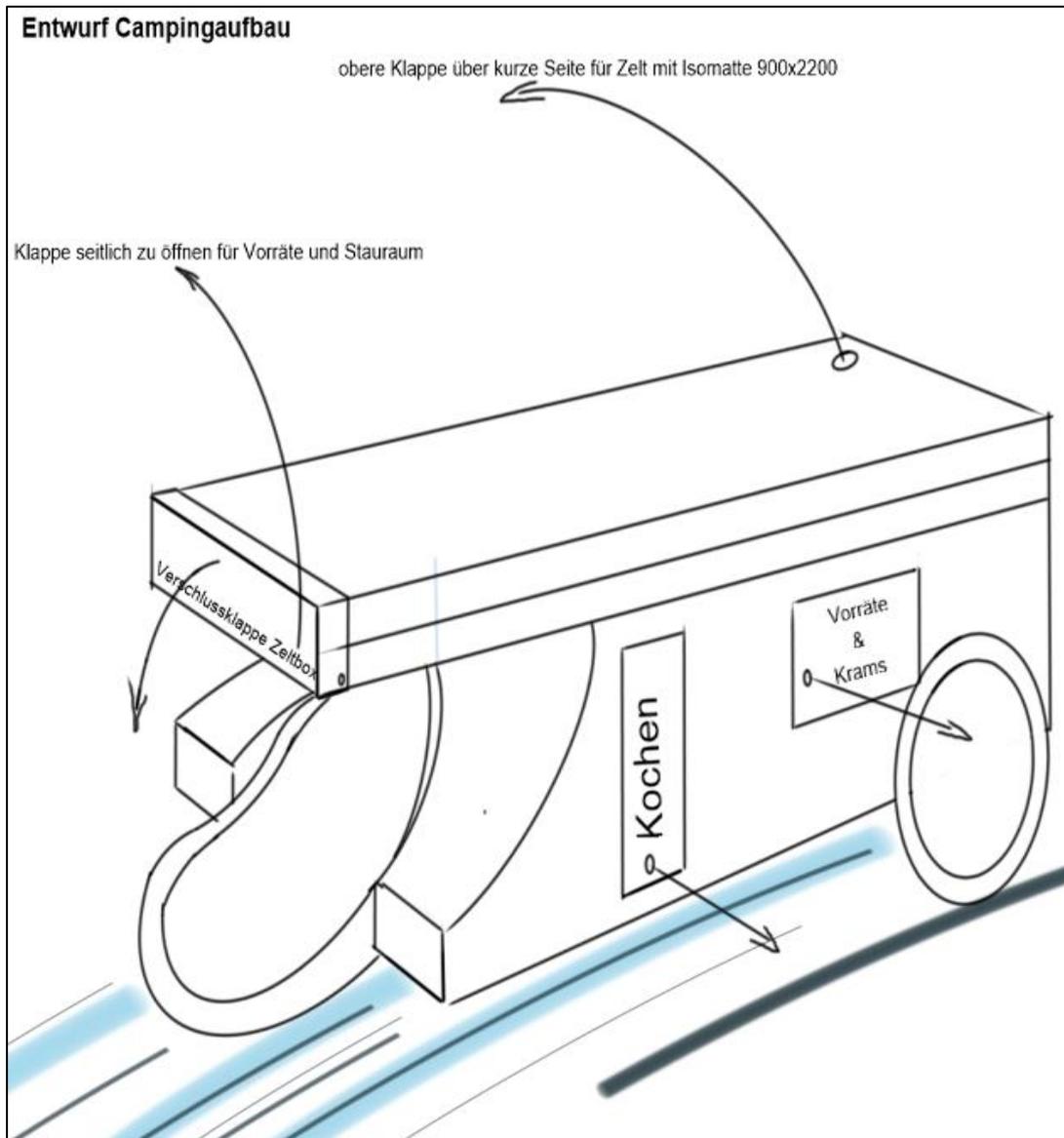


TRAVELTRIKE

Entspanntes Radreisen mit integrierter Camping- und Kochmöglichkeit



Kristian Heckel
Umschüler TPD 4. Lehrjahr

1 Motivations schreiben

Im Sommer 2017 habe ich nach 4 Jahren Selbständigkeit als Gas-/Wasserinstallateur aus gesundheitlichen Gründen eine Umschulung zum technischen Produktdesigner begonnen. Dabei habe ich mir als Projekt für diese Zeit die Konstruktion eines Liege-Lastenfahrrades mit Campingaufbau vorgenommen. Dieses Projekt ist inzwischen so weit fortgeschritten, dass ich mit Recherchearbeit allein kaum noch Fortschritte erziele. Daher suche ich einen erfahrenen Fahrradhersteller für die technische Beratung, um zum Mai 2020 einen fahrfertigen Prototypen fertig zu stellen. Ich habe dafür einen Etat von 6.000,- € eingeplant.

Ab diesem Zeitpunkt soll eine viermonatige Testfahrt erfolgen, bei dem in Zusammenarbeit mit der Fridays For Future Bewegung eine Radtourdemonstration durch Europa startet. Auf dieser Reise werde ich die „Kinderkrankheiten“ durch Umkonstruktion bearbeiten. Die Serienreife soll dann erfolgen und entweder durch ein begleitendes Unternehmen oder über einen Kickstarter ermöglicht werden.

Im Anschluss möchte ich mit diesem Projekt auf Anstellungssuche gehen und für die nächsten Jahre in der Fahrradkonstruktion arbeiten. Ich möchte damit zeigen, dass ich hochmotiviert und fähig bin, kreativ und leistungsfähig zu arbeiten.

Ich hoffe, mit dieser Kurzvorstellung meines Projekts Ihr Interesse geweckt zu haben und würde mich über die Einladung zu einem Vorstellungsgespräch sehr freuen.

2 Lastenheft

Im Folgenden werde ich die gewünschten Eigenschaften des TravelTrikes auflisten. Skizzen und Konstruktionsmodelle sind im Kapitel Durchführung:

Pflicht:

- 1) Reichweite ca. 50 - 75 km pro Tag (ca. 1500 Wh bei 48V oder vergleichbares)
- 2) Zuladung ca. 50 kg plus Fahrer
- 3) Integrierte Übernachtungsmöglichkeit
- 4) Integrierte Kochgelegenheit
- 5) Knicklenker für entspannte Fahrweise (Python-Prinzip)
- 6) Dreirädrig mit Kurbelantrieb VR, (E-Antrieb HR (1VR:2HR))
- 7) Unterstützender HR-Antrieb über Motor und Schaltung
- 8) Voll gefedert mit variabler Federungsübersetzung, um Material und Fahrer zu schonen
- 9) Schaltung mit großer Entfaltung (NuVinci)

- 10) Pedelec zuschaltbar (Steigung/Anfahren)
- 11) Liegerad für niedrigen Schwerpunkt
- 12) Verkehrssichere Beleuchtung incl. Blinker/Bremslicht
- 13) Rahmen an Fahrer anpassbar
- 14) Stabilisator um Wankneigung zu vermindern

Wunsch:

- 1) PV für Reichweitenerhöhung und Kleinverbraucher
- 2) Integrierter 30L Wassertank mit manueller Pumpe
- 3) Gesamtgewicht unter 200 kg
- 4) Wegfahrsperre
- 5) Nachhaltige Bauteile
- 6) Wenige Schweißverbindungen
- 7) Fertigstellung des Prototyps bis April 2020 unter 6000,-€ Gesamtkosten
- 8) Fahrbarkeit auf losem Untergrund (Sand, Kies)

3 Aufgabenanalyse

Für die im Lastenheft gestellten Anforderungen ist eine Neukonstruktion notwendig. Es müssen Lösungen gefunden werden, die im zeitlichen und finanziellen Rahmen zu fertigen sind. Da Überlegungen zu diesem Projekt schon lange bestehen, sind Einzellösungen vorhanden, die im Rahmen des Projektes zusammengeführt werden müssen. Der Initiator hat viele Lösungsmöglichkeiten konstruktiv durchprobiert und stellt den letzten Stand des Prototyps vor. Konstruktive Änderungsvorschläge können über Inventor 2017 umgesetzt werden. Für die Fertigstellung des Projekts wird ein erfahrener Fahrradhersteller gesucht, der mit technischer Beratung unterstützen kann.

4 Pflichtenheft

Pflicht

zu 1) Für die Auslegung des Akkus und der Auswahl des Motors sowie der Steuerung wird noch technische Beratung benötigt

zu 2) Um das willkürlich gewählte Fahrgewicht unter 200 kg zu halten, sollte das Nettogewicht des TravelTrikes 50 kg nicht überschreiten.

zu 3) Die Übernachtungsmöglichkeit soll durch eine aufklappbare Liegefläche von 1100mm x 900mm auf 2200mm x 900mm gelöst werden, wobei ein integriertes Zelt mit Fiberglasbögen aufgestellt und mit Abspannmöglichkeit gesichert wird.

zu 4) Ein 2-Flammen-Gaskochfeld soll seitlich in eine senkrechte Schublade integriert sein, die über Kartuschen betrieben wird. Eine Arbeitsfläche soll im Arbeitsbereich ebenfalls in einer senkrechten Schublade aufklappbar integriert werden und Stauraum für Koch- und Essgeschirr beinhalten.

zu 5) Die Lenkung soll nach dem PythonPrinzip umgesetzt werden, um eine Eigenstabilisierung zu gewährleisten und eine Lenkung mit den Beinen zu ermöglichen. Da die Lenkung gewichtsabhängig ist, wird eine Einstellmöglichkeit benötigt.

zu 6) Der Antrieb über VR mit Nabenschaltung (NuVinci) gewährleistet kurze Antriebswege und gleichbleibende Tretfrequenz.

zu 7) Der unterstützend zuschaltbare HR-Antrieb ist bisher noch nicht festgelegt. Der Antrieb über Kettentrieb oder Wellen/Gleichlaufgelenke steht zur Wahl. (technische Beratung erwünscht)

zu 8) Verstellbare Ansatzpunkte für die Federung gewährleisten eine Einstellung nach Last und/oder Komfort.

zu 9) Um mit hoher Last Steigungen zu bewältigen wird eine breite Entfaltung benötigt. Bisher liegt die Wahl auf der NuVinci, da damit eine gleichbleibende Tretfrequenz und eine einfache Kettenführung möglich ist. (technische Beratung erwünscht)

zu 10) Um die Steuerung der Motorunterstützung einfach zu halten, ist eine manuelle Schaltbarkeit des angestrebten Unterstützungsgrades vorgesehen.

zu 11) Der Rahmen wird für eine niedrige Sitzposition gestuft gestaltet.

zu 12) Wegen fehlender Rundumsicht wird eine Fahrtrichtungs- und Bremsanzeige benötigt. Der Markt bietet eine breite Palette.

zu 13) Die Anpassung an den Fahrer wird zum einen durch am Markt vorhandene Sitzschalen mit anpassbarer Befestigung gelöst. Zum anderen wird die Anpassung für die Beinlänge über ein verschiebbares Rohr im vorderen Rahmen gelöst, welches über eine Klemmvorrichtung eingestellt werden kann.

zu 14) Durch die Einzelradfederung und die Mehrspurigkeit ergibt sich eine Neigung zum Wanken bei quer zur Fahrtrichtung auftretenden Kräften. Zudem soll bei Nutzung des

Dachzeltes keine übermäßige Wankbewegung stören. Durch eine Stabilisatorfeder sollen diese Kräfte ausgeglichen werden. Ein rechtwinklig gebogener Stahl, der im Drehpunkt der HR-Schwingen wirkt, und dessen Hebelenden in variablem Abstand an der HR-Schwinge ansetzen, gewährt eine justierbare Anpassung an Zuladung und Komfort.

Wunsch:

zu 1) Das eingeklappte Zelt bietet mit einer Fläche von 1100mm x 900mm eine Fläche von ca. 1m² für Photovoltaik, die nach Internetrecherche für ca. 100 Wp ausreicht, so dass während der Fahrt und bei Ruhepausen eine Aufladung des Akkus erfolgt.

zu 2) Am Markt erhältliche Wassertanks mit mehreren Anschlüssen erlauben über z.B. eine Balgpumpe eine Wasserentnahme in bequemer Arbeitshöhe.

zu 3) Das variable Lenkkopflager wird über mit Schrauben verbundenen Scheiben gelöst, die eine 360°-Verstellung ermöglicht.

zu 4) Der bisherige Konstruktionsstand erlaubt noch keine Gewichtsoptimierung. Wenn alle Komponenten festgelegt sind, erfolgt über Berechnungen eine Festigkeitsauslegung und darüber eine Gewichtsoptimierung über Dimensions- und Materialwahl. Für den Prototyp gilt aber: Sicherheit vor Gewicht!

zu 5) Eine Wegfahrsperrung kann über ein handelsübliches Schloss gelöst werden. Um jedoch das dafür benötigte Gewicht einzusparen, ist eine integrierte Lösung anzustreben, z.B. über eine Blockierung der Räder. Eine zusätzliche GPS-Ortung zur Wiederauffindung wäre eine optimale Ergänzung.

zu 6) Bei der Auswahl der Bauteile soll auf Langlebigkeit und Reparaturfreundlichkeit geachtet werden.

zu 7) Um die Schwingfestigkeit zu maximieren sollen Bauteile möglichst durch Kaltumformung und Lötverbindungen gefertigt/gefügt werden.

zu 8) Ab Mai 2020 ist eine Testfahrt auf einer Strecke von 4000 km über 4 Monate geplant, auf der Schwächen konstruktiv geändert werden können, um ein überarbeitetes Serienmodell zu erstellen.

5 Durchführung

Im Folgenden werden die Ideen skizzenhaft oder auch konstruiert dargestellt und ausführlich beschrieben.

5.1 Die Übernachtungsmöglichkeit

Der Aufbau des Reiserades ist mehrteilig klappbar und enthält in der obersten Klappe einen Stauraum für Zelt, Schlafsack und Isomatte. Beim Aufklappen entsteht eine Liegefläche von 2200x900, das verstaute Zelt wird über drei aufstellbare Rundbögen aus Fiberglas aufgerichtet und mit Spannbändern gesichert. Das Zelt muss mit dem Stauraum verbunden sein, z.B. über Druckknöpfe, Reißverschluss oder ähnliches. Eine kostengünstige Lösung wird mit einem Zeltnäher besprochen. Wasserdichtigkeit zum Aufbau hin kann mit überlappenden Zeltstoffbahnen über den Rand des Stauraums erreicht werden. Die Standfestigkeit wird über zwei verschraubbare Teleskopstangen hergestellt (wie z.B. bei Besenstielen).

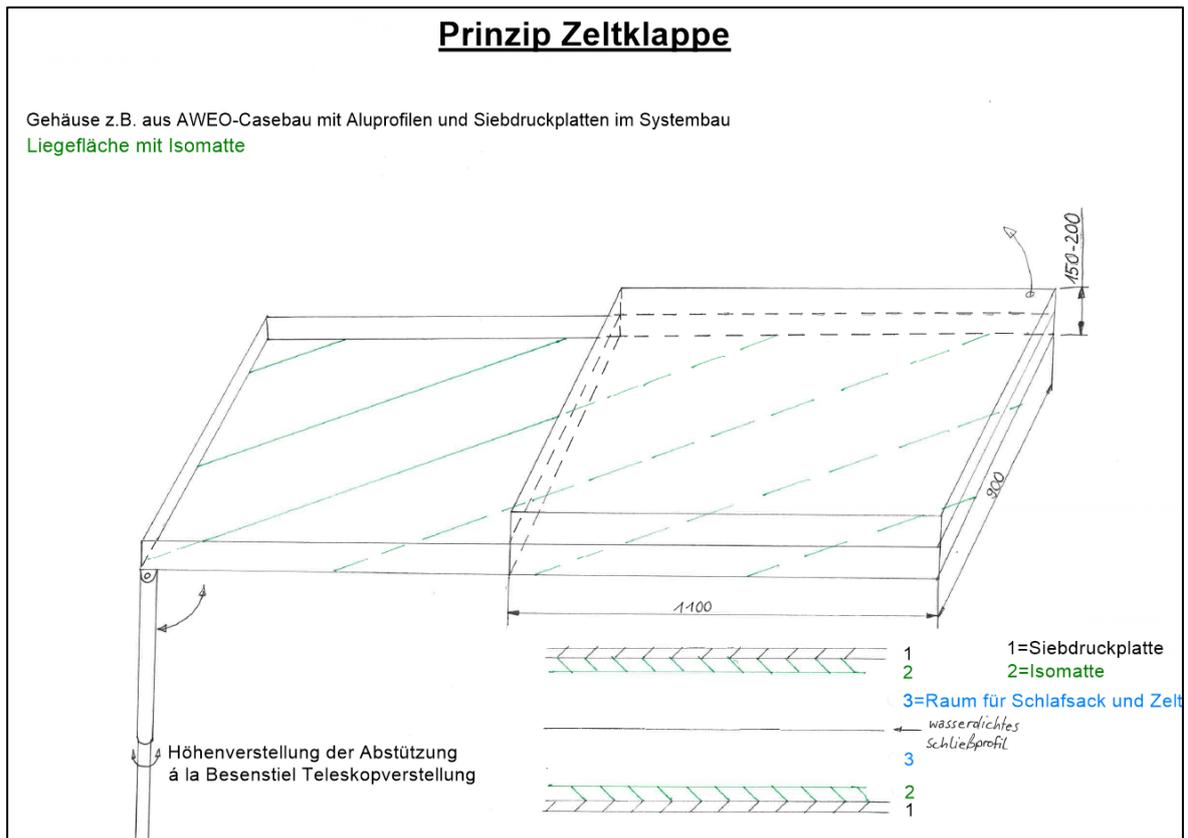


Abbildung 1 Zeltklappe auf dem Aufbau

Die Gestaltung des Zelts wird ebenfalls in Zusammenarbeit mit dem Zeltnäher festgelegt (z.B. Gisela Furmanek, Lohberger Str. 40, 21255 Tostedt, Tel. 04182 8843).

5.2 Kochgelegenheit

Für die Kochgelegenheit soll ein 2-Flammen-Gaskocher in einer Schublade verbaut werden, der aus Platzgründen heruntergeklappt verstaut ist. Die Gasversorgung wird über Gaskartuschen hergestellt. Die Führung und Sicherung der Schublade wird mit einem befreundeten Tischler erstellt. Die Wasserdichtheit wird über Gummidichtungen sichergestellt.

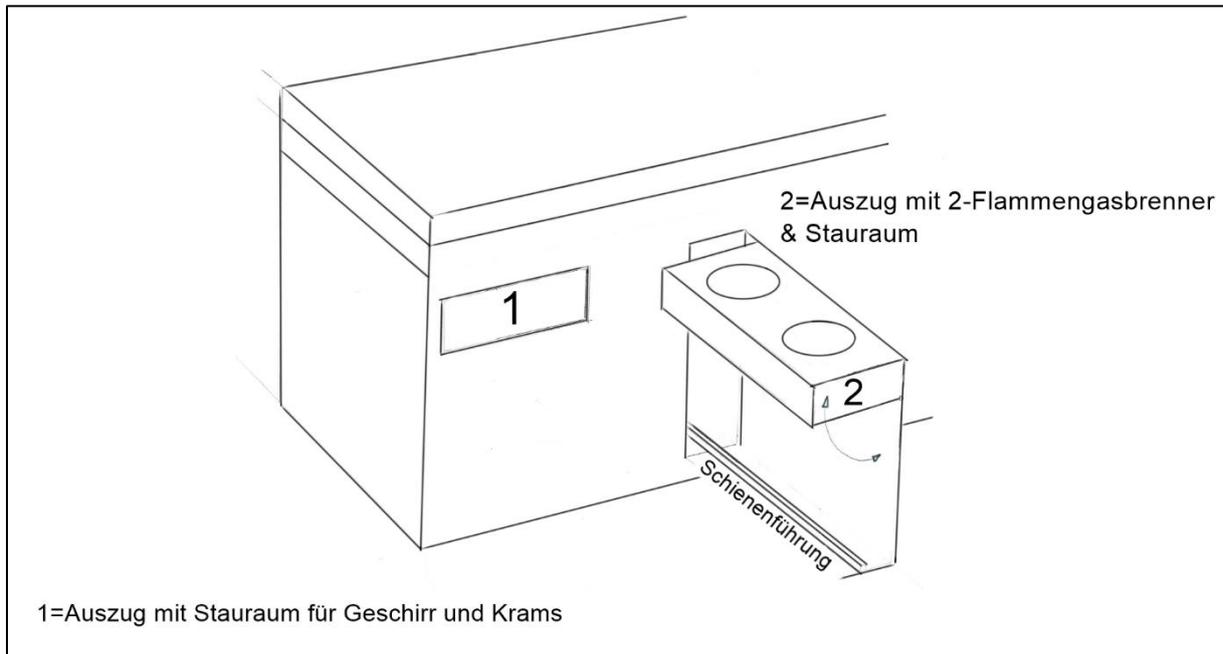


Abbildung 2 Kochgelegenheit

5.3 Rahmen

Der Rahmen soll aus Vierkantrohr 20x40x1(x1,5?) X10CrNi18-8 kalt geformt werden, um Schweißverbindungen zu vermeiden und die Schwingfestigkeit zu erhöhen. Das Material hat folgende günstige Eigenschaften: sehr gute Schweißbarkeit, gute Schmiedbarkeit, gute Korrosionsbeständigkeit, gute mechanische Eigenschaften, gute Polierbarkeit, mittlere Zerspanbarkeit. Die Biegeradien der Hochkantumformung sollen 200mm, die des flachen Profils 100mm betragen. Die Umformung soll nach Art eines „Amerikanischen Bogens“ durchgeführt werden. (z.B. durch Gelber Bieger, Mittelbachweg 3, 66687 Wadern)

Die Profilenden sollen vorn mittig mit einem Abstand von 6mm zusammenlaufen, um die Lenkkopflageraufnahme montieren zu können. Der Rahmen wird zur Sitzposition

abwärtsgestuft gestaltet, um eine möglichst niedrige Sitzposition zu ermöglichen, die den Schwerpunkt günstig beeinflusst, sowie den Platz für die Kochschublade bereit hält.

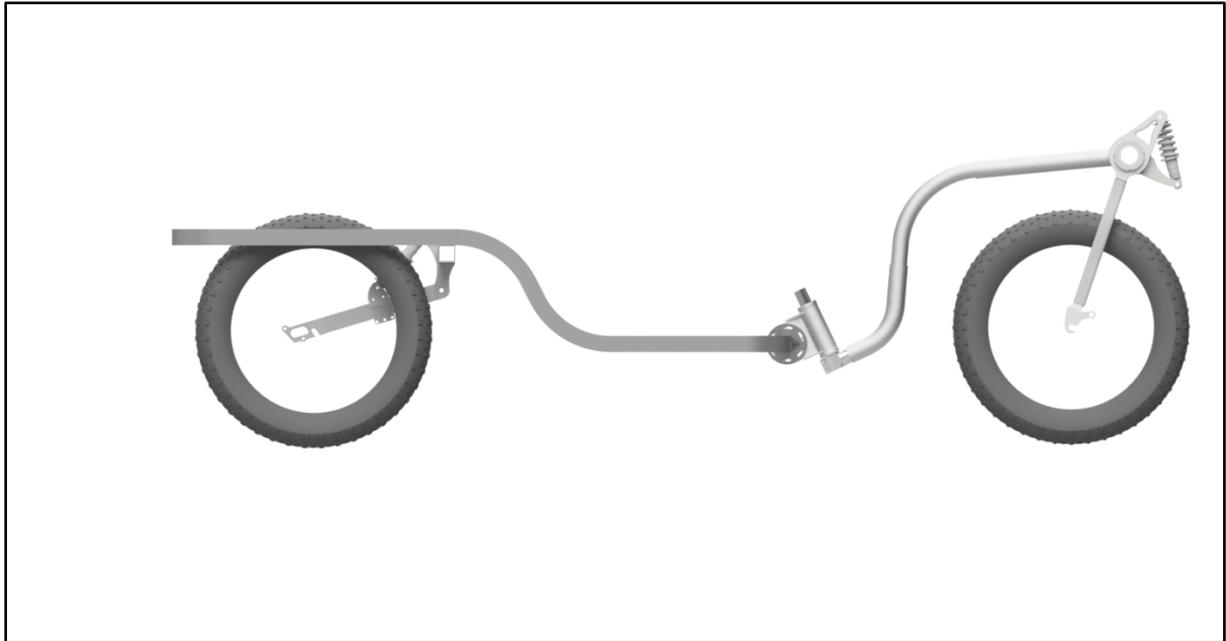


Abbildung 3 Gesamtansicht von rechts

5.4 Die Lenkung

Um eine entspannte Fahrweise zu ermöglichen, soll die Lenkung als Knicklenker nach dem PythonPrinzip gestaltet werden. (<https://www.youtube.com/watch?v=SMjJTWjRNug>) Dies ermöglicht freihändiges Fahren und wird dadurch stabilisiert, dass bei Steuerbewegung das Fahrrad leicht angehoben wird, wodurch bei Nachlassen der Lenkkräfte die Schwerkraft den Vorbau wieder in Geradeausstellung zwingt. Da dies die Lenkkraft kritisch durch das Gewicht auf dem Lenkkopflager (LKL) beeinflusst, ist das LKL in seiner Neigung einstellbar gestaltet.

Die Anordnung der beiden mit dem Rahmen verlöteten äußeren Stahlscheiben und der inneren mit dem LKL verschweißten Aluminiumscheibe erlaubt über den Langlochkreis eine stufenlose Einstellung. Die 6 Schrauben M6 stellen eine kraftschlüssige Verbindung her. Verwindung durch Lenkkräfte werden über die Stützbleche minimiert.

Die mittlere Scheibe wird mit dem Headtube verschweißt und über die beiden äußeren Stützbleche versteift.

Die sich ändernde Höhe bei Verstellung des LKL-Winkels kann durch Verschiebbarkeit im Vorbau ausgeglichen werden.

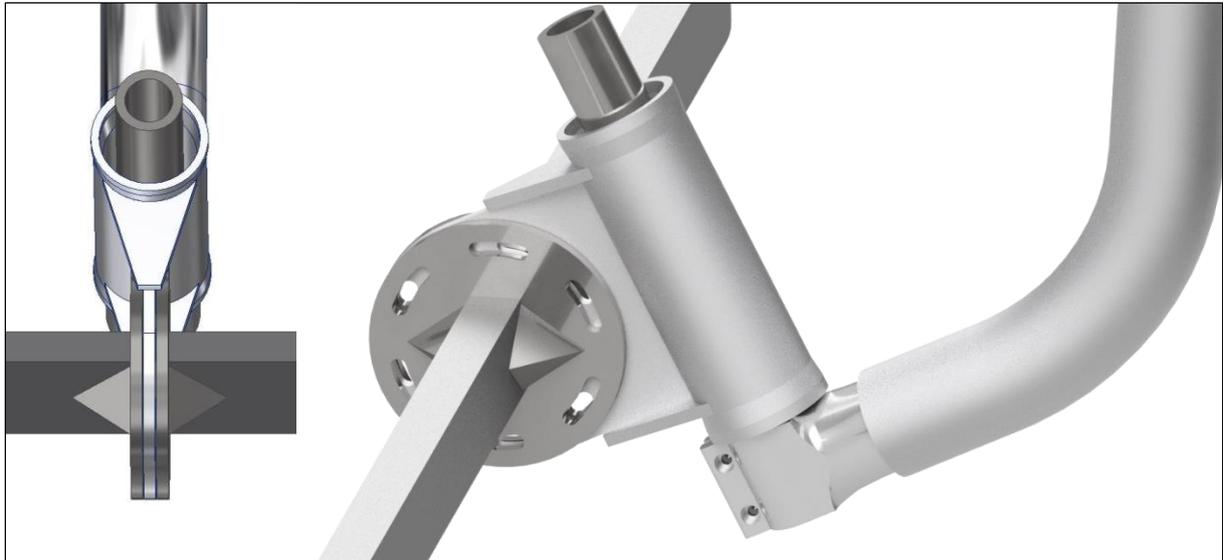


Abbildung 4 justierbares Lenkkopflager

5.5 Antrieb Vorderrad

Durch die Positionierung des Tretlagergehäuses im Drehpunkt der Schwinge, sowie der Wahl einer Nabenschaltung (NuVinci?) kann mit einer einzigen Kettenlinie (Riemen?) gearbeitet werden. NuVinci Harmony ist trotz des schlechteren Wirkungsgrades wegen der Möglichkeit der kontinuierlich einstellbaren Tretfrequenz bisher bevorzugt.

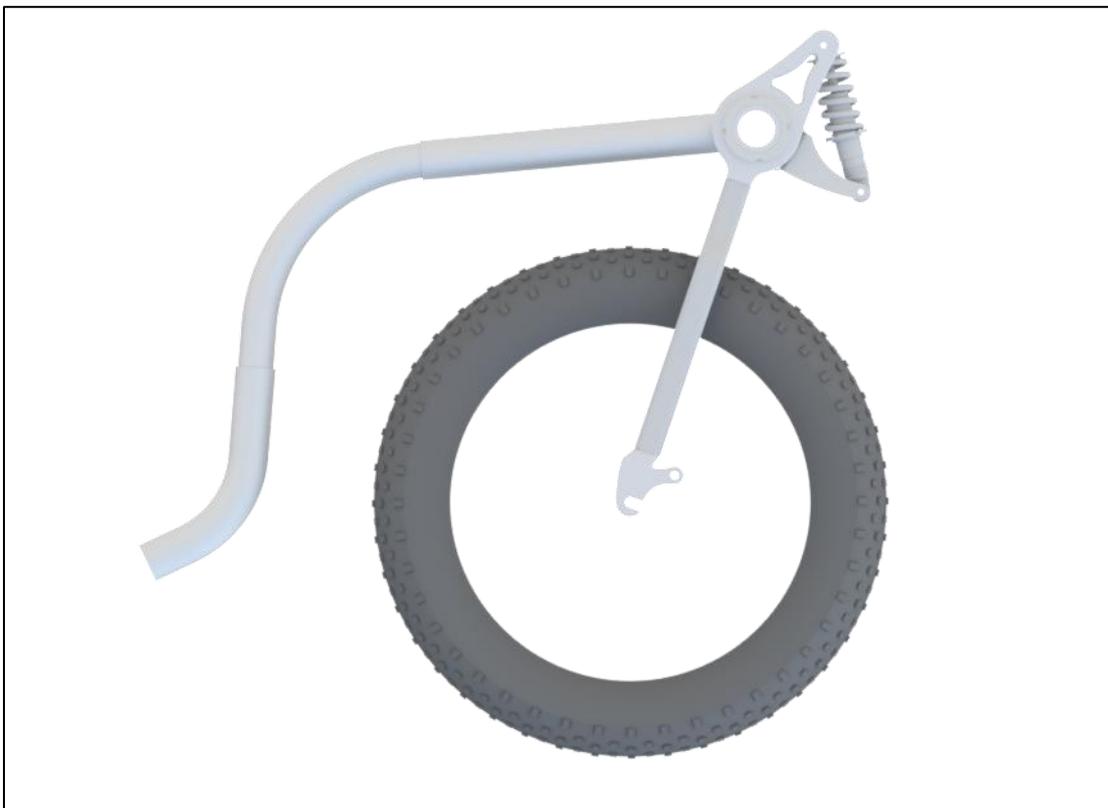


Abbildung 5 Schwinge VR

5.6 Federung Vorderrad

Die Lageraufnahme für das Schwingenlager (Lager 32911 SKF) aus einer Aluminiumlegierung (AlMg3Mn) wird gefräst und so gestaltet, dass eine Aufnahme für das Federbein besteht. Dieses stützt sich an mit dem Tretlagergehäuse verbundenen Blechbiegeteilen ab.



Abbildung 6 Federung VR

5.6.1 Detail Federaufnahme

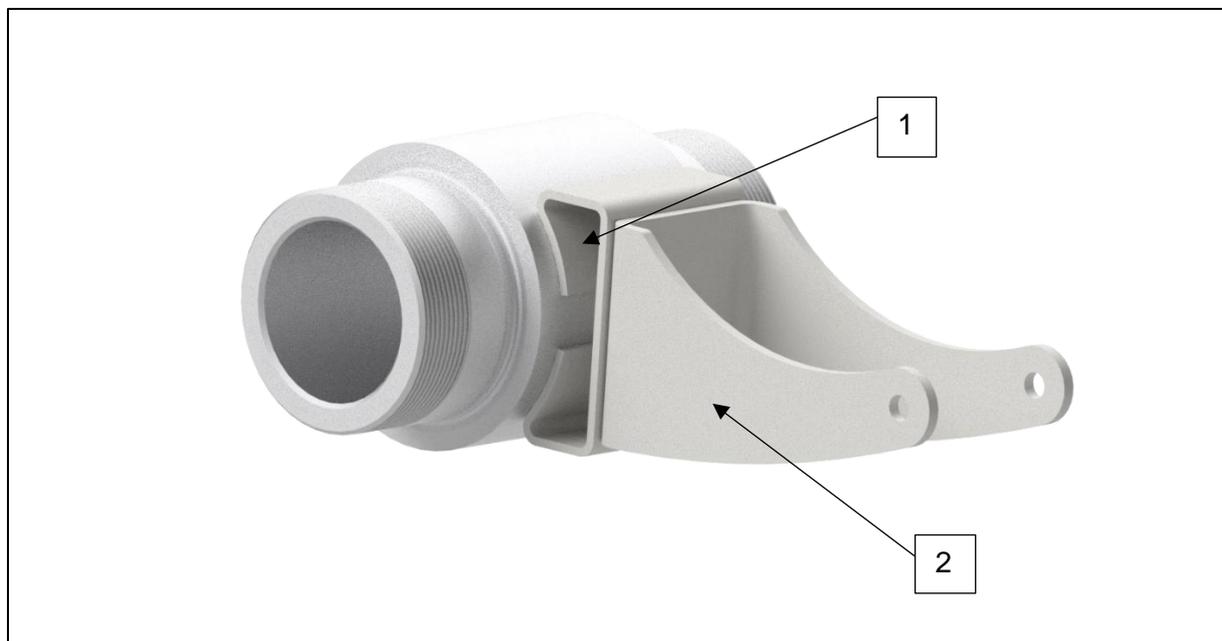


Abbildung 7 Detail Federaufnahme

Die Federaufnahme besteht aus drei Teilen, der beweglichen Schwingenlageraufnahme und zwei Teilen für die feststehende Kraftaufnahme. Um eine Einstellbarkeit ohne Federwechsel zu gewährleisten, wird eine Schraubverbindung zwischen Tretlagergehäuse und Biegeteil 1

vorgesehen. Biegeteil 1 wird dafür mit Langlöchern versehen. Biegeteil 2 wird mit Biegeteil 1 verlötet. Die Zugänglichkeit zu den Befestigungsschrauben wird über Bohrungen gewährleistet.

5.7 Antrieb Hinterrad

Da ein alleiniger Antrieb am Vorderrad bei Steigungen und nicht festem Untergrund versagen würde, ist ein unterstützender Motor am Hinterrad obligatorisch. Die Zuschaltung sollte, um das System einfach zu halten, vom Fahrer manuell regelbar sein. Die wegen der HR-Federung bewegliche Kraftübertragung ist nicht abschließend gelöst, tendiert jedoch zu einem Mittelmotor mit zwei Alternativen:

5.7.1 Kettenantrieb entlang der HR-Schwingen

Der Motor wird mittig zwischen die Lager der HR-Schwinge positioniert und überträgt über eine Welle auf ein Ritzel mit Drehpunkt im HR-Schwingenlager. Von dort wird mit Kette die Kraft auf die HR gebracht. Ein Differentialeffekt wird über beidseitigen Freilauf in der HR-Nabe erreicht. Zur Anpassung der Übersetzung wird ein Schaltgetriebe benötigt. Nach Recherche scheint eine Kombination aus Bosch plus NuVinci Harmony ideal, da ein Automatikbetrieb möglich scheint. Durch die einstellbare Trittfrequenz, vom Motor geleistet, scheint ein sehr schonender Betrieb des Motors möglich.

5.7.2 Wellenantrieb und Aufteilung über Differential und homokinetische Gelenke

Bei diesem Konzept wird ebenfalls ein Mittelmotor mit Kraftübertragung per Welle verwendet. Dabei wird aber die Kraft auf ein Differential mittig zwischen den HR geleitet. Von dort wird dann mit homokinetischen Gelenken die Kraft auf die HR-Nabe übertragen. Bisher scheitert dies Lösung an der Verfügbarkeit eines passenden Gleichlaufgelenks. Eine Fertigung desselben würde die Kosten immens ansteigen lassen. Eine einfache erprobte Lösung ist auf <https://www.youtube.com/watch?v=CvD5FDCOZIE> zu sehen. Dennoch werden viele Drehteile benötigt. Auch bei dieser Lösung ist eine Schaltung nach obigem Vorschlag zu integrieren.

Für die Lösungen 4.7.1 und 4.7.2 wird auf jeden Fall technische Beratung benötigt.

5.8 Verstellbare Hinterradfederung

Da das auf den HR lastende Gewicht je nach Zuladung stark schwanken kann, ist eine Anpassung der Federung über eine verschiebbare Lagerung vorgesehen, die das Übersetzungsverhältnis verändert.

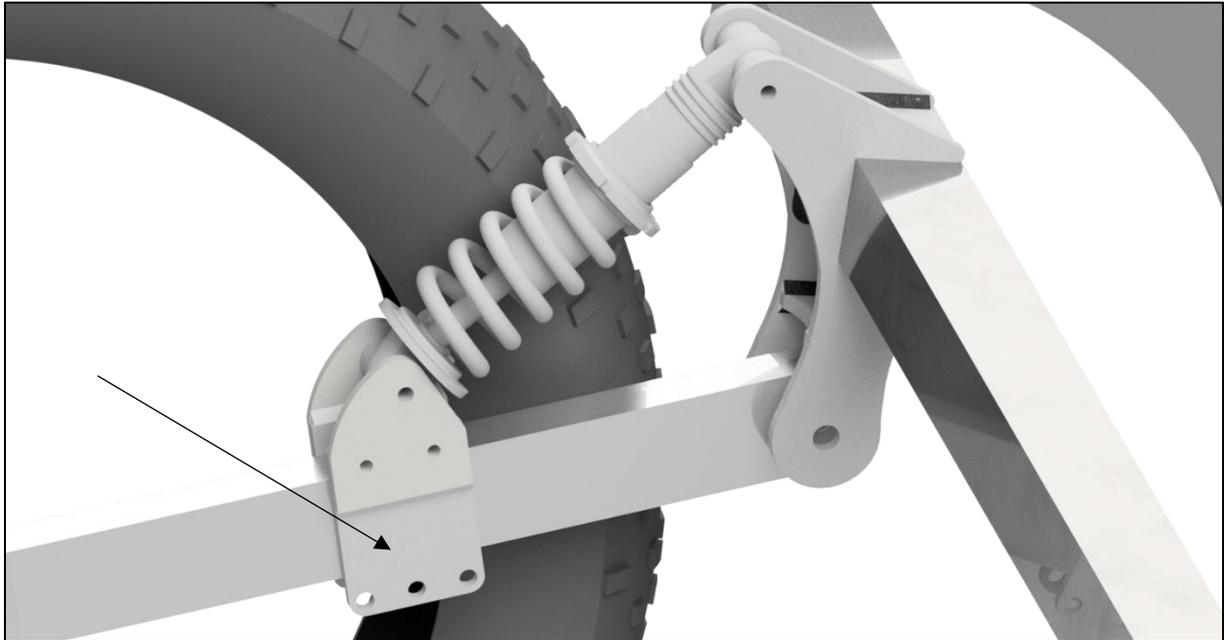


Abbildung 8 verschiebbare Hinterradfederung

Durch Lösen der Klemmbacken ist eine einfache Anpassung möglich. Das fixe Federungslager wird an der Quertraverse aus Stahl angelötet und ist als Stahlschweißkonstruktion konstruiert. Die Lagerung der Schwinge ist mit Gleitlager und Passschraube gedacht.

5.9 Wahl der Schaltung

Um den Pflegebedarf der Antriebe zu minimieren, tendiere ich zu Nabenschaltungen, die auch eine einfache Kettenführung erlauben. Die erforderliche Spannmöglichkeit lässt sich in die zu fertigen Ausfallenden konstruieren, bzw. über Kettenspanner lösen. Die NuVinci Harmony wird aus dem schon zuvor genannten Grund der kontinuierlichen Tretfrequenz bevorzugt. Da jedoch der Antrieb noch Diskussionsbedarf hat, wäre auch eine Alternative möglich.

5.10 Steuerung der Pedelecunterstützung

Die manuelle Regelung scheint die zu bevorzugende Lösung zu sein, da zusätzliche Sensoren für eine automatische Steuerung mit ihrem Aufwand an Planung und Testung den zeitlichen und finanziellen Rahmen sprengen würden. Eine Positionierung in Griffnähe der Lenkung wäre ideal.

5.11 Sitzposition

Um den Schwerpunkt niedrig zu halten, ist die Sitzposition niedrig gewählt. Dafür wurde der Rahmen gestuft konstruiert. Auf dem Markt gibt es ausgereifte Lösungen, die sowohl bequem als auch justierbar sind. Der Aufbau mit seiner geschlossenen Zeltklappe soll für ein gewisses Maß an Schatten und Regenschutz sorgen. Auch dafür ist eine niedrige Sitzposition notwendig.

5.12 Beleuchtung

Durch den fehlenden Rundumblick ist eine Beleuchtungsanlage mit Bremslicht und Fahrtrichtungsanzeige notwendig, die im Aufbau integriert werden soll; Steuerung über Schalter im Griffbereich des Lenkers.

5.13 Fahrer*in Anpassung

Über eine Teleskopstrecke im Vorbau ist eine Anpassung an die Größe der Fahrer*in möglich.

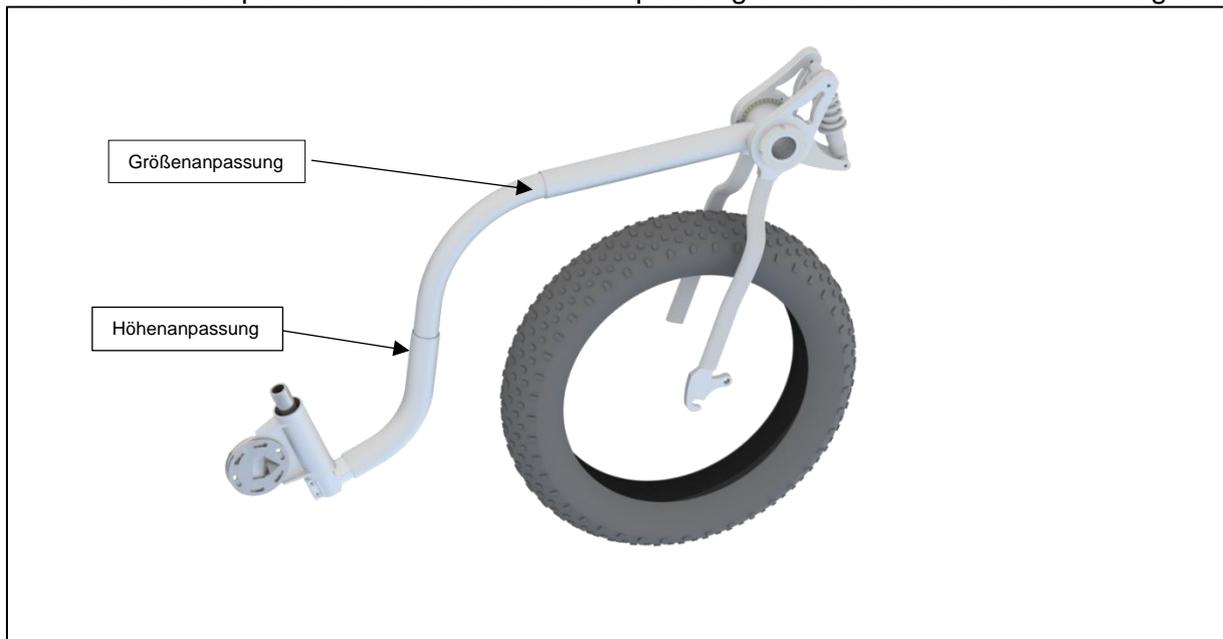


Abbildung 9 Detail Vorbau

Die Höhenanpassung wird bei Verstellung des Lenkkopflagerwinkels benötigt.

5.14 Photovoltaik

Da auf der Zeltklappe eine Fläche von ca. 900x1100 mm zur Verfügung steht, wäre die Einrichtung einer PV-Anlage wünschenswert, um die Reichweite zu erhöhen und den Verbrauch von Licht und Kommunikation auszugleichen. Ob das im finanziellen Rahmen machbar ist, wird sich zum Ende der Konstruktion herausstellen.

5.15 Integrierter Wassertank 30L

Für Koch- und Waschwasser wäre am Boden des Aufbaus ein 30L Wassertank wünschenswert. Es gibt ein breites Angebot für Wohnmobile. Es ist darauf zu achten, dass der Tank eine Reinigungsöffnung und mehrere Anschlüsse hat, damit Wasser leicht nachgefüllt werden kann und über eine Balgpumpe ein Überdruck erzeugt werden kann. Darüber soll eine bequeme Entnahme im Bereich der Kochgelegenheit ermöglicht werden.

5.16 Gesamtgewicht kleiner 200 kg

Nach Festlegung aller Komponenten soll das Gewicht auf mindestens 200 kg reduziert werden, um eine ausreichende Sicherheit und Fahrbarkeit zu gewährleisten. Dabei ist das gesamte Bruttogewicht incl. Fahrer zu berücksichtigen.

5.17 Wegfahrsperre

Eine integrierte Diebstahlerschwernis muss noch festgelegt werden.

5.18 Nachhaltigkeit

Bei der Auswahl der Werkstoffe und Bauteile soll auf Reparaturfreundlichkeit, Recyclingfähigkeit und Haltbarkeit geachtet werden, um den Erfordernissen der Nachhaltigkeit zu entsprechen.

5.19 Wenige Schweißverbindungen

Um die Schwingfestigkeit zu maximieren, sollen Bauteile möglichst durch Kaltumformung und Lötverbindungen gefertigt und verbunden werden. Lösbare Verbindungen sind, wenn sinnvoll, zu bevorzugen.

5.20 Fahrbarkeit auf losem Untergrund

Um diese Anforderung zu erfüllen, würden für die Bereifung Fatbike-Reifen (4"+) gewählt, die durch ihre große Aufstandsfläche ein Einsinken vermindern. Die Anforderungen an die VR-Schwinge wurden berücksichtigt. Es ist zu überlegen, für Reifenpannen einen Minikompressor zu integrieren, der evtl. zusammen mit dem Wasserspeicher einen Luftvorrat zum Befüllen platter Reifen bereithält, bzw. für die Anpassung an die Untergrundverhältnisse.