, kleine Schraubfüße in die Rohre einzulassen, mit welchen sich die Höhe anschließend feineinstellen lässt.

5.3 Gewicht des Fahrgestells

In dieser Konstellation kommt das Fahrgestell auf ein gewogenes Gewicht von insgesamt 14,5 kg. Dieses teilt sich wie folgt auf, wobei die Gewichte der Aluminiumprofile und Bodenplatte berechnet und die restlichen Komponenten gewogen sind:

Aluminiumprofile (20 mm, Fahrgestell):	3,18 kg
Bodenplatte:	2,6 kg
Laufräder:	2,05 kg
Schläuche und Reifen:	1,35 kg
Winkelverbinder mit Stahlkern:	1,02 kg
Aluminiumprofile (13,5 mm, Querstreben):	0,98 kg
Aluminiumprofile (30 mm, Auflaufbremse):	0,63 kg
Bremssättel:	0,37 kg
Bremsscheiben:	0,31 kg
Aluminiumprofile (13,5 mm, Stützen):	0,24 kg
Rest	1,77 kg
Gesamt	14,5 kg

5.4 Erste Probefahrt mit Fahrgestell

Zum Abschluss der ersten Bauphase gab es dann auch die ersten Probefahrten mit angekoppeltem Anhänger, wie in Abb. 32 zu sehen ist. Das Fahrverhalten ist dabei absolut unproblematisch, nach den ersten 1 - 2 km habe ich ihn kaum noch wahrgenommen. Durch seine Breite von nur 85 cm passt er auch recht problemlos auf die Fahrradspuren. Die Zuladung während der ersten Testfahrten durch die Aachener Innenstadt betrug nur zwischen 2 - 5 kg, wodurch die Auflaufbremse bei normalen Bremsmanövern noch nicht auslöste. Bei stärkeren Bremsvorgängen schiebt der Anhänger ein wenig, bis die Bremse greift, was bei einem Gesamtanhängergewicht von ca. 20 kg aber noch absolut unkritisch war.



Abb. 32: Erste Ausfahrten mit dem Anhängerfahrgestell zum Transport kleinerer Lasten

Der Akku zwischenzeitlich in einen Alukoffer auf den Gepäckträger umgezogen, was noch nicht die finale Lösung darstellt aber das Fahrverhalten durch den mittigen Schwerpunkt deutlich verbessert.

Um die Bremse etwas realitätsnäher zu testen (der Spaßfaktor ist sicherlich auch nicht zu vernachlässigen) haben wir den Anhänger anschließend mit 50 - 85 kg (vgl. Abb. 33) beladen und auf einer kleinen, kaum befahrenen Sackgasse einige Bremsstests durchgeführt. Bei dieser Zuladung löst die Bremse unmittelbar aus, wodurch selbst bei einer Vollbremsung kein merkliches Schieben mehr aufgetreten ist. Ich bin gespannt, wie es sich auf längeren Strecken mit dem finalen Anhängergewicht verhalten wird, bin mit dem vorläufigen Ergebnis jedoch mehr als zufrieden.



Abb. 33: Erste Tests mit höherer "Zuladung"

6 Kabinenaufbau und Innenraum

Der Aufbau erfolgt beginnend mit einem Grundgerüst aus Aluminiumvierkantprofilen. Diese werden anschließend mit Hohlkammerplatten beplankt, welche für eine schönere Optik von außen foliert werden. Von Innen wird es eine isolierende Schicht aus Styrodur oder einem ähnlichen Dämmstoff geben. Für eine wohnlichere Atmosphäre und zur Reduzierung der Kondenswasserbildung werden die Innenwände dann abschließend noch mit Stoff- oder Filz bedeckt.

6.1 Gerüst und Verkleidung

Bevor es mit dem Aufbau losgehen kann, musste ich zunächst die Maße der Kabine festlegen, welche in Abb. 34 zusammengefasst sind. Die Größe der Grundfläche ist dabei bereits durch mein Fahrgestell auf 200 cm * 85 cm vorgegeben. Der Kabinenaufbau im hinteren Bereich soll 140 cm hoch werden, während die Nase des Anhängers noch 70 cm in der Höhe misst. Diese Maße kamen durch mehrere Sitzproben zustande: Im Inneren soll es eine Bank als Sitz- und Liegefläche geben, sodass ich im Anhänger aufrecht und bequem sitzen kann. Als angenehmste Höhe für diese Bank habe ich für mich ca. 38 – 45 cm ermittelt. Aufrecht sitzend braucht mein Oberkörper zusätzlich ca. 95 cm Höhe, wodurch sich die 140 cm Gesamthöhe ergeben haben. Die Bank selbst wird jedoch nur 35 cm hoch ausgeführt, da durch eine Matratze später noch einige Zentimeter hinzukommen. Durch die geplante Isolierung werden ca. 1-2 cm Kopffreiheit verloren gehen, was ich wegen der etwas niedrigeren Sitzbank jedoch nicht zusätzlich berücksichtigt habe. Die 70 cm im vorderen Teil haben hauptsächlich optische Gründe, wenn man bei diesem Design von „Optik“ reden kann, um die Steigung des Dachs nicht zu steil oder flach werden zu lassen. Gleichzeitig sollte im vorderen Bereich noch genug Luft zum Hantieren bleiben, wenn ich an den Stauraum in diesen Bereich heran möchte.

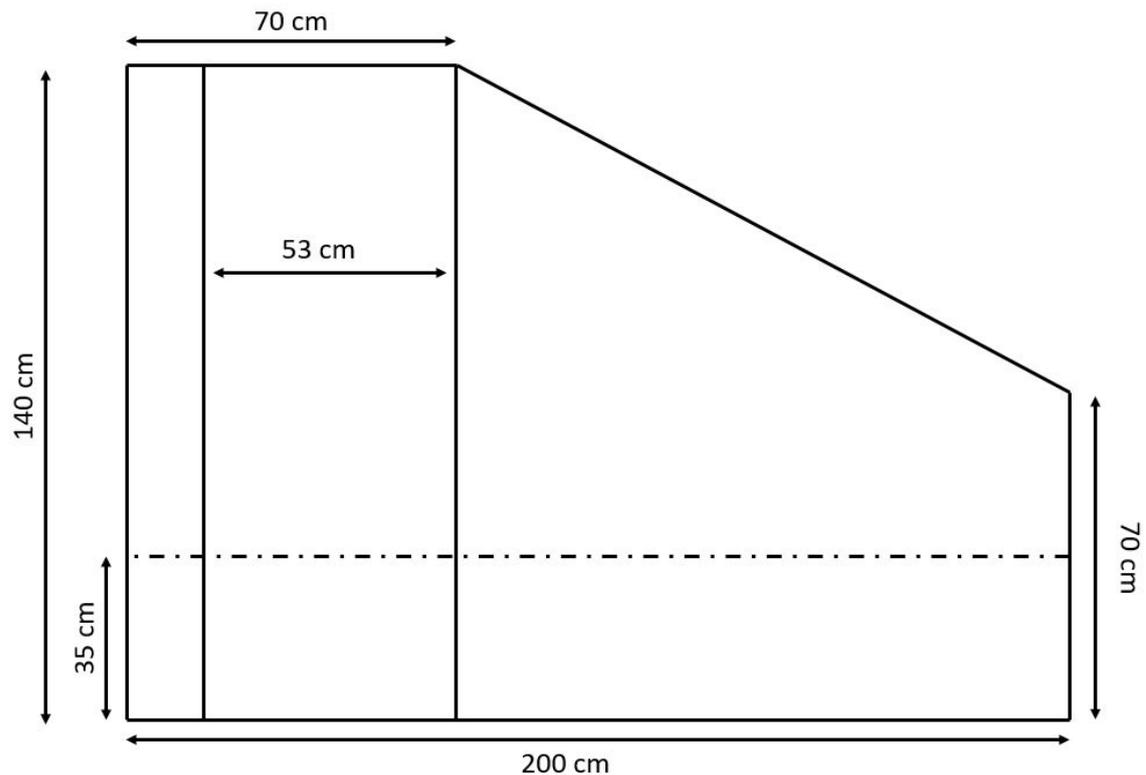


Abb. 34: Maße des Anhängers, Seitenansicht

Die Tür wird mit einer Breite von 53 cm ausgeführt, was mir bei meiner Schulterbreite von 50-51 cm nicht nur genug Luft zum Ein- und Aussteigen, sondern zum Sitzen auf der Türschwelle lassen sollte. Entsprechend meiner Schultern habe ich auch die Liegefläche auf mind. 50 cm Breite bemessen. Da gleichzeitig meine Füße bzw. Schuhe in den Fußraum passen sollen und etwas über 30 cm benötigen, habe ich die Sitzbank auch nicht größer als die mindestens notwendigen 50 cm gefertigt.

Wenngleich der Kabinenaufbau und die folgende Beplankung mit Hohlkammerplatten, den wohl größten optischen Effekt ausmachen, so gibt es doch eher wenig zu diesen Arbeitsschritten zu erzählen. Aus Gewichtsgründen habe ich mich für nur 13,5 x 13,5 mm x 1 mm starke Vierkantrohre für den Kabinenaufbau entschieden. Die Verbindung der einzelnen Rohre erfolgt mit Hilfe von 14 mm großen Stuhlwinkeln und 4 mm Blindnieten bzw. 3,2 mm Bohrschrauben, insofern ich die Bestandteile während des Bauprozesses ggf. nochmals demontieren muss. Bis zur Fertigstellung werden dann alle Schrauben durch Nietverbindungen ersetzt. Abb. 35 zeigt Fotos des Aufbaus.

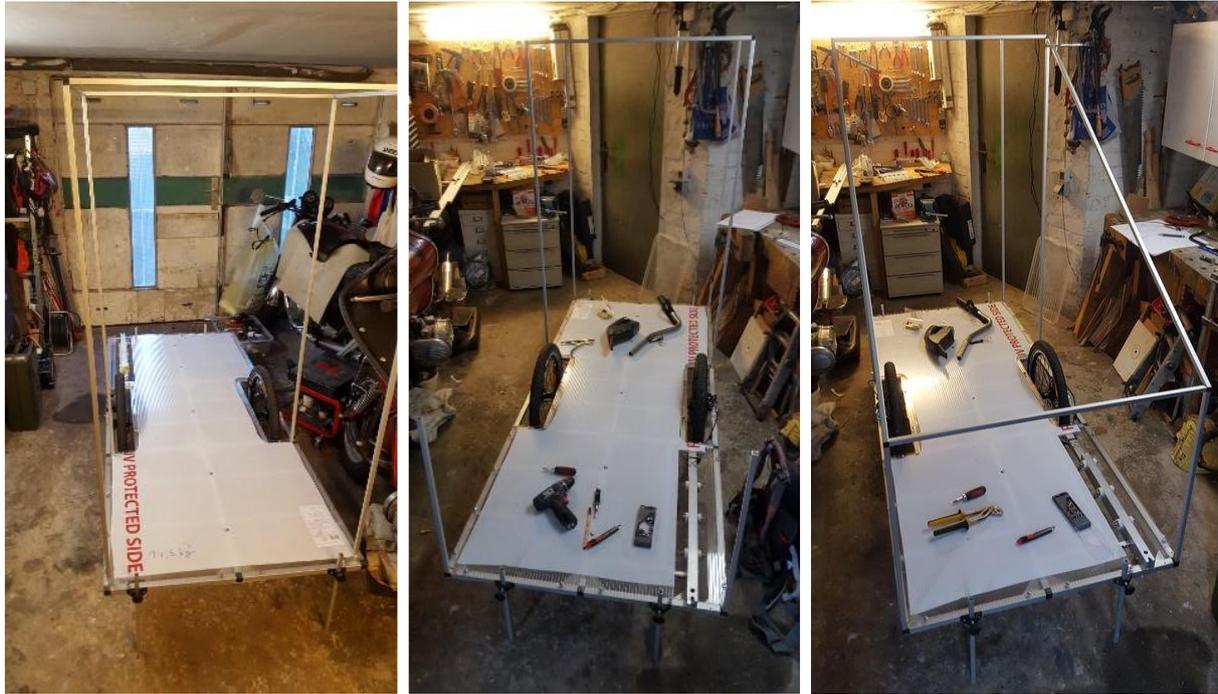


Abb. 35: Aufbau des Kabinengestells

Die Aluminiumprofile habe ich in 1950 mm langen Stücken zuschicken lassen, was die Längenobergrenze für den Standardversand ohne Sperrgutaufschlag dargestellt hat. Mit einer Handsäge habe ich diese dann nach Bedarf zurechtgeschnitten. Vor dem Zurechtsägen kann ich jedoch nur empfehlen, zur Minimierung des Verschnitts im Vorhinein grob die benötigten Längen aufzuschreiben und auf die einzelnen Stangen zu verteilen. Inkl. Sitzbank, deren Aufbau in einem späteren Kapitel beschrieben wird, habe ich knappe 45 m Aluminiumstangen verarbeitet.

Zur Anbringung der Winkel an den Aluminiumprofilen hat es sich bei mir durchgesetzt die Winkel zunächst anzuhalten, um die Löcher anzuzeichnen, anschließend nach Augenmaß möglichst mittig zu körnen und dann die entsprechenden Bohrungen zu setzen. An schwierigen Stellen kamen zusätzlich Gripzangen zum Einsatz, um die Konstruktion zwischenzeitlich zu stützen oder um Winkel beim Fehlen einer dritten Hand in Position zu halten. Für die schrägen Stangen des Grundgerüsts habe ich die Winkel im vorderen Bereich zurechtgebogen, für den hinteren Bereich habe ich Adapterbleche aus Aluminiumresten zurechtgesägt und vernietet, wie in Abb. 36 zu sehen.



Abb. 36: Anbringung der oberen Schrägstangen

Wirkliche Stabilität erhält der Aufbau erst nach Montage der Hohlkammerplatten. Hierbei habe ich 4 mm starke Polycarbonatplatten aus dem Baumarkt verwendet. Zur Anbringung habe ich diese grob vorgeschritten, dann mit Klebeband positioniert und anschließend mit 3,2 mm Bohrschrauben alle 20 – 30 cm verschraubt. Überstand kann anschließend mit einem scharfen Cuttermesser abgeschnitten werden. Hier ist sehr darauf zu achten, dass der Wagen geradesteht und der Aufbau nicht verzogen bzw. windschief ist, da die Platten ihn in seine finale Form zwingen. Auch habe ich zur Sicherheit stets darauf geachtet die UV-geschützte Seite der Platten nach außen anzubringen, wengleich diese später ja noch foliert werden.



Abb. 37: Verkleidung mit Hohlkammerplatten und erste Sitzprobe

Zum Abschluss dieses Bauabschnittes gab es dann auch noch die erste Sitzprobe im neu geschaffenen Innenraum, wenngleich noch ohne Sitzbank. Abb. 37 zeigt den Zwischenstand dieses Bauabschnittes.

6.2 Folie, Schlafbank und Radkästen

Nachdem der formgebende Aufbau abgeschlossen ist folgt die Farbgebung der Außenhülle, da der Anhänger sonst wohl eher einem fahrenden Gewächshaus gleichkäme. Grundsätzlich bietet sich hierfür sowohl eine Lackierung als auch eine Folierung an, wobei ich mich für Letztere entschieden habe. Für die Lackierung der großen Platten fehlt mir leider der Platz und erfahrungsgemäß wird das Ergebnis bei mir wohl auch eher fleckig als gleichmäßig.

Als Folie habe ich mich für „Oracal 631 Exhibition Cal“ Plotterfolie entschieden. Laut Hersteller ist die Folie wasserfest, eignet sich für den Einsatz im Außenbereich und ist nicht allzu schwer. Ihre Haltbarkeit im wird zwar nur mit 3 Jahren angegeben, da der Anhänger aber ausschließlich während des Gebrauchs draußen bewegt wird und ansonsten trocken und UV-geschützt in einer Garage steht sollte die tatsächliche Lebensdauer der Folie weit höher liegen. Bei der Farbwahl habe ich mich sehr zurückhaltend für Hellgrau entschieden, wobei das Äußere auf lange Sicht noch durch weitere Designelemente aufgehübscht werden kann.

Zum Aufbringen der Folie habe ich stets nur einzelne Platten des Anhängers demontiert. Da die Platten maßgeblich zur Stabilität und Rechtwinkligkeit der Kabine beitragen, könnte es Schwierigkeiten bei der erneuten Anbringung geben, wenn alle Platten gemeinsam abgebaut werden. Die Folie habe ich in trockenem Zustand, ohne Wasser, ohne Spüli und auch ohne zusätzliches Streichwerkzeug oder Dergleichen aufgebracht. Mit etwas Geduld hat dies nämlich überraschend problemlos und blasenfrei funktioniert. Die Unterstützung durch eine zweite Person war jedoch zwingend notwendig.



Abb. 38: Aufbringung der Folie

Vor der Verklebung haben wir die Platten dabei zunächst von Staub befreit und mit etwas Isopropanol gereinigt. Anschließend wurde eine Ecke der Folie ausgerichtet und angeklebt. Während des Klebens kann die eine Person langsam die Trägerfolie abziehen, während die andere Person mit viel Druck die Klebefolie feststreicht. Der Fortschritt ist dabei eher langsam und die Folie klebt sofort ziemlich fest, ein Abziehen ist nur schwer und ein Korrigieren eigentlich gar nicht mehr möglich. Wie gesagt war ein Korrigieren jedoch bei keiner der Platten mehr nötig, da sich die Folie so stets blasenfrei auftragen ließ. An den Rändern haben wir zur Sicherheit 1-2 cm überstehen lassen und diesen am Ende mit einem scharfen Cuttermesser entfernt. Abb. 38 zeigt den Vorgang an der Dachplatte des Anhängers.

Beim erneuten Anbringen der Platten am Anhänger habe ich diese, mit Ausnahme der Seitenwände, zusätzlich zur Verschraubung auch mit Sikaflex 552 verklebt. Der Kleber haftet sehr gut auf dem Aluminiumgerüst und den Polycarbonatplatten. Sicherlich gibt es auch günstigere Montatekleber mit ebenso guter Klebewirkung, die Verwendung von Sikaflex wird jedoch in diversen Foren empfohlen. Der aktuelle Zwischenstand ist in Abb. 39 zu sehen und entspricht nun bereits dem späteren Erscheinungsbild des Anhängers.



Abb. 39: Zwischenstand noch Anbringung der folierten Hohlkammerplatten

Um jedoch weiterhin gut im Innenraum hantieren zu können habe ich die Seitenwände wie noch nicht verklebt und für die weiteren Schritte wieder demontiert.

Für das Grundgerüst der Sitzbank habe ich, wie auch für das Gerüst der Kabine, 13,5 mm Vierkantrohre verwendet. Zudem sind, wie in Abb. 40 zu sehen, 4mm Hohlkammerplatten an der Seite sowie im Inneren der Sitzbank zur Abtrennung der einzelnen Staufächer angebracht. Auch hier habe ich die Platten sowohl geschraubt als auch verklebt, da die Platten später maßgeblich zur Stabilität der Sitz- und Liegefläche beitragen werden. Für eine optimale Kraftverteilung sollten die Stege dabei senkrecht unbedingt senkrecht orientiert werden, was ich selbst leider bei einer Platte nicht getan habe. Die Verbindung der Vierkantprofile miteinander erfolgt wieder mit Hilfe von 14 mm Stuhlwinkeln und 4 mm Blindnieten, wobei ich während des Aufbaus zunächst Bohrschrauben verwendet habe um die Konstruktion bei Bedarf oder für Anpassungen wieder demontieren zu können.



Abb. 40: Aufbau der Sitzbank

Auch die Radkästen sind aus 4mm Hohlkammerplatten gebaut. Praktisch: schneidet man eine Platte längs nur zur Hälfte ein, so lässt sich diese wie in Abb. 41 links dargestellt umklappen. Das Verkleben der Seitenplatten und die Befestigung im Anhänger erfolgt mit Sikaflex 552. Die Klebewirkung ist absolut ausreichend und die Nahtstellen sind direkt abgedichtet.

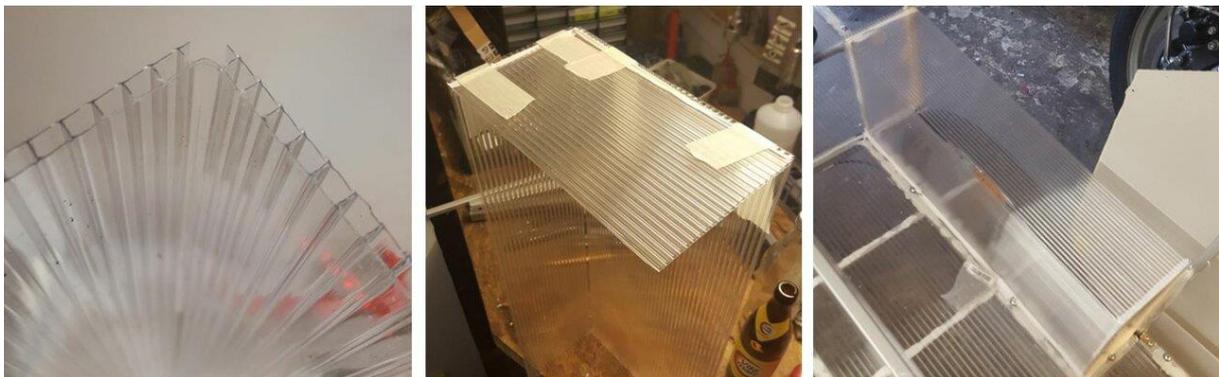


Abb. 41: Bauprozess der Radkästen

Für die Liegefläche selbst habe ich mich aus Stabilitätsgründen jedoch gegen Hohlkammerplatten entschieden. Nach einiger Lieferverzögerung kam meine ursprünglich als Bodenplatte geplante 4mm Multiplexplatte an, welche nun als Liegefläche erhalten darf. Um an den Stauraum unter der Sitzbank zu gelangen, soll diese dreiteilig hochklappbar sein. Die beiden hinteren Fächer klappen dabei zur Seite, das vorderste nach vorne auf. Die Multiplexplatte habe ich entsprechend in drei Teile zugeschnitten und zur Anbringung der Scharniere zusätzlich einen vorderen und einen seitlichen Streifen erstellt. Zur Abstützung der Sitzflächen musste seitlich dann zudem ein weiteres Aluminiumrohr eingezogen werden, sodass die Last

nicht direkt auf die Scharniere wirkt. Zur Befestigung des Multiplexstreifens auf dem Aluminiumgerüst habe ich wieder 4 mm Blindnieten und Sikaflex verwendet. Vor dem Einbau wurden die Platten zusätzlich mit Parkettlack versiegelt. Den Zwischenstand zeigt Abb. 42.



Abb. 42: Anfertigen der Liegefläche aus 4 mm Multiplexplatten

Nach einer ersten Sitzprobe bog sich die Multiplexplatte für meinen Geschmack jedoch noch zu sehr durch. Aus diesem Grund habe ich die beiden hinteren Platten zusätzlich mit einer Längsstrebe aus 13,5mm Aluminiumvierkant verstärkt (vgl. Abb. 43). Da über dem vordersten Fach ohnehin keine Sitzhöhe mehr besteht war hier keine solche Verstärkung nötig. Für das hintere Fach habe ich zudem noch 2 zusätzliche, senkrechte Stützen eingebaut, um die Kraft noch besser in den Anhängerboden einzuleiten und die Durchbiegung weiter zu reduzieren (auf den Bildern leider nicht zu sehen).

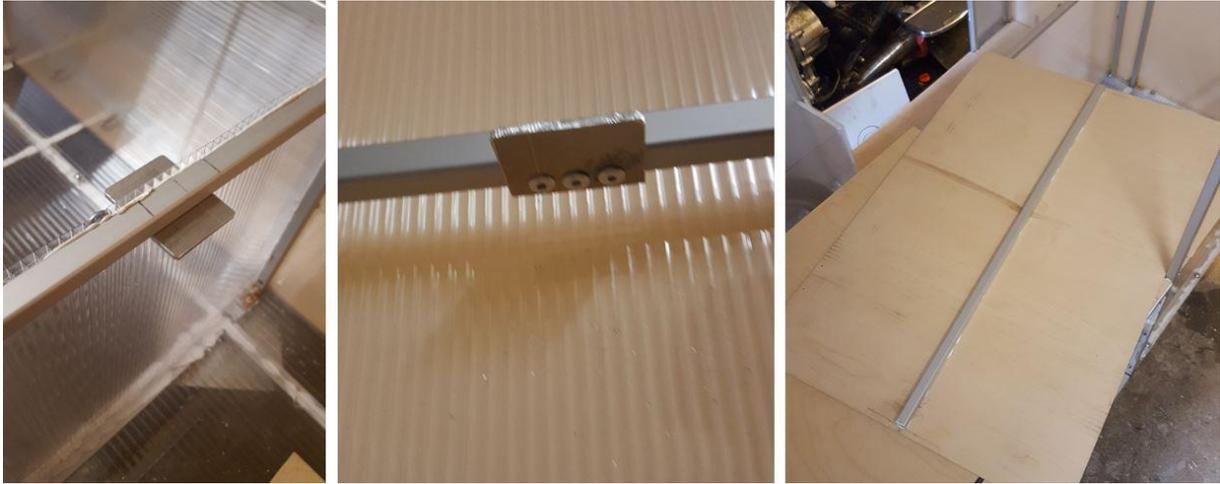


Abb. 43: Verstärkungen der Liege- und Sitzfläche

So verstärkt bestand die Konstruktion dann auch meine zweite Sitzprobe (siehe Abb. 44). Die Durchbiegung ist angenehm gering und die Bank macht einen stabilen Eindruck. Gleichzeitig war mein Ziel erreicht die Größe der Staufächer bzw. den Zugang zu den Staufächern nicht durch Verstrebungen zu verkleinern. Das Gewicht fällt mit dieser Bauweise meiner Meinung nach gering aus. Die Optik der Platten macht es so langsam auch etwas gemütlicher in meinem Plastikbomber. Wie in Abb. 44 rechts zu sehen ist habe ich ebenfalls den Fußbereich mit einer 4 mm Multiplexplatte verkleidet, was die Durchbiegung des Bodens beim Betreten nochmal deutlich reduziert. Dies ist nicht unbedingt notwendig, schafft für mich aber deutlich mehr Vertrauen beim Betreten des Anhängers.



Abb. 44: Fertige Liegefläche

6.3 Türe, Abdichtung und Rücklichter

Mit Einbau der Türe, Abdichtung gegen Regen und der Installation der Außenbeleuchtung und Reflektoren werden nun die letzten notwendigen Arbeiten vor der ersten Probefahrt abgeschlossen.

Im Gegensatz zum Vorbild des „Kreher Imperial“ habe ich mich für eine seitliche Türposition entschieden, wobei die Türe ebenfalls nach oben hin öffnen soll. Eine seitlich öffnende Türe hat sicherlich den Vorteil, dass sie deutlich weniger Platz zum Aufklappen einnimmt. Schwenkt man sie um 180° auf, verbraucht sie in geöffnetem Zustand praktisch keinen zusätzlichen Platz. Beim Halten direkt an Wegen oder Straßen ist dieses Design also sicherlich im Vorteil, da man den Anhänger öffnen kann, ohne die Türe in Wege o.ä. hineinragen zu haben. Eine nach oben öffnende Türe bietet im geöffneten Zustand jedoch direkt auch einen Sonnen- bzw. Regenschutz, weshalb ich mich für dieses Design entschieden habe. Zur Reduzierung der Ausklapplänge habe ich ein zusätzliches Scharnier auf etwa 2/3 der Länge integriert (vgl. Abb. 45). So kann ich das untere Ende der Türe im geöffneten Zustand hochklappen.



Abb. 45: Türscharnier zur Reduzierung der Länge im aufgeklappten Zustand

Da sich meine Sitzbank auf der in Fahrtrichtung linken Seite befindet bleiben für den Türeinbau also nur die Rück- sowie die rechte Seite des Anhängers. Ich habe mich hierbei für die seitliche Anbringung entschieden, um die Länge des Anhängers bzw. des Gespanns in geöffnetem Zustand nicht weiter zu erhöhen. Weiterhin kann ich so im Anhänger sitzend bei geöffneter Türe entspannt hinausschauen.

Das Öffnen der Türe wird durch zwei Möbel-Gasdruckdämpfer mit einer Stärke von jeweils 80 N verwendet. Dies funktioniert für mein Design sehr gut, wobei ich für eine Türe ohne Mittelscharnier etwas stärkere Dämpfer empfehlen würde. Da die Türe später noch isoliert werden soll, könnte es sein, dass ich die Dämpfer ebenfalls noch gegen stärkere austauschen muss. Die Einbauposition der Dämpfer kann der beiliegenden Anleitung entnommen

werden. Um keinen Adapter basteln zu müssen habe ich zudem den unteren Kugelkopfhalter um 90° umgebogen, siehe Abb. 46.



Abb. 46: Gasdruckdämpfer der Türe

Um die Türe sicher zu schließen habe ich 2 Briefkastenschlösser eingebaut (vgl. Abb. 47), welche rechts und links angebracht sind. Ich habe hierbei eine Version mit extra langem Schließhebel (ca. 5 cm) gewählt, sodass dieser auch über die Alustrebe der Türe hinweg hinter die Strebe des Rahmens greifen kann. Zusätzlich musste der Hebel etwas zurechtgebogen werden, um nicht an der Türstrebe anzustoßen. Für zusätzliche Stabilität habe ich zudem die Hohlkammerplatte um die Schlösser herum mit einem Stück 4 mm Multiplex verstärkt. Dieses ist mittels Sikaflex 552 mit der Hohlkammerplatte verklebt.



Abb. 47: Einbau der Briefkastenschlösser

Um die Türe abzudichten ist auf der Oberseite die in Abb. 48 zu sehende Gummilippe angebracht (100 mm breit, 2 mm dick). Diese ist an der oberen Hälfte sowohl verschraubt als auch mit Sikaflex 552 verklebt und somit abgedichtet, an der unteren Seite habe ich auf ein zusätzliches Verkleben verzichtet.



Abb. 48: Türdichtungsgummi

Rundherum sind über die Türe hinausragend zudem die in Abb. 49 zu sehenden, 15 mm breiten Aluminiumleisten angebracht, sodass kein Wasser durch die Türspalte eindringen kann. Ein Dichtungsgummi habe ich in diesen Bereichen vorerst nicht angebracht, da eindringendes Wasser herunterlaufen und nicht in den Anhänger gelangen sollte. Bei starkem Wind könnte hier zwar der ein oder andere Tropfen durchgedrückt werden, ich erwarte allerdings nicht, dass dies ein Problem werden sollte. Ansonsten wird ein Dichtungsgummi nachträglich angebracht. Etwas unschön hingegen ist die Tatsache, dass ich die Breite der Aluminiumleisten im Vorhinein nicht bedacht habe und einige Schrauben entfernen musste. Die Löcher sind teilweise noch sichtbar, weshalb ich sie mit Silikon abgedichtet habe, etwas unschön ist es aber natürlich trotzdem.



Abb. 49: Außenansicht der geschlossenen Türe während des Baus und nach Fertigstellung

Für die Abdichtung der restlichen Kanten habe ich UV- und witterungsresistentes Bausilikon sowie 15 x 15 x 1 mm Winkelprofile aus Aluminium verwendet. Kunststoffprofile wären hier sicherlich ebenso geeignet gewesen, mir gefällt jedoch die etwas edlere Aluminiumoptik. Gegen die im Wohnmoblbereich häufig verwendeten Dichtmassen von Dekaseal und Sikaflex habe ich deshalb entschieden, da diese leider nicht in einer durchsichtigen Variante erhältlich bzw. lieferbar waren.

Um sicher zu gehen, dass sich das Silikon auch für meine PC-Hohlkammerplatten eignet, habe ich zuvor einen Test mit ein paar Reststücken gemacht, indem ich einen kleinen Wasserbehälter zusammengeklebt habe (vgl. Abb. 50, links). Aluminium wird seitens des Herstellers explizit als geeignet angegeben.



Abb. 50: Dichtigkeitstest des Silikons (links), Abdichtung des Anhängers (mittig), unschöne Schraubenlöcher (rechts)

Nachdem der Materialtest problemlos bestanden wurde, konnte ich alle Ecken des Anhängers großzügig mit Silikon füllen und anschließend die Aluminiumleisten verschrauben (vgl. Abb. 50, mitte). Auch hier bleiben leider einige alte Schraublöcher sichtbar, wie in Abb. 50 rechts zu sehen ist, aber so ist es halt beim ersten Aufbau, man kann nicht alles im Vorhinein bedenken. Teilweise lassen sich diese aber auch mit ein paar Folienresten abkleben, sodass sie kaum mehr auffallen.

Für die rechtwinkligen Ecken und Deichseldurchführung habe ich noch kleinere 3D-Druck Abdeckungen erstellt und mit Silikon verklebt, wie in Abb. 51 zu sehen ist. Für die nicht rechtwinkligen Kanten musste ein „kreativer“ Zuschnitt der Winkelprofile ausreichen, welche mir in Anbetracht des verfügbaren Werkzeugs, welches ausschließlich eine Metallhandsäge bestand, jedoch ganz gut gelungen ist. Für die nicht rechtwinkligen Kanten auf der Vorder- und Hinterseite der schrägen Dachplatte (siehe roter Pfeil in Abb. 50) werde ich mir noch angepasste Aluminiumwinkel zurechtbiegen lassen. Bis dahin sind diese nur mit Silikon abgedichtet.



Abb. 51: 3D-Druck Abdeckungen für Deichselöffnung und Anhängerecken

Zur Straßentauglichkeit fehlt somit nur noch die Beleuchtung bzw. die Reflektoren. Vorgeschieden sind hierbei weiße Frontreflektoren, gelbe Seitenreflektoren sowie (bei meiner Anhängerbreite von 85 cm) mind. ein rotes Rücklicht. Der Einfachheit halber habe ich mich für selbstklebende Reflektoren entschieden, einzig die Rücklichter sind verschraubt. Diese stammen zwar aus dem e-Bike-Bereich, eignen sich jedoch nur für Spannungen von 6V – 48V. Exemplare für höhere Spannungen habe ich leider nicht in einem vernünftigen Kostenrahmen gefunden. Da ich einen Akku 52 V Akku verbaut habe (vollgeladen liefert dieser sogar 58,8 V), bedarf es also noch eines Spannungswandlers, welcher für spätere Ausfahrten aber ohnehin geplant ist. Gegen akkubetriebene Rücklichter habe ich mich bewusst entschieden um mich nicht um zu viele kleine Akkus an allen möglichen Stellen kümmern zu müssen. Aus optischen Gründen sind es zwei anstatt nur eines Rücklichts geworden. Abb. 52 zeigt die fertig angebrachten Rücklichter und Reflektoren.



Abb. 52: Rücklicht und Reflektoren

Zur besseren Sichtbarkeit habe ich abschließend noch ein Dreieck aus orangem Klebeband auf Projektorfolie geklebt und am Anhänger angebracht. Entsprechend schief sieht es auch aus, aber es erfüllt seinen Zweck.

6.4 Wärmedämmung und Innenverkleidung

Die Möglichkeit den Anhänger zu isolieren, sehe ich als einen der wesentlichen Vorteile zum Zelt, sodass man es auch bei sehr heißen und kalten Temperaturen hoffentlich gut über längere Zeiträume im Innenraum aushalten kann. Als vermeintlich günstigster und funktionaler Standard in der Community scheint sich mit Aluminium beschichtete Luftpolsterfolie durchgesetzt zu haben. Diese wird meist mit Sprühkleber an die Innenwände geklebt und für etwas Wohnlichkeit anschließend oft noch mit Filz verkleidet. Während mir die Filzverkleidung sehr gut gefällt, halte ich jedoch eher wenig von der Luftpolsterfolie. Zum einen scheint Sprühkleber mit dieser Folie nicht unbedingt gut zu funktionieren, wie beispielsweise Raphael Vogel in seinem Video [8] zeigt, andererseits gefällt mir die entstehende, noppige Oberfläche sowie die Verarbeitung an den Kanten bei dieser Lösung nicht.

Aus diesem Grund habe ich mich für die Verwendung von Styrodur entschieden, welches von einigen Anbietern auch in Millimetergenau in Wunschstärke zugeschnitten wird. Mit einer Stärke von 13 mm kann ich das Styrodur somit bündig (vgl. Abb. 53) zwischen meine Alustreben setzen und erhalte eine glatte Innenwand bei gleichzeitig sehr guter Isolationswirkung. Etwas günstiger und auch leichter wäre der Einsatz von Styropor gewesen, dennoch bevorzuge ich persönlich die höhere Stabilität und Druckfestigkeit von Styrodur.

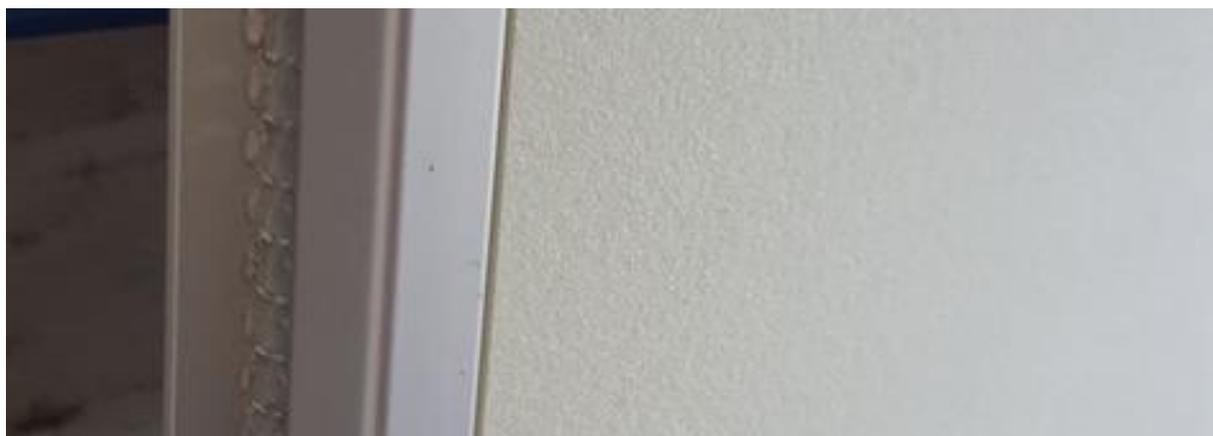


Abb. 53: Bündig anliegende Styrodurdämmung

Vergleicht man die Kosten von Luftpolsterfolie, Styropor und Styrodur wird zudem deutlich, dass sich diese nicht so sehr unterscheiden, wie zumindest ich persönlich zunächst vermutet hätte [9, 10, 11]:

10m ² Rolle Alu-Luftpolsterfolie 4mm:	3,90€/m ²	200-250g/m ²
Styropor 13mm:	4,90€/m ²	300g/m ²
6m ² Rolle Alu-Luftpolsterfolie 4mm:	5,50€/m ²	200-250g/m ²
Styrodur 13mm:	6,72€/m ²	400g/m ²

Das genaue Gewicht der Folie war nicht angegeben, lediglich ein "Artikelgewicht" welches je nach Abgabemenge auf den m^2 runtergerechnet zwischen $200g/m^2$ bis $250g/m^2$ variiert hat. Insofern ist dieser Angabe nicht unbedingt zu sehr zu trauen.

Zur Verklebung der Styrodurplatten an der Hülle habe ich zu Beginn an die Verwendung von Sprühkleber gedacht. Nach der ersten Platte wurde mir aber schnell klar, welche Sauerei der Einsatz von Sprühkleber bedeutet. Sikaflex 552 wäre auf diese Fläche zu einem erheblichen Kostenpunkt geworden, weshalb ich mich nach einem vorrangegangenen Klebetest für einen günstigeren Montagekleber (Pattex „Kleben statt Bohren - alle Materialien“) entschieden habe.

Für den Test habe ich wie in Abb. 54 zu sehen jeweils eine Materialprobe auf einen Rest Hohlkammerplatte verklebt und diese nach ca. 48h abgerissen. Sikaflex wies eine minimal bessere Haftwirkung als Pattex auf, während der Sprühkleber leider erst zu 50% getrocknet war aber dafür dennoch gut gehalten hat. Natürlich sind die Ergebnisse rein subjektiv.



Abb. 54: Probestücke zum Vergleich der Klebwirkung

Das Zuschneiden und Verkleben der Platten gingen anschließend relativ schnell und problemlos von statten. Zum Zuschnitt reicht hierbei ein scharfes Cuttermesser problemlos aus. Ein netter Nebeneffekt der Isolierung ist, dass sich der Klang des Anhängers deutlich verbessert. D.h. es schallt wesentlich gedämpfter, wenn man z.B. auf die Außenwand des Anhängers klopft. Ich bin gespannt, ob sich dies auch in der Geräuschkulisse während der Fahrt bemerkbar macht. Bilder des gedämmten Innenraums zeigt Abb. 55.



Abb. 55: Dämmung des Innenraums mit Styrodur

Ein nicht so netter Nebeneffekt ist jedoch auch, dass der Montagekleber bei Sonneneinstrahlung etwas durch die Platte hindurch schimmert, wie in Abb. 56 zu sehen ist. Nach der anschließenden Filzverkleidung der Wände sollte dies aber kaum mehr wahrnehmbar sein.



Abb. 56: Verkleben der Styrodurplatten (links) sowie verklebte Styrodurplatte (rechts)

Als Farbe für den Innenraum habe ich mich im Onlinekatalog für einen ansprechenden Beige-Beige entschieden. In der Realität ähnelt die Farbe des 1mm starken Filz aber leider mehr der eines Pappkartons. Vielleicht ist dies auch gar nicht so schlecht, damit Schmutz später nicht so auffällt. In jedem Fall sollte der Aufbau rausch weitergehen und ich habe den Filz daher nicht zurückgeschickt.

Vor der Verklebung habe ich den Filz grob zugeschnitten und anschließend wie in Abb. 57 dargestellt mit Stecknadeln an den Innenwänden des Anhängers fixiert und ausgerichtet. Anschließend konnte ich die Kanten passgenau zuschneiden. Der Filz hält (ein wenig wie Klettband) bereits ohne Kleber halbwegs auf der Oberfläche des Styrodur, was die Arbeit stark vereinfacht hat.



Abb. 57: Anbringung des Filzes mit Hilfe von Stecknadeln

Zur anschließenden Verklebung habe ich den gesamten Innenraum auf diese Weise zunächst mit der Hilfe von Stecknadeln befilzt, anschließend die zu klebende Fläche mit einer Stecknadelreihe in 2 Hälften unterteilt und diese Hälften dann nacheinander umgeklappt. Den Sprühkleber habe ich sowohl auf die Wand als auch den Filz aufgetragen und den Filz danach kräftig angedrückt. Auch an der Decke hat dieser so problemlos funktioniert und direkt angehaftet. Zur besseren Belüftung habe ich diese Arbeiten wie in Abb. 58 links gezeigt draußen durchgeführt.



Abb. 58: Aufbringen des Sprühklebers (links) und fertig gefilterter Innenraum (rechts)

Wie erwähnt ist die Arbeit mit Sprühkleber jedoch eine echte Sauerei, weshalb ich das Tragen eines alten, langärmeligen Oberteils, Handschuhen und einer Atemschutzmaske nur empfehlen kann. Auch sollten Innenflächen des Anhängers vorher abgeklebt werden, oder es steht wie in meinem Fall eine gründliche Reinigung an

Trotz des zunächst etwas unerfreulichen Farbtons bin ich mit dem Ergebnis (vgl. Abb. 58 rechts) sehr zufrieden. Der Innenraum wirkt richtig wohnlich und hat sein Plastikboxfeeling verloren, auch die Alustreben sind nun komplett unsichtbar. Die Verkleidung der Aluminiumstreben beugt zusätzlich auch der Kondenswasserbildung vor, wie sie in anderen Wohnwägen dieser Bauart an den Streben auftritt.

6.5 Lüftungskonzept und Bullauge

Für die erste Übernachtung fehlt nicht mehr viel. Insbesondere bedarf es noch einer Belüftung, um die Türe während längerer Aufenthalte im Innenraum guten Gewissens schließen zu können.

Mein Belüftungskonzept sieht zwei elektrische Lüfter vor, von welchen der Erste frische Luft in Fußbodennähe ansaugt, während der Zweite die verbrauchte und aufgeheizte Luft aus

dem oberen Bereich des Anhängers hinauspustet. Gleichzeitig möchte ich auch die Möglichkeit haben, mindestens ein Fenster öffnen zu können.

Bei der Suche nach geeigneten Aufstellfenstern habe ich leider schnell feststellen müssen, dass die Auswahl kleiner, leichter, wasserfester Fenster nur sehr begrenzt ist. Praktisch sämtliche Produkte aus dem Camping- und Wohnmobilbereich sind deutlich zu groß, relativ schwer und mit meist über 300 € auch preislich unattraktiv. Sicherlich finden sich kreative Ideen, Produkte anderer Bereiche zweckzuentfremden. So habe auch ich meine Fantasie spielen lassen und mir beispielsweise Gegensprechfenster, Katzenklappen oder Wartungs- und Zugangsluken aus dem Bootsbereich näher angesehen. Leider haben mich all diese Ideen nicht überzeugt, sodass ich mich dazu entschieden habe nach dem Vorbild des „Kreher Imperial“ [1] ein Bullaugenfenster zu verwenden. Diese sind ab ca. 30 € günstig zu haben, lassen sich öffnen und sind absolut wasserdicht.

Positioniert habe ich das Fenster neben der Eingangstür, sodass es über meiner späteren Kochecke platziert ist. Auf diese Weise erhoffe ich mir das Fenster in geöffnetem Zustand als eine Art Abzugshaube verwenden zu können. Durch den erzeugten Überdruck des hineinblasenden Lüfters sollte beim Kochen entstehender Wasserdampf somit auf dem kürzesten Weg aus dem Anhänger hinausgelangen können. Um die Abzugswirkung weiter zu erhöhen kann ich ebenfalls den oberen Lüfter umdrehen, sodass auch dieser in den Anhänger hinein pustet.



Abb. 59: Anreißen (links) und Zuschnitt (rechts) des Fensterrahmens

Für den Einbau habe ich zunächst einen Ausschnitt mit einem scharfen Cuttermesser in die Seitenwand des Anhängers geschnitten, die Isolierung war zu diesem Zeitpunkt noch nicht verklebt, was die Arbeit vereinfachte. Zusätzlich musste der Rahmen des Fensters etwas gekürzt werden, da meine Wandstärke inkl. Isolierung nur 17 mm beträgt. Hierzu habe ich

den Fensterrahmen mit einem Messschieber wie in Abb. 59 links dargestellt angekratzt und anschließend entlang der Markierung mit einer Metallhandsäge gesägt (vgl. Abb. 59, rechts).

Um das Fenster später von Innen öffnen und schließen zu können muss es verkehrt herum eingebaut werden, da es im Herstellersinne eigentlich von außen zu öffnen wäre. Die nun auf der Anhängeraußenseite liegende Innenseite des Fensters muss daher zusätzlich abgedichtet werden, wofür ich Sikaflex 552 verwendet habe, wie in Abb. 60 links zu sehen ist.



Abb. 60: Eingebautes Bullauge

Den Einbauwinkel habe ich so gewählt, dass das Fenster entlang der Dachschrägen öffnet. Auf diese Weise verbraucht es möglichst wenig Platz im Innenraum. Die Reibung des Scharniers lässt sich durch eine Schraube einstellen, wodurch es schwergängig genug läuft um es bei Bedarf nur anzukippen anstatt es komplett zu öffnen.

6.6 Matratze

Aufgrund der eher ungewöhnlichen Breite meiner Liegefläche von nur knappen 50 cm konnte ich leider keine fertigen Matratzen finden. Für die ersten Nächte habe ich daher eine Luftmatratze und umgeklappten Topper verwendet, was so natürlich keine Dauerlösung bleiben sollte. Im Internet finden sich verschiedene Anbieter für einen passgenauen Schaumstoffzuschnitt. Die aufgerufenen Preise haben mich jedoch abgeschreckt, weshalb ich mich dafür entschied, mir selbst eine Matratze zuzuschneiden.

Als Ausgangsbasis habe ich mir die günstigste Matratze eines schwedischen Möbelhauses besorgt, welche dort auf den Namen „ÅGOTNES“ hört und 200 cm * 80 cm * 10 cm misst. Für den Zuschnitt hat sich ein scharfes, geriffeltes Küchenmesser als ideal erwiesen. Die benötigten Schnitte habe ich einfach mit einem Zollstock und Edding auf dem Schaumstoff angezeichnet. Zusätzlich hatte ich das Glück, wunderbar passende, grüne Bezüge genäht zu bekommen. Diese haben zusätzliche Reißverschlüsse, um die Matratzenkerne entnehmen und die Bezüge waschen zu können. Der Zuschnitt und die fertigen Matratzenstücke sind in Abb. 61 zu sehen.



Abb. 61: Matratzenzuschnitt und fertige Matratze im Anhänger

Da meine Sitzbank über drei Staufächer verfügt, ist auch die Matratze in insgesamt drei Stücke unterteilt. Somit lässt sich jedes Staufach weiterhin unabhängig voneinander öffnen.

Zunächst wollte ich die Matratzenstücke miteinander vernähen lassen oder aber mit Klettverschluss auf der Schlafbank befestigen, da ich ein Wegrutschen befürchtete. In der Praxis hat sich der Einsatz einer simplen Anti-Rutschmatte bewährt, wie sie z.B. unter Teppiche gelegt wird. Auf diese Weise rutscht mir die Matratze nachts nicht weg, die Stücke können aber weiterhin einfach bewegt und z.B. als Rückenlehne oder auch als Polstermaterial während der Fahrt verwendet werden.

Für ein späteres „Upgrade“ plane ich, die Liegefläche durch Aufklappen oder Einsetzen von zusätzlichen Elementen auf die gesamte Anhängerbreite vergrößern zu können. Die 50 cm breite Liegefläche reicht für mich zwar aus, der Komfort ist aber etwas eingeschränkt. Es dauert meist 1 bis 2 Nächte, um mich an den begrenzten Platz zu gewöhnen und wieder ruhig durchzuschlafen. Die Matratze selbst empfinde ich jedoch als sehr komfortabel, insbesondere im Vergleich zu Campingluftmatratzen oder auch Feldbetten. Sie ist dick und fest genug, dass es bei meinem Körpergewicht von 80 kg zu keinem Durchliegen oder unangenehmen Druckstellen kommt.

7 Elektrik und Solarpanel

Da ich ein selbstumgebautes Pedelec verwende bin ich glücklicherweise in der Lage, den gleichen Akku sowohl für Anhänger als auch Pedelec zu verwenden. Fertig zu kaufende Pedelecs bieten diese Möglichkeit häufig nicht, da der Akku in einer Halterung am Fahrrad installiert werden muss und kein Spannungsabgriff in eingebautem Zustand möglich ist. Weiterhin sind diese Akkus durch eine integrierte Schutzschaltung häufig so abgesichert, dass es nicht ohne weiteres möglich ist, sie mit Komponenten von Drittherstellern zu betreiben oder zu laden. Dies macht insbesondere auch den sinnvollen Einsatz von Solarpanelen schwierig, da die originalen Ladegeräte eine 230V Steckdose benötigen. In meinem Setup kann jedoch problemlos ein normaler Solarladeregler verwendet werden.

7.1 Anhängerlektrik

Mein Akku soll während der Fahrt im Anhänger untergebracht sein, welcher wiederum mit Innenbeleuchtung, Rücklichtern, Lüftern, USB-Anschlüssen sowie einem 12V Anschluss ausgestattet ist. Der von mir umgesetzte Anschlussplan ist in Abb. 62 dargestellt.

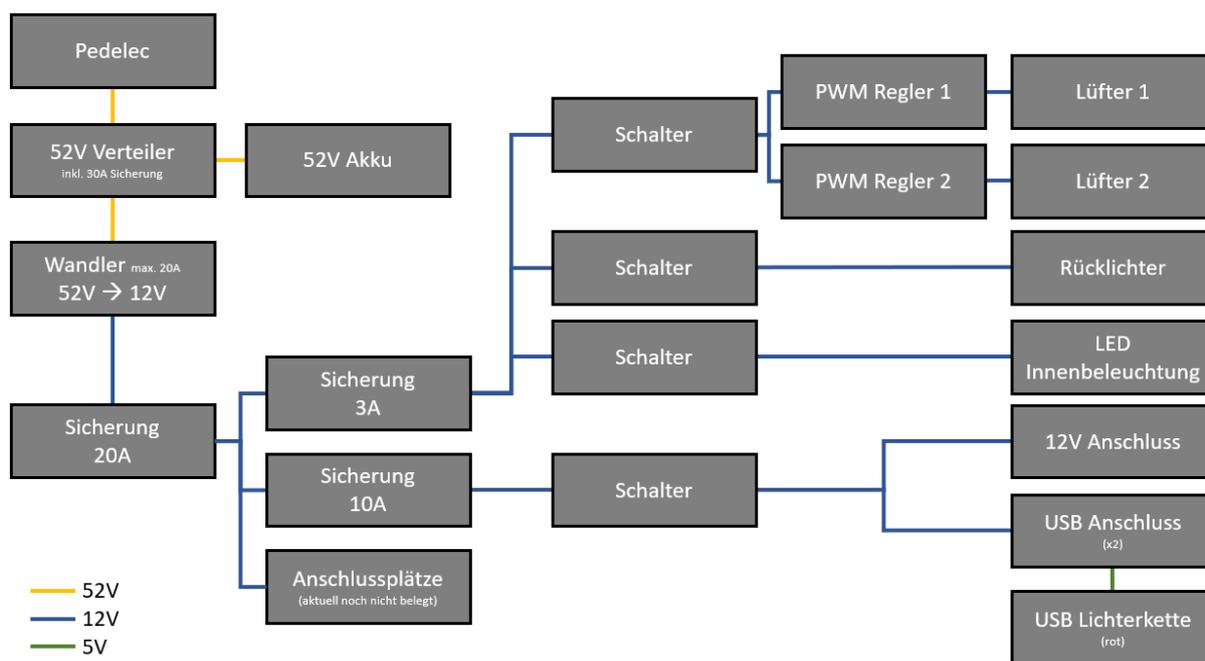


Abb. 62: Übersicht Elektrik

Der Akku wird im vorderen Staufach meines Anhängers untergebracht und an den in Abb. 63 dargestellten Spannungsverteiler angeschlossen. Dieser Verteiler ist wie eine Art Mehrfachsteckdose zu verstehen, welche 3 Anschlussplätze und 2 Ausgänge bietet. Das Verteilergehäuse habe ich 3D-gedruckt und so gestaltet, dass es an einem der 13,5 er Vierkantrohre meines Anhängers befestigt werden kann. Die Anschlussplätze sind mit XT-90 Steckern versehen, sodass ich meinen Akku dort ohne weitere Adapter direkt anschließen kann. Die Steckplätze sind parallel verschaltet und erlauben somit die Verwendung von bis zu drei

Akkus gleichzeitig oder aber auch den Anschluss eines Solarladereglers oder normalen Ladegerätes.

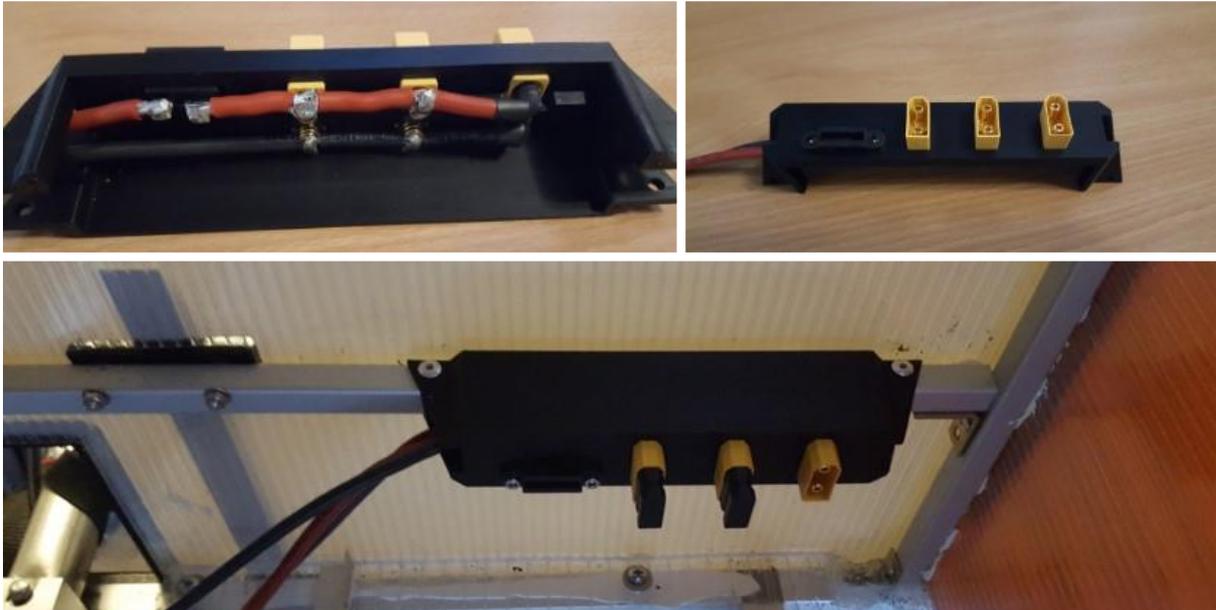


Abb. 63: Verteilerkasten mit 30 A Sicherung

Die Ausgänge des Verteilers sind fest verdrahtet, mit einer 30 A Schmelzsicherung abgesichert und versorgen sowohl Pedelec als auch einen Spannungswandler des Anhängers, welcher Ausgangsseitig 12 V und max. 20 A für die Versorgung der Bordelektronik bereitstellt (Abb. 65, links). Diese ist mit einem Sicherungskasten versehen, welcher mit einer 20 A Sicherung für den Spannungswandler als auch je einer weiteren 10 A sowie 3 A Sicherung für die einzelnen Verbraucher ausgestattet ist. Weitere drei Steckplätze stehen für zusätzliche Verbraucher zu Verfügung, werden von mir aktuell aber noch nicht genutzt. Über die 3 A Sicherung sind die Innenbeleuchtung, die Rücklichter sowie die Belüftung gemeinsam angeschlossen. Für die Lüftung habe ich einen zusätzlichen Steuerkasten gebaut, welcher in Abb. 64 zu sehen ist. Er beinhaltet einen gemeinsamen Ein- Ausschalter sowie je einen Drehzahlregler pro Lüfter. Das Gehäuse des Steuerkastens ist ebenfalls 3D-gedruckt und befindet sich direkt unter meinem oberen Lüfter.



Abb. 64: Lüftersteuerung und Lüfter

Die weiteren Verbraucher können über ein Panel in der Sitzbank des Anhängers geschaltet werden, welches Platz für bis zu fünf Kippschalter bietet (siehe Abb. 65, rechts). Die Blende hierfür ist ebenfalls 3D-gedruckt, aktuell jedoch nur mit drei Schaltern für Rücklicht, Innenbeleuchtung sowie USB+12V-Anschluss versehen. Aufgrund der zu erwartenden Ströme sind die USB- sowie 12V-Anschlüsse gemeinsam an die 10 A Sicherung angeschlossen. Die rote LED-Lichterkette wird zum jetzigen Zeitpunkt einfach in den USB-Anschluss eingesteckt, auf lange Sicht integriere ich diese ggf. noch mit eigenem 5V-Spannungswandler und Schalter.

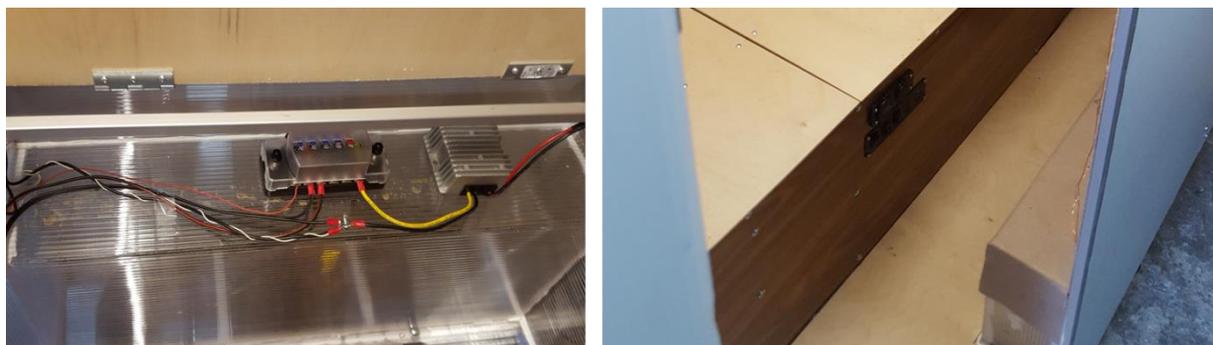


Abb. 65: Sicherungskasten und Spannungswandler (links) sowie Schaltpanel und USB-Anschlüsse (rechts)

Als Kabel für Licht und Belüftung habe ich RGB-LED-Kabel verwendet, welches meines Wissens eine der günstigsten Möglichkeiten für den benötigten Längenbereich darstellt. Für alle weiteren 12 V Verbraucher habe ich 1,5 mm² Kupferkabel aus dem Lautsprecherbereich verwendet, während auf der 52V-Seite mindestens AWG12 Silikonkabel (ca. 3,3 mm²) zum Einsatz kommen.

7.2 Integration des Solarpanels

Zur Integration des Solarpanels sind in meinem Setup lediglich 2 Komponenten notwendig: das Solarpanel selbst sowie ein geeigneter Solarladeregler. Sollte ein Fertigpedelec verwendet werden, so ist wahrscheinlich ein zusätzlicher Pufferakku notwendig, über welchen wiederum ein 230V Wechselrichter gespeist wird, in welchem dann das originale Akkuladegerät des Pedelecs eingesteckt werden kann. Letzteres Setup erlaubt kein Aufladen des Pedelecakkus während der Fahrt und bringt zusätzliche Umwandlungsverluste mit sich. Die möglichen Anschlussarten sowie die Umwandlungsverluste sind in Abb. 66 dargestellt.

Für genauere Informationen zum Thema, wie ein Solarpanel elektrisch in einen Fahrradwohngewagen integriert werden kann, welche Bauteile hierfür nötig sind und ob sich eine Solaranlage überhaupt lohnt, habe ich eine eigene Dokumentation erarbeitet. Um an dieser Stelle nicht zu tief in die Materie einsteigen zu müssen möchte ich also auf meine Solardokumentation verweisen, welche ich über meine Webseite www.jati-ac.de kostenfrei zum Download bereitstelle. In dieser Dokumentation findet sich unter anderem auch die Herleitung der elektrischen Verlustleistungen aus Abb. 66.

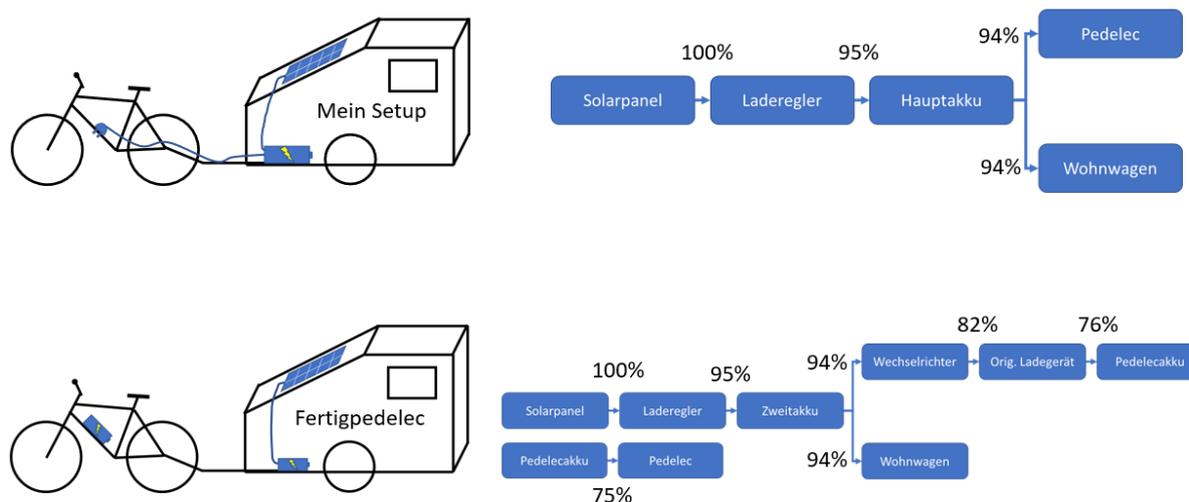


Abb. 66: Anschlussdiagramm und Verlustleistungen für Solarpaneele

7.2.1 Auswahl des Solarpanels

Bei der Panalauswahl habe ich versucht, die zur Verfügung stehende Dachfläche meines bestmöglich auszunutzen. Um den Schwerpunkt nicht unnötig weit nach oben zu verlagern habe ich hierbei jedoch darauf verzichtet, die horizontale Dachfläche zu verwenden und mich ausschließlich auf die schräge Dachfläche beschränkt. Wenngleich an dieser Stelle zu erwähnen ist, dass eine horizontale Ausrichtung während der Fahrt im Schnitt bessere Erträge liefern wird, da das Panel unabhängig von der Fahrtrichtung arbeiten kann. Auf einer Dachschräge ist es hingegen je nach Fahrtrichtung von der Sonne abgewandt.

Bei meiner Recherche nach aktuell verfügbaren Panele stellte sich für mich schnell heraus, dass die Verwendung mehrerer kleiner Panele bei den Maßen meiner Dachfläche nicht zu einer besseren Flächennutzung führt. Da mehrere kleine Panele in Summe zudem teurer, schwerer und größer als ein einzelnes Panel gleicher Leistung sind, habe ich mich für die Verwendung eines einzelnen Panele entschieden.

Bei der Verwendung mehrerer Panele hätte ich diese in Reihe verschalten können, sodass die generierte Solarspannung oberhalb meiner Akkuspannung liegt. Dies ist eine Voraussetzung für die Verwendung konventioneller Solarladeregler. Da dies in meinem Fall mit einem einzelnen Solarpanel nicht gegeben ist, musste ich auf einen Boost-Laderegler zurückgreifen. Dieser wandelt die niedrige Solarspannung hoch, um somit dennoch den Akku laden zu können. Aufgrund einer recht mageren Auswahl habe ich mich für einen chinesischen 300W MPPT-Boost-Laderegle entschieden, welcher durch einen weit einstellbaren Spannungsbereich auch für meinen 52V Akku geeignet ist. Insbesondere finden sich diverse Youtuber, welche den Laderegler eingehender geprüft und für gut befunden haben [13], weshalb auch ich ihm eine Chance geben wollte. Die Verlustleistung bei Boost-Ladereglern liegt um wenige Prozent höher als bei konventionellen Ladereglern. Für meinen Fall ergibt die Verwendung eines einzelnen Panele jedoch weiterhin ein besseres Gewichts- und Preis-Leistungsverhältnis als die Verwendung mehrerer kleiner Panele.

Nach einigem hin und her habe ich mich für schließlich ein 160 Wp starkes, semi-flexibles, monokristallines Solarpanel mit einer Größe von 1250 mm x 670 mm und einem Gewicht von 3,3 kg entschieden [12]. Aufgrund des fehlenden Rahmens und Schutzglases sind flexible Solarpanele die aktuell leichtesten am Markt. Die Tatsache, dass diese flexibel sind, spielt für meine Anhängerform dabei keine besondere Rolle.

7.2.2 Einbau des Solarpanels

Da mein gesamter Anhänger und somit auch die zur Befestigung vorgesehene Dachschräge wärmeisoliert sind, habe ich davon abgesehen, das Solarpanel direkt auf dieser Fläche zu verkleben. Durch die Isolation der Dachfläche könnte es wohl zu einem Hitzestau und somit zu einer Beschädigung des Panels kommen [14]. Aus diesem Grund habe ich eine Hinterlüftung von 1 cm vorgesehen. Zur Montage habe ich daher drei Streifen der auch für den Anhängerboden verwendeten Hohlkammerplatte zugeschnitten und mit doppelseitigem Klebeband (Tesa „Extra Strong“ Verlegeband) zunächst auf der Unterseite des Solarpanels befestigt (Abb. 67 links). Anschließend wurde dieses dann mit weiteren Klebestreifen auf dem Anhänger fixiert. Das Ergebnis ist in Abb. 67 rechts zu sehen. Um den Schwerpunkt so tief wie möglich zu halten ist das Solarpanel an der unteren Kante angelegt und die horizontale Dachfläche zunächst nicht mit weiteren Solarpanelen bestückt.



Abb. 67: Verkleben des Solarpanels (links) sowie fertig montiertes Panel (rechts)

Die Kabel habe ich durch die Öffnung für meine Deichseldurchführung in das Wageninnere geführt und professionell mit weißem DuctTape auf der Außenhülle fixiert – Provisorien halten bekanntlich ewig. Um die Kabel des Panels nicht durchtrennen zu müssen habe ich im wagenseitigen Kabelstrang passende Stecker eingelötet – theoretisch könnte ich somit also auch andere Solarpanele über deren Standardstecker zuschalten, wenngleich ich dies aktuell nicht vorgesehen habe.

Der um das Solarpanel aktualisierte Schaltplan der Elektrik ist in Abb. 68 zu sehen. Der Block „Verbraucher Wohnwagen“ ist in Abb. 62 genauer aufgeschlüsselt. Die Solarspannung ist mit „Vmpp“ für „V maximal power point“ bezeichnet und liegt mit dem aktuellen Panel bei etwa 22 V. Zum Betrieb des Boost-Laderegler ist allerdings nur wichtig, dass diese Spannung stets unter der niedrigsten möglichen Akkuspannung meines Akkus von etwa 43 V liegt.

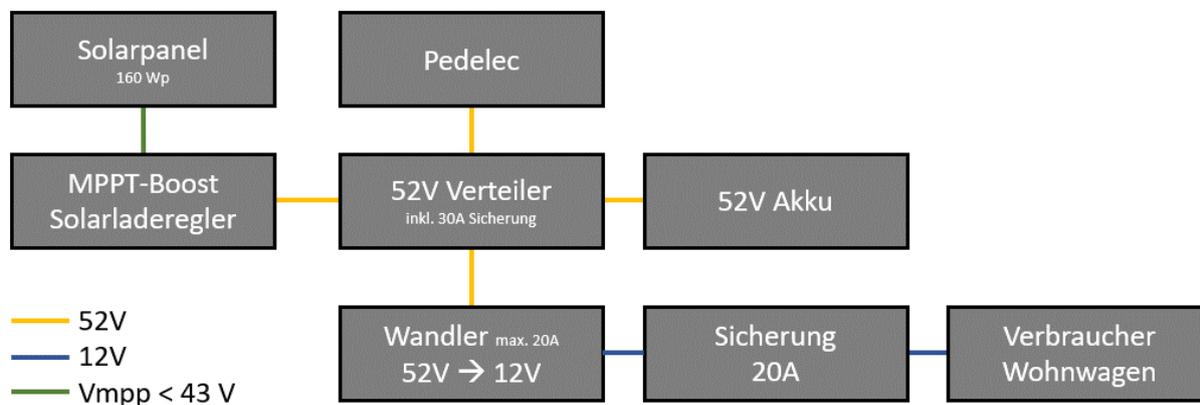


Abb. 68: Übersicht Elektrik mit Solarpanel

7.3 Solarertrag

Die größte Frage, die sich im Zusammenhang mit der Installation eines Solarpanels stellt, ist natürlich der zu erwartende Ertrag. In der auf meiner Homepage www.jati-ac.de veröffentlichten Solardokumentation habe ich entsprechende Berechnungen angestellt. Kurz zusammengefasst komme ich für die Sommermonate auf einen zu erwartenden Tagesertrag von etwa 400 bis 550 Wh pro 100 Wp installierter Solarleistung. Hierbei ist eine Abschattung des Panels noch nicht berücksichtigt.

Für mein 160 Wp starkes Solarpanel erwarte ich somit Tageserträge von durchschnittlich 640 Wh bis maximal 880 Wh, wenn der Anhänger permanent in der Sonne stünde. Bis zum jetzigen Zeitpunkt konnte ich auf meinen Ausfahrten leider noch keine belastbaren Messungen durchführen. Während einer 80 km langen Fahrt im April 2022 konnte ich innerhalb der Ausfahrtszeit (inkl. Standpausen) von ca. 6 Stunden jedoch gute 9 Ah in den Akku laden. Dies entspricht etwa 470 Wh und somit über 50 % meiner mitgeführten Akkukapazität. Da der Tag sehr sonnenreich war, sich die Ausfahrt über die Tagesmitte erstreckte und einige Fahrtabschnitte im Schatten lagen, sehe ich diese erste Messung im Einklang mit meinen im Voraus angestellten Abschätzungen. Wenn der Anhänger zur Sonne ausgerichtet stand, leistete das Panel ca. 130 bis 140 W bei Sonnenhöchststand.

Bei meinen künftigen Ausfahrten werde ich versuchen weitere Messungen durchzuführen und somit eine immer bessere Abschätzung treffen zu können.

8 Kosten

Achtung: Die Kostenübersicht ist noch nicht auf dem finalen Stand: Matratze, Solaranlage sowie die Pedelec-Anpassungen aus Kapitel 4.4 und Akkutasche sind noch nicht eingepflegt. Diese können in Summe zu etwa 400€ überschlagen werden. Eine genaue Einpflegung in die Liste steht aus.

Die mir entstandenen Gesamtkosten für das gesamte Projekt „Fahrradwohnwagen“ belaufen sich aktuell auf **4213,10 €**, wobei diese ich zu ca. **2140 €** auf das Fahrrad inkl. Elektroumbau und Akku, zu ca. **400 €** auf zusätzlich benötigtes Werkzeug und zu ca. **1680 €** auf den Wohnanhänger selbst aufteilen. Eine genaue Aufstellung der Kosten ist dem Anhang zu entnehmen, während Abb. 69 eine Zusammenfassung in die größten Kategorien zeigt.

Fahrrad:		803,51 €
Akku und E-Umrüstung:		1.332,73 €
Fahrgestell:		270,59 €
Lafräder:		105,80 €
Auflaufbremse:		107,03 €
Kabinenaufbau und Dämmung:		579,47 €
Innenausbau und Verkleidung:		55,30 €
Beleuchtung und Elektronik:		158,39 €
Verbrauchsmaterial:		143,23 €
Werkzeug:		402,24 €
Sonstiges:		19,83 €
Summe:		4.213,10 €

Abb. 69: Übersicht über die entstandenen Kosten

9 Ausfahrten

In diesem finalen Kapitel des Bauberichtes möchte ich kurz die wesentlichsten Erfahrungen mit euch teilen, welche ich auf meinen Ausfahrten mit dem Anhänger gemacht habe.

9.1 Die ersten 60 Kilometer

Der Ausbauzustand des Anhängers entspricht zum Zeitpunkt dieser Ausfahrt noch nicht dem finalen Stand. Der Anhänger war noch nicht gedämmt, unbefilzt, ohne Fenster und abgesehen von den Rücklichtern noch nicht mit Elektrik oder Solarpanel versehen. Während der Fahrt war er nicht beladen und ohne Matratze, der Akku befand sich in einer Satteltasche am Fahrrad. Das Gesamtgewicht des Anhängers betrug 34,5 kg, ein Foto ist in Abb. 70 zu sehen.



Abb. 70: Aufbruch zur ersten Ausfahrt mit Anhänger

Das Ziel der ersten Tour lag in 50 km Entfernung. Abgesehen von größeren Steigungen bot die Strecke dabei viel Abwechslung. Angefangen im engen Stadtverkehr führte die Route anschließend über weitläufige Landstraßen, über befestigte Radwege, Kopfsteinpflaster, Schlaglochpisten und auch einige unbefestigte Feldwege waren dabei. Der Anhänger durfte sich also auf einer Vielzahl von Untergründen beweisen und wurde sicherlich nicht geschont. Das Wetter war durchwachsen und die meiste Zeit bewölkt, hielt jedoch auch den ein oder anderen Regenschauer sowie kurze, sonnige Momente bereit. Der Wind war dabei nur schwach bis mäßig.

Los ging es also im Aachner Stadtverkehr. Praktisch direkt vor der Haustüre wurde der Anhänger direkt über die erste Schlaglochpiste gejagt (ein Straßenabschnitt, welcher wegen

seines katastrophalen Zustands aktuell erneuert wird). Hierbei wurde mir auch direkt klar, dass der Anhänger eine ganze Menge einstecken muss. Das Poltern hinter dem Fahrrad war kaum zu überhören und bereitete mir auf den ersten Kilometern durchaus Sorgen: „Wird die Konstruktion halten?“ „Reißt mir gleich die Deichsel ab?“ „Haut es ihn vielleicht auf einer Seite hoch, sodass der umkippt?“. Zum Glück ist nichts Dergleichen passiert, nach einigen Kilometern gewöhnt man sich dann auch an die scheppernde Kiste – welche auf glattem Asphalt dann wiederrum so leise rollt, als wäre sie gar nicht da.

Hierbei ist aber durchaus zu erwähnen, dass ich zwei wesentliche Geräuschquellen relativ schnell identifizieren und noch während der Tour beseitigen konnte. Dies waren zum einen die Deckelplatten der Sitzfläche, für welche es noch keine Befestigung oder Arretierung gab. Gleiches galt für die untere Türe, welche noch etwas Spiel hatte und daher ebenfalls Poltern konnte. Beides wurde dann auf die Schnelle mit etwas Klebeband fixiert, bis später eine richtige Befestigung eingebaut werden kann. Die Geräuschkulisse entspannte sich deutlich, wengleich ein gewisses Grundpoltern auf unebenen Untergründen natürlich bestehen bleibt.



Abb. 71: Zwischenstop während der ersten Ausfahrt (Regenpause)

Sehr positiv aufgefallen ist mir hingegen sofort das Verhalten der Autofahrer mir gegenüber. Insbesondere enge Überholmanöver, wie sie sonst alle 30 Sekunden stattfinden, blieben vollkommen aus. Gleichzeitig wurde in Engstellen deutlich mehr Abstand gehalten und auch wenn ich die Fahrbahn anstatt schlecht ausgebauter Radwege / Schutzstreifen gewählt habe wurde nicht gehupt, sondern relativ entspannt gewartet bis genügend Platz zum Überholen ist. Auch auf Landstraßen gab es keinerlei enge Überholmanöver, so ein freundliches Verhalten der PKW habe ich auf dem Fahrrad bisher noch nie erlebt. Dabei ist der Anhänger mit seinen 85 cm nur wenige Zentimeter breiter als ich auf meinem Fahrrad. Die geringe Mehrbreite macht sich auch beim Fahren kaum bemerkbar. Es gab keine Engstellen welche auch

nur ansatzweise Probleme bereitet hätten. Auch lässt es sich mit dem Gespann problemlos auf allen normalen Radwegen und Schutzstreifen fahren (vgl. Abb. 71), selbst wenn diese in beide Richtungen freigegeben sind. Bei Gegenverkehr kann es schon mal etwas enger werden, ein Problem war dies jedoch nie.

Unpraktischer hingegen war das ein oder andere Mal die zusätzliche Länge, welche durch den Anhänger entstand. Insbesondere beim Linksabbiegen in der Stadt ragte der Anhänger je nach Situation noch unangenehm weit in die Fahrbahn, wenn nicht genügend Raum zum „gerade ziehen“ vorhanden ist.

Das größte Problem zeigte sich jedoch erst auf der Rückfahrt am nächsten Tag, auf welcher mir das Wetter – oder besser gesagt der Wind – leider nicht mehr so gut gesonnen war. Dieser hatte deutlich aufgefrischt und blies durchaus sehr kräftig, was sich auf dem ersten Landstraßenabschnitt dann als zu viel des Guten herausgestellt hatte. Fast 90° von der Seite kommend war die Windlast dann so hoch, dass der Anhänger auf einem Abschnitt mit gewölbter Fahrbahndecke ins Kippen kam.

Zugegeben war es schon zu erwarten gewesen, dass ein solch hoher und schmaler Aufbau windanfällig sein würde – durch die durchweg positiven Berichte anderer Fahrradwohnwagenbauer mit ähnlich großen Anhängern habe ich der Konstruktion jedoch deutlich mehr zugetraut als ich es durch mein Bauchgefühl sonst getan hätte. Eine entscheidende Rolle wird hierbei sicherlich noch das Gewicht gespielt haben: Zum Zeitpunkt der Ausfahrt war mein Anhänger nicht beladen und brachte nur 34,5 kg auf die Waage. Für die nächsten Ausfahrten peile ich daher mindestens ein Gewicht von 60 kg an. Auch sollte der Schwerpunkt durch die Zuladung noch deutlich weiter nach unten wandern als es aktuell der Fall ist.

Beschädigt wurde der Anhänger durch den Sturz zum Glück nicht, auch ich selbst bin mit einem Schrecken davongekommen.

Zusammenfassend lässt sich also ein erstes Fazit ziehen:

- Autofahrer verhalten sich gegenüber dem Gespann unerwartet rücksichtsvoll
- Die Breite des Anhängers macht keinerlei Probleme an Engstellen oder im Fahrverhalten
- Die Länge kann bei manchen Abbiegesituationen etwas störend sein
- Auf unebenem Untergrund poltert es schon merklich (Gewöhnungssache), im Inneren wird auf eine gute Ladungssicherung zu achten sein
- Die Auflaufbremse funktioniert, muss aber noch eingestellt werden
- Windanfälligkeit ist ein ernstzunehmendes Problem bei solch hohen Aufbauten!
- Ich bin mit dem Leergewicht von bisher 34,5 kg sehr zufrieden

Dieses erste Fazit bezieht sich wie gesagt nur auf eine vergleichsweise kurze Fahrtstrecke von 60 km, ich bin gespannt was die ersten ~ 1000 km an Überraschungen bereit halten werden. Auch die erste Übernachtung steht noch aus, da zum Zeitpunkt der ersten Tour noch kein Fenster oder Belüftung installiert war.

9.2 Ein paar Impressionen

Inzwischen habe ich mit dem Anhänger etwa 500 km zurückgelegt und bereits einige Übernachtungen getätigt. Aktuell arbeite ich noch daran, Reiseberichte zu verschriftlichen. Ich vermute aber, dass das Reisegefühl ohnehin von vielen anderen Wohnwagenbesitzern in diversen Youtube-Videos besser vermittelt wird, als es mir in einem schriftlichen Bericht möglich ist. In Summe kann ich jedoch sagen, dass es mir sehr viel Spaß macht mit dem Gespann unterwegs zu sein!

Meine Erfahrungen und insb. die gezogenen, technischen Konsequenzen arbeite ich regelmäßig in diese Baudokumentation ein. Daher möchte ich hier zumindest einige Impressionen teilen. Weitere Bilder finden sich auch auf meiner Homepage www.jati-ac.de.



Abb. 72: Ausruhen und Kochen



Abb. 73: Nächtlicher Regen, aber alles blieb dicht



Abb. 74: Ein Abstecher zum Dreiländereck DE-BEL-NL



Abb. 75: Ein schönes Plätzchen, an welchem mich jedoch ein Gewitter überrascht hat



Abb. 76: Ein Ausflug in die Eifel



Abb. 77: Die meisten Engstellen sind kein Problem. Sogar die viel engeren Rur-Fahrradbrücken mit nur ca. 90 cm Breite können noch befahren werden!



Abb. 78: Auf einem Campingplatz kaum ist man kaum von den großen Artgenossen zu unterscheiden.

II Quellen und Links

- [1] Youtube-Video, 😊 SOWAS HAST DU NOCH NICHT GESEHEN!!! 🙈
ROOMTOUR SOLAR Fahrradwohnwagen MINICAMPER 🤗, Rene Kreher,
<https://www.youtube.com/watch?v=dSPaDn-WHj0>, abgerufen am 05.07.2021
- [2] Merkblatt für das Mitführen von Anhängern hinter Fahrrädern,
http://www.cramers-web.de/StVZO_Merkblatt_Anhaenger.pdf, abgerufen am
20.07.2021
- [3] Aidoo Hydraulikkupplung, <https://www.aidoo-tec.de/hydraulikkupplung/>,
abgerufen am 05.07.2021
- [4] Artikel, Nieten für den Spedi-»mode«, Ervin Peters,
<https://fahrradzukunft.de/4/lastenanhaenger/>, abgerufen am 05.07.2021
- [5] Youtube-Video, Fahrradanhänger mit Auflaufbremse Eigenbau DIY bike
trailer, racecat006, https://www.youtube.com/watch?v=18ijr_W44r4&t=294s,
abgerufen am 05.07.2021
- [6] Youtube-Video, ✨DIY AUFLAUFBREMSE und FAHRRADANHÄNGER
selber bauen und TESTFAHRT 🚲 [F2] Fahrradwohnwagen bauen, Rene
Kreher,
[https://www.youtube.com/watch?v=_3MunnrmSAw&list=PLsiRYfPtL8E-
SbzOYrtoF80SWGzpzRsqB&index=7](https://www.youtube.com/watch?v=_3MunnrmSAw&list=PLsiRYfPtL8E-SbzOYrtoF80SWGzpzRsqB&index=7), abgerufen am 24.04.2022
- [7] Youtube-Video, Fahrrad Wohnwagen, Enduro Rene – Traumtouren,
<https://www.youtube.com/watch?v=LE6B-pJUUwg&t=2005s>, abgerufen am
05.07.2021
- [8] Youtube-Video, Fahrradwohnwagen bauen Teil #9, Raphael Vogel,
<https://www.youtube.com/watch?v=Pjdh7cqdaGI>, abgerufen am 05.07.2021
- [9] <https://www.sansys.de>, Produktinformationen "Styrodurplatten Breite 50 cm -
Länge 117 cm"
- [10] <https://www.sansys.de>, Produktinformationen "Styroporplatten Breite 50 cm -
Länge 100 cm"
- [11] <https://www.Amazon.de>, Dripex Isolierfolie Dämmfolie Doppelte Alu-
Luftpolsterfolie Dachisolierung 3-4mm Isolierungsfolie Wärmehaltung
(0.6x10m - 6m²), Verkauf durch
YouBenYuanChangZhouShangMaoYouXianGongSi

-
- [12] <https://greenakku.de>, GreenAkku Venus Semi-Flexibles Solarmodul ETFE 160Wp Schindel-Technologie
- [13] Youtube-Video, Quick update - Boosting MPPT Solar Charge Controller - 12v Solar Shed, Adam Welch, <https://www.youtube.com/watch?v=tkDRNbAWZo0>, abgerufen am 24.04.2022
- [14] Youtube-Video, 🔥 Hitzeschäden bei flexiblen Solarmodulen 🔥 Defekte vermeiden und Flexmodule richtig montieren. GreenAkku, <https://www.youtube.com/watch?v=vRlligL6Yo>, abgerufen am 24.04.2022

III Anhang

A1 Kostentabelle

Komponente:	Stückzahl:	Kosten (stk):	Kosten (ges):	Shop:
Fahrrad:				
Trekkingrad	1	450,00 €	450,00 €	Gebraucht
Squirt Lube Kettenwachs	1	11,50 €	11,50 €	BikeComponents
Felgenband	1	2,40 €	2,40 €	BikeComponents
Schwalbe Schlauch	1	7,50 €	7,50 €	BikeComponents
Vaude Aqua Back Gepäcktasche (2er Set)	1	110,00 €	110,00 €	Amazon.de
Fahrradkette KMC	1	19,99 €	19,99 €	BikeComponents
Brooks Aged Sattel	1	89,99 €	89,99 €	BikeComponents
Ergon GP3 S Lenkergriffe	1	44,99 €	44,99 €	BikeComponents
Proofide Sattelfett	1	11,99 €	11,99 €	BikeComponents
Sattelüberzug Vaude	1	7,99 €	7,99 €	BikeComponents
Weber Kupplung E	1	32,16 €	32,16 €	Amazon.de
Schnellspanner (verlängert)	1	15,00 €	15,00 €	BikeComponents
Akku und E-Umrüstung:				
Samsung INR 18650 E Akkuzelle	70	2,85 €	199,50 €	Enerprof.de
4A 58,8V Ladegerät	1	70,00 €	70,00 €	Enerprof.de
Bafang BBSHD Umrüstkit ohne Akku	1	954,00 €	954,00 €	Fasterbikes.eu
Zubehör zum Akkubau (Box, Schrumpfschlauch, Kabel, Verbinder, Nickelstreifen etc.)	1	109,23 €	109,23 €	Banggood.com
Fahrgestell:				
Alusteck für Grundrahmen (20 x20x1,5mm Vierkantrohr und Verbinder)	1	131,00 €	131,00 €	Alusteck.de
Alu-Verkauf für Radaufnahme (4mm) und Blech (2mm)	1	32,19 €	32,19 €	Alu-verkauf.de
Weber Deichsel mit Kupplung	1	95,40 €	95,40 €	Weber-products.de
Winkel (20x40), 40stk	1	12,00 €	12,00 €	Bauhaus
Laufräder:				
Taylor Wheels Dynamic 4 20" Laufräder	2	31,90 €	63,80 €	Taylor_Wheels
Michelin AirStop 450A Schlauch (Auto)	2	3,50 €	7,00 €	BikeComponents
Schwalbe BigApple 20x2,0 (50-406)	2	17,50 €	35,00 €	BikeComponents
Auflaufbremse:				
Mechanischer Bremsattel	2	10,99 €	21,98 €	Amazon.de
Alu-Verkauf (30x20x2 Vierkantrohr + 20x20 Vierkantblock)	1	29,70 €	29,70 €	Alu-Verkauf.de
M6x30 Schrauben für Bremsattel	4	0,10 €	0,40 €	Bauhaus
Bremzug Set (2 Züge + 2 Hüllen)	1	6,99 €	6,99 €	Amazon.de
Kugellager 608ZZ, 20er Set	1	9,99 €	9,99 €	Amazon.de
Gasdruckfeder, 30N, 2er Set	1	8,99 €	8,99 €	Amazon.de
Gewindestange und diverse Muttern für Auflaufbremse	1	10,00 €	10,00 €	Bauhaus
3D-Druck Prototypenteile für Auflaufbremse	1	0,00 €	0,00 €	3d-aix.de
SM-RT26 160mm Bremscheiben	2	7,99 €	15,98 €	BikeComponents
Schalthebel Shimano Revoshift (Feststellbremse)	1	9,99 €	9,99 €	Amazon.de
Kabinenaufbau, Liegefläche und Dämmung:				
Alusteck für Kabinenaufbau (20 * 13,5x13,5x1,25 1,95m Vierkantrohr) + Schrauben mit Griff	1	183,00 €	183,00 €	Alusteck.de
Alusteck für Kabinenaufbau (4 * 13,5x13,5x1,25 1,95m Vierkantrohr)	1	54,00 €	54,00 €	Alusteck.de
Gummistreifen 100x1100x2 mm (Türdichtung)	1	3,75 €	3,75 €	Amazon.de
Briefkastenschloss (gleichschließend)	2	6,99 €	13,98 €	Amazon.de
Klavierband 20x400mm für Türscharnier	2	8,88 €	17,76 €	Amazon.de
Gasdruckdämpfer, Furnica, 100N, 2er Set für Tür	1	9,49 €	9,49 €	Amazon.de
Gasdruckdämpfer, Furnica, 60N, für Liefelfläche	6	1,63 €	9,78 €	Furnica.de
Oracal 631 Plotterfolie, 1m x 15m, hellgrau	1	91,45 €	91,45 €	Plotterinsel.de
Hohlkammerplatte, 2000x980x10 mm	1	27,25 €	27,25 €	Bauhaus
Hohlkammerplatte, 2000x980x4 mm	6	14,90 €	89,40 €	Bauhaus
Aluminium Winkelprofil 2500x20x1	6	4,90 €	29,40 €	Bauhaus
Aluminium Winkelprofil 2500x10x1	3	3,90 €	11,70 €	Bauhaus
Aluminium Winkelprofil 1000x40x2 (zur 13mm Winkelanfertigung)	1	9,56 €	9,56 €	Bauhaus
Aluminium Flachstange 20x1	2	2,40 €	4,80 €	Bauhaus
Unterlegscheiben für kleine Bohrschrauben, 100stk	1	7,30 €	7,30 €	Bauhaus
Unterlegscheiben für große Bohrschrauben, 100stk	1	9,65 €	9,65 €	Bauhaus
Scharnier für Staubboxen	6	1,20 €	7,20 €	Bauhaus
Styrodur für Dämmung, 0,5m * 1m * 13mm (15 Platten)	1	71,00 €	71,00 €	Sansys.de
Innenausbau, Fenster und Verkleidung:				
Filz, 1m x 0,9m x 1mm - Champagner	14	3,95 €	55,30 €	Stoffe.de
Bullauge 20,3cm	1	31,00 €	31,00 €	Amazon.de
Stecknadeln, schwarz	1	3,00 €	3,00 €	Amazon.de
Wollschnur, schwarz (Deko für Kanten)	1	7,00 €	7,00 €	Wolle Junghans Aachen

Beleuchtung und Elektronik:			
Rücklicht Büchel Edge 6-48V	2	9,95 €	19,90 € Amazon.de
Speichenreflektoren, 4er Set	1	1,92 €	1,92 € Amazon.de
Hella 8Ra Rückstrahler rot	2	3,98 €	7,96 € Amazon.de
Rückstrahler orange, 4er Set	1	5,44 €	5,44 € Amazon.de
Rückstrahler rot + weiß	2	2,44 €	4,88 € Amazon.de
48V 12V Wandler	1	22,00 €	22,00 € Amazon.de
Kabel (Lautsprecherkabel), 25m, 1,5mm ²	1	14,95 €	14,95 € Bauhaus
Kabel (Klingeldraht), 20m, 0,6mm ²	1	3,65 €	3,65 € Bauhaus
Kabel, RGB-LED 4 Leiter Kabel, 15m	1	12,00 €	12,00 € Amazon.de
KFZ-Sicherungskasten	1	10,00 €	10,00 € Amazon.de
CPU-Lüfter PWM, 120mm	2	5,00 €	10,00 € Amazon.de
Led-Lichterkette (Rotlicht)	1	6,99 €	6,99 € Amazon.de
LED-Deckenbeleuchtung (warm weiß)	1	16,00 €	16,00 € Amazon.de
USB+12V-Steckdose	1	15,80 €	15,80 € Amazon.de
PWM Regler (für Lüfter, 2er Pack)	1	6,90 €	6,90 € Amazon.de
Verbrauchsmaterial:			
Blindnieten 100stk 4mm	7	4,14 €	28,98 € Amazon.de
Blindnieten 70stk 5mm	1	5,55 €	5,55 € Amazon.de
Epoxid Harz 750g	1	14,47 €	14,47 € Amazon.de
Bausilikon, UV+ Witterungsbeständig, transparent, Kartusche	3	8,90 €	26,70 € Amazon.de
Sikaflex 552 Konstruktionskleber, Kartusche 300ml	2	19,79 €	39,58 € Amazon.de
Bohrschrauben, 200stk	1	9,95 €	9,95 € Amazon.de
Winkel 14mm, 50stk	2	8,00 €	16,00 € Amazon.de
Pinsel für Holzlack	1	2,00 €	2,00 € Bauhaus
Pattex Kleben statt Bohren - Alle Materialien	2	11,00 €	22,00 € Amazon.de
Sprühkleber Weicon ExtraStark 500ml	3	12,87 €	38,61 € Amazon.de
Werkzeug:			
Blindnietzange	1	34,48 €	34,48 € Amazon.de
Kweld Punktschweißgerät	1	209,72 €	209,72 € Keenlab.de
Körner und Anreißnadel	1	10,90 €	10,90 € Amazon.de
Metallsäge	1	9,26 €	9,26 € Bauhaus
Schraubstock klein	1	20,00 €	20,00 € Bauhaus
Ersatzbohrer (Set 2-8mm)	1	10,00 €	10,00 € Bauhaus
Crimpzange Set mit Quetschverbindern	1	33,99 €	33,99 € Amazon.de
90° Senker Set	1	29,95 €	29,95 € Amazon.de
Metallfeilen Set	1	23,99 €	23,99 € Amazon.de
Gripzangen Set	1	19,95 €	19,95 € Amazon.de
Kartuschenpresse HeavyDuty	1	32,00 €	32,00 € Amazon.de
Zubehör und Sonstiges:			
Thermometer Innen+Außen	1	9,83 €	9,83 € Amazon.de
Kohlenmonoxid Warner	1	10,00 €	10,00 € Lidl
Nicht aufgeführt u.a.:			
Holzlack, Campingkocher, Matratze, CPU-Kühlkörper, KFZ-Sicherungen, Campingstuhl, Campingtisch, Kippschalter			