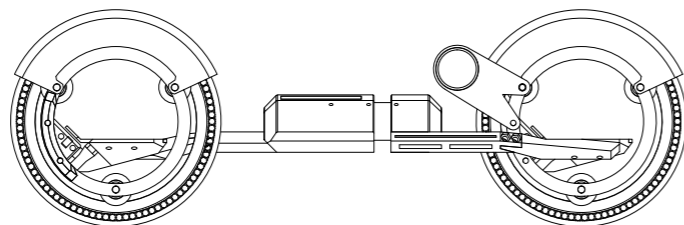




ORBSKATE



# ORBSKATE

Entwicklung eines Transportgeräts für den  
urbanen Raum mit elektrischem Antrieb

**Bachelorarbeit | Thesis**

Kai Kirstaedter  
Fachhochschule Potsdam  
Produktdesign  
Winter 2019|2020

# INHALT

---

Abstract	07
Inspiration	08
Einschränkung- eKFV	10
Konkurrenzanalyse	12
Fahrweisencheck	18
Radstand- Stabiles Fahren	20
Nachlauf- Spurhaltung	22
Manövrieren	24
Radform	26
Radaufhängung- Felgenlager	28
Lenkmechanismus- Lenklager	29
Reifenaufbau	30
Parameter	31
Entwurf	32
Konklusion	62
Galerie	64
Impressum	70
Eidesstattliche Erklärung	71

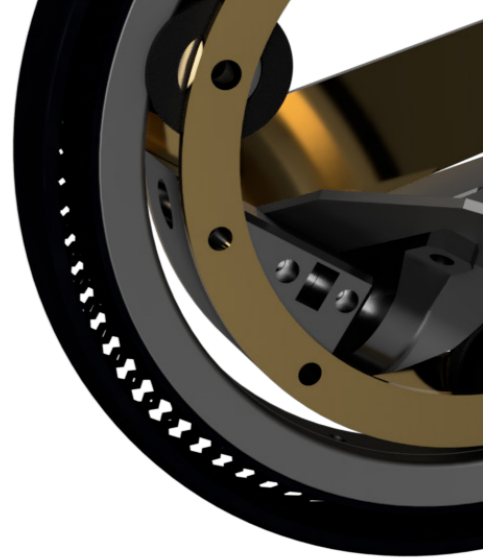
## ABSTRACT

---

Im Fokus dieses Projekts steht die Entwicklung eines Personen-Transportgeräts, das sich vor allem in Städten mit der vorhandenen Infrastruktur eines öffentlichen Nahverkehrs verknüpfen lässt. Mit diesem Entwurf wird die momentane Trendrichtung des Individualverkehrs mittels Elektrokleinstfahrzeugen aufgenommen und ein Produkt entwickelt, welches sich formästhetisch von den herkömmlichen Ausführungen abhebt und die Zukunftsorientiertheit des E-Antriebs, sowie sein urbanes Umfeld widerspiegelt. Absicht des Geräts ist es, vor allem die Effizienz von Fußwegen zwischen den Ziel- und Startpunkten und den öffentlichen Verkehrsmitteln zu erhöhen.

Dabei soll durch den Austausch des Fußwegs mit einer schnelleren Fortbewegungsart Zeitersparnis geschaffen werden. Die Nutzung in der Freizeit zum Vergnügen bietet zudem einen positiven Nebeneffekt. Eine Recherche über existierende Produkte am Markt wird Teil der Bachelorarbeit sein. Sie befasst sich sowohl mit der Analyse über typische Verhaltensmuster, als auch mit der Fragestellung, was die sogenannte "last mile" überhaupt ist.

Im Rahmen der Fertigung eines Prototypen wird sich auch mit der technischen Seite der elektrischen Fortbewegung beschäftigt.



Wie es zu diesem Thema kam

Ich fahre viel und gerne mit dem Fahrrad. Meistens benutze ich dieses allerdings als Transport- und nicht als Freizeitgerät. Im Fokus liegt, die Strecken möglichst schnell zu überbrücken. Um diesen Prozess weiter zu optimieren kombiniere ich das Fahrradfahren mit den öffentlichen Verkehrsmitteln. Dabei muss ich mich allerdings einschränken, da z.B. in Bussen keine Fahrräder gestattet sind. In den Bahnen hat man ebenfalls nur beschränkt Platz und gerade in den Stoßzeiten fällt ein Fahrrad eher störend auf.

Die Problematik

Auf das Fahrrad zu verzichten garantiert einen zeitlich längeren Fahrtweg und teils größere Umwege. Die Stationen öffentlicher Verkehrsmittel sind in Städten zwar nah aneinander gestaffelt, verhindern jedoch nicht, dass die Fußwege von und zu ihnen fast die Hälfte der gesamten Wegzeit in Anspruch nehmen.

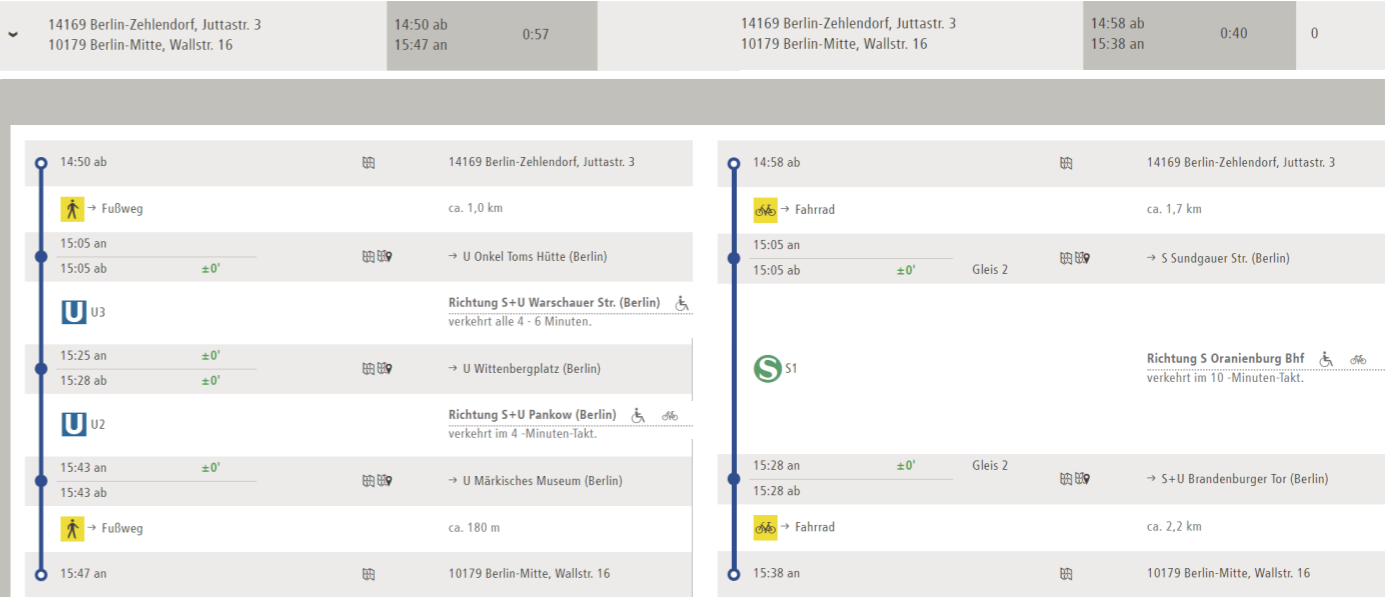
An dieser Stelle möchte ich mit meiner Abschlussarbeit ansetzen und ein Produkt entwerfen, das sich als Zubringer in den Öffentlichen Nahverkehr integrieren lässt.

Die vorhandene Infrastruktur auszunutzen und um eine weitere Komponente zu erweitern macht das Bewegen durch die Stadt effizienter. Das System auf diese Weise zu erweitern ist um einiges einfacher als das gesamte System

neu aufzubauen. Es gilt, die positiven Eigenschaften des Fahrrads in einem Fahrzeug zu komprimieren, welches klein genug ist, um in allen öffentlichen Verkehrsmitteln einen Platz zu finden. Das Gerät sollte einen elektrischen Antrieb besitzen, damit der Fahrer sowohl schnell, als auch komfortabel, von A nach B kommt. Mit der Montage von einem Elektromotor und einem Akku steigt das Gewicht. Dieses sollte möglichst gering gehalten werden, da das Fahrzeug an Treppen oder ähnlichen Hindernissen getragen werden muss.

Intention

Ein solches Fahrzeug könnte zudem nicht nur für die reine Überbrückung von Strecken dienen, sondern ebenfalls als Freizeit und Entertainmentgerät fungieren. Von Anfang an war mir wichtig, dass das Fahrzeug das Gefühl vom Surfen auf dem Asphalt vermittelt. Viele Menschen haben inzwischen Spaß und Vergnügen an dieser Art der Bewegung. Die ursprüngliche Idee des Skateboards hatte einen ganz ähnlichen Ansatz und konnte schon sichtlichen Erfolg aufweisen. Den “Asphaltboards” eine neue Interpretation zu verpassen, ist ebenso wichtig für dieses Projekt, wie ein neues Personentransportgerät zu entwickeln.



Arbeitsweg zu Fuß und mit der U-Bahn:  
Laufzeit: 19 min  
Fahrzeit: 35 min  
Anbindung könnte verpasst werden

Arbeitsweg mit Fahrrad kombiniert und S-Bahn:  
Zeit auf dem Fahrrad: 17 min  
Insgesamte Zeitersparnis ca. 20 min  
Abhängig von nur einer Bahn

Quelle: Grafiken von BVG.de

# EINSCHRÄNKUNG

Verordnung - Fluch und Segen



Geht man davon aus, dass der Entwurf des Fahrzeugs tatsächlich Marktreife erlangen soll, so muss man sich natürlich auch mit den rechtlichen bzw. gesetzlichen Einschränkungen und Gegebenheiten auseinandersetzen.

## Elektrokleinstfahrzeug-Verordnung (eKFV)

Die 2019 neu eingeführte Elektrokleinstfahrzeug-Verordnung gibt einige Hürden vor, beschränkt mich letztendlich jedoch nicht in meiner Vision.

Das einzige Manko, dass vor allem stilistisch nicht direkt in das Konzept passt, ist die

vorgeschriebene Haltestange von 700mm bei Kleinstfahrzeugen ohne Sitz. Im Test stellte sich diese als wenig sinnvoll heraus. Im Vordergrund dieser unpraktischen Regelung steht zwar die Sicherheit der Fahrer. Bezieht man das Konzept aber auf seitwärtsfahrende Systeme wie Skate- oder Longboards, stellt sich schnell heraus, dass eine Haltestange weder einer sicheren Fahrt hilft, noch vor Stürzen schützt. Konzeptuell habe ich mich in diesem Projekt vorerst gegen die Einhaltung dieser Verordnung entschieden, da diese noch recht jung und mit weiteren Änderungen, vor allem in Bezug auf §1 Abs. 4, zu rechnen ist.

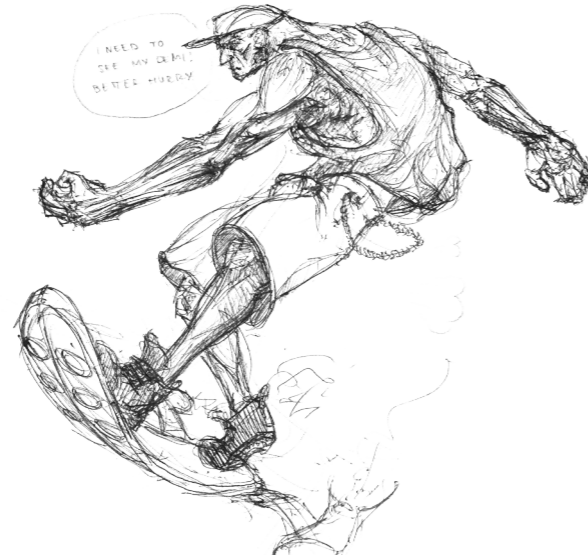
## Elektrokleinstfahrzeug-Verordnung (eKFV)

(1) Elektrokleinstfahrzeuge im Sinne dieser Verordnung sind Kraftfahrzeuge mit elektrischem Antrieb und einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von nicht weniger als 6 km/h und nicht mehr als 20 km/h, die folgende Merkmale aufweisen:

1. Fahrzeug ohne Sitz oder selbstbalancierendes Fahrzeug mit oder ohne Sitz,
2. eine Lenk- oder Haltestange von mindestens 500 mm für Kraftfahrzeuge mit Sitz und von mindestens 700 mm für Kraftfahrzeuge ohne Sitz,
3. eine Nenndauerleistung von nicht mehr als 500 Watt, oder von nicht mehr als 1400 Watt, wenn mindestens 60 Prozent der Leistung zur Selbstbalancierung verwendet werden. Die Nenndauerleistung ist nach dem Verfahren gemäß DIN EN 15194:2018-112 oder den Anforderungen der Regelung Nr. 85 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) – Einheitliche Bedingungen für

die Genehmigung von Verbrennungsmotoren oder elektrischen Antriebssystemen für den Antrieb von Kraftfahrzeugen der Klassen M und N hinsichtlich der Messung der Nutzleistung und der höchsten 30-Minuten-Leistung elektrischer Antriebssysteme (ABl. L 323 vom 7.11.2014, S. 52) zu bestimmen,

4. eine Gesamtbreite von nicht mehr als 700 mm, eine Gesamthöhe von nicht mehr als 1400 mm und eine Gesamtlänge von nicht mehr als 2000 mm und
  5. eine maximale Fahrzeugmasse ohne Fahrer von nicht mehr als 55 kg.
- (2) Ein Elektrokleinstfahrzeug ist selbstbalancierend, wenn es mit einer integrierten elektronischen Balance-, Antriebs-, Lenk- und Verzögerungstechnik ausgestattet ist, durch die es eigenständig in Balance gehalten wird.
- (3) Elektrokleinstfahrzeuge im Sinne der Absätze 1 und 2 dürfen nur nach Maßgabe der folgenden Vorschriften auf öffentlichen Straßen verwendet werden.



Schaut man sich auf dem Markt um, so kann man einige Ansätze erspähen, die sich mit einem ähnlichen Konzept befassen. Die größte Übereinstimmung liegt in der Anordnung der Räder zu den Füßen und wie man das Gerät schlussendlich fährt.

Alle hier genannten Fahrzeuge lassen sich durch Neigung und Gewichtsverlagerung steuern und erzeugen dadurch eine dynamische Fahrweise, die der des Surfens oder Snowboardens nahe kommt.

Es handelt sich ebenfalls bei allen Vergleichsprodukten um zweirädrige Gefährte. Diese Bauart macht das dynamische Kurvenfahren einfacher und bringt eine schmale Figur mit sich.

Unterteilt wird in motorisierte und durch Muskelkraft angetriebene Fahrzeuge, sowie in unterschiedliche Feinheiten des Vorwärtstrieb und der Steuerung.

## MXB Motocrossboard

Dieses Offroad-Board ist motorisiert mit einem Elektro- oder kleinem Verbrennermotor. Der Fahrer steht zwischen den Reifen auf zwei fest verkoppelten Plattformen. Die Lenkung wird über die Gewichtsverlagerung des ganzen Körpers gesteuert. Das vordere Rad ist an einer Achse lose aufgehängt und kann so, der Neigung und Gravitation folgend, das Board in die Kurvenfahrt einleiten. Dadurch wird es also lediglich passiv gelenkt.



Beschleunigung und Bremsung werden mittels Kabel, vom Handgriff an die entsprechende Komponente weitergeleitet. Die großen Reifen und die Federung lassen eine große Palette von Untergründen zu. Das Profil auf den Reifen verleiht mehr Bodenhaftung.

Preis: ca. 1600-2700€  
Geschwindigkeit: ca. 55 km/h  
Maße (LBH): ca. 150 x 30 x 50 cm  
Gewicht: 32 kg

**Quellen** 9. Dez. 2019: <https://www.coolest-gadgets.com/mxb-shocker-two wheeled-motorized-skateboard/>  
<http://motocrossboard.com/shop/products-page/motocrossboards/>





## ANVL Board Skytecycle

Das ANVL Board ist eine rein mechanische Variante der Snakeboardklasse. Die Besonderheit ist der Antrieb: Es fährt ohne den Fuß auf den Boden setzen zu müssen. Durch Wellenbewegung wird hier Schwung generiert. Diese Dynamik wird auch zum Einleiten der Kurven verwendet und gibt dem Board einen immens kleinen Wendekreis.

Die Fußpedale sind innerhalb der Räder montiert. Der ca. hüftbreite Abstand gibt genug Länge und Stabilität ohne das Produkt unhandlich oder unkomfortabel zu machen. Gedacht ist das ANVL Board eher als ein Spaß-

und Sportgerät, jedoch nicht zum Überbrücken von Distanzen. Dies spiegelt sich vor allem in den Produkt-Bewertungen wieder.

Preis: ca. 100€  
Geschwindigkeit orientiert sich an Muskelkraft  
Maße (LBH) : 76 x 16 x 20 cm  
Gewicht: 3,5 kg

**Quellen** 9. Dez. 2019: [https://www.amazon.com/Brooklyn-Workshop-Skatecycle-Skateboard-8-5-Inch-dp/B008AY83ES?ref\\_=ast\\_bbp\\_dp](https://www.amazon.com/Brooklyn-Workshop-Skatecycle-Skateboard-8-5-Inch-dp/B008AY83ES?ref_=ast_bbp_dp)  
<https://www.youtube.com/user/BrooklynWorkshop/>

## Motorized Wheelrider

Der Wheelrider gehört mit 26kg zu der schweren Klasse der Kleinstfahrzeuge. Er ist motorisiert und kann Fahrer bis zu 90kg tragen. Gesteuert wird hier mit dem vorderen Fuß im Rad. Der hintere Reifen ist für den Vortrieb bestimmt und bleibt unbeweglich mit dem Motor verbunden. Zur Unterstützung der Spurhaltung dient der an der Oberseite angebrachte flexible Stab. Dadurch wird das Geradeausfahren weniger anstrengend.

Die Reifen dienen zudem der Geländetauglichkeit und haben ausreichend Profil um mehr Halt bei weichen und glatten Böden zu erreichen.

Beschleunigung und Bremse befinden sich an der, mit einem Kabel verbundenen, Fernsteuerung. Die Reifen sind in Höhe der Schienbeine abgedeckt, damit der Fahrer sich dort anlehnen kann.

Preis: 410 € (nicht mehr käuflich)  
Geschwindigkeit: 32km/h  
Maße (LBH) : 112 x 43 x 25  
Gewicht: 26 kg

**Quellen** 9. Dez. 2019: <https://www.hammacher.com/product/20-mph-motorized-wheelrider-black?refsku=11894&xsp=2&promo=xsell>  
<https://www.coolthings.com/motorized-wheelrider/>





## ObliqO

Dieses von Michele Camerlengoe in Zusammenarbeit mit der Kingston University designte Board fällt in die Kategorie Snakeboard (Snake aufgrund der Schlängelbewegung). Zur Fortbewegung ist auch hier eine Dreh- bzw. Schwenkbewegung der Füße nötig, damit das Board vorwärts rollt.

Die Fußboards sind hier angewinkelt und halten so den Reifen davon ab, am Bein des Fahrers zu schleifen. Gleichzeitig wird beim Fahren das Rad angewinkelt, während der Fuß dann parallel zum Boden steht. Das belastet die Reifen nur einseitig und an einer Stelle, die nicht für eine dauerhafte Belastung ausgelegt ist.

Die glatten Reifen sind für den Gebrauch in der Stadt auf Asphalt gedacht und groß genug, um eine Boardsteinkante zu überwinden. Die Bauweise und das Material Aluminium lassen auf ein leichtes Board schließen und kommen mit den geringsten Ansprüchen aus.

Preis: unbekannt

Geschwindigkeit: abhängig der Muskeln

Maße (LBH) : ähnlich ANVL

Gewicht: unbekannt

**Quellen** 9. Dez. 2019: <http://www.toxel.com/tech/2010/03/24/skateboard-with-hubless-wheels/>  
<https://www.youtube.com/watch?v=qTeYDKYoav4>



## Razor Ripstik Caster Board

Die sogenannten Wave- oder Casterboards bedienen sich alle der wellenförmigen Bewegung. Bei Fahren wird das Gefühl wie beim Carving auf dem Snow- und Surfboard simuliert.

Beim Fortbewegen mit solch einem Board ist der ganze Körper beteiligt. Während der Fahrt muss kein Fuß, außer beim Starten und Anfahren, den Boden berühren. Durch gegenläufiges Verdrehen der Fußpedale werden die Räder in bestimmte Positionen geleitet, aus denen sich eine Vorwärtsbewegung generieren lässt, sofern in die Ausgangsposition zurück gedreht wird. Das Verdrehen bzw. Ankippen der Fußpedale sorgt für die Verschiebung des

Anstellwinkels der Radachsen. Das heißt, dass es in der x-Achse gekippt wird und als Resultat das Rad in der y-Achse (orthogonal zur x-Achse) dreht. So werden Kurven gefahren und Schwung geholt.

Preis: 140- 180 €

Geschwindigkeit: Muskeln

Maße (LBH) : 82,5 x 22 x 11,5 cm

Gewicht: 2,4 kg

**Quellen** 9. Dez. 2019: <https://www.erlebnisladen.de/spielwaren-kinderfahrzeuge/razor-ripstik-electric-caster-board/a-9911269>  
<https://global.razor.com/de/products/ripstik/air-pro/>

*“Verantwortlich sind Kreiselkräfte der rotierenden Reifen, die dem Kippen entgegen lenken. Der so genannte gyroskopische Effekt sorgt dafür, dass die Radachse, die bei Störungen ausgelenkt wird, möglichst immer wieder in die Ausgangslage zurückwandert. Diese physikalischen Grundlagen sind lange bekannt, und schon 1899 stellte der Engländer Francis Whipple für das Fahrrad eine Sammlung von Gleichungen aus der Festkörperdynamik auf.”*

**Zitat:** Saße, Dörte: “welt der physik: Warum fahren Fahrräder so stabil?”. 16.11.2007, unter: <https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/stabilitaet-von-fahrraedern/> (Stand: 07.10.2019)

Ein zweirädriges Gefährt zu manövrieren scheint zunächst schwieriger, als eines, welches von sich aus fest, aufrecht auf dem Boden steht und nicht zusätzlich balanciert werden muss (Roller). Beim Waveboard ist in der Anfangsphase gerade das Balancieren eine schwierige Hürde. Hat man erst einmal den Dreh raus, ergibt sich die Handhabung intuitiv.

Bei Zweirädern hilft ihre Rotationsbewegung dabei, es stabil und aufrecht zu halten, ohne dass der Fahrer groß balancieren muss.

Das Skateboard muss fortan mit dem Schwingen beschleunigt werden. Es werden nur bestimmte Muskelgruppen angesprochen, welche sich schnell erschöpfen. Das Waveboard hingegen macht sich eine fließende Körperbewegung zu Nutze und kann so auf längeren Distanzen eine entspanntere Fahrt erreichen.

Der wahrscheinlich größte Unterschied zwischen den beiden Boards ist ihr Kurvenradius. Das Skateboard, mit seinen vier Rollen, hat einen Lenkmechanismus, der nur sehr weite

Kurven zulässt. Andere Möglichkeiten zu Wenden beinhalten meist Tricks und Skills, die erst durch langes Üben erlernt werden müssen, sich demnach also nicht intuitiv ergeben. Im Vergleich dazu lassen sich die zwei Räder des Waveboards individuell in jeden Winkel drehen, was eine Wende sogar auf dem Punkt ermöglicht. Gerade für Situationen in der Stadt, in der enge Kurven und schnelle Manöver an der Tagesordnung sind, ist ein solches Merkmal ein gewünschter Vorteil.

Im Fazit lässt sich also festhalten, dass Waveboards zwar weniger Tricks ermöglichen, durch die bessere Manövrierfähigkeit jedoch ein angenehmeres Fahrgefühl erzeugen. In der praktischen Anwendung schneidet das Skateboard somit schlechter ab.

**Quellen** ( 09. Dez. 2019 ) 1 | <https://www.quora.com/Which-is-more-difficult-skateboarding-or-waveboarding> 2 | <https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/stabilitaet-von-fahrraedern/> 3 | <https://longboardbrand.com/caster-board-vs-skateboard/>

### Carving - Bewegen mit Schwung

“Carving”, aus dem Englischen übersetzt mit “Schnitzen”, ist eine Technik zur optimierten Kurvenfahrt. Dabei hilft der stark taillierte Ski Driften zu vermeiden und auf der Kante zu fahren. Driften ist immer mit einer Bremswirkung verbunden. Das heißt, dass jede Kurve die Geschwindigkeit vermindert, wodurch das Risiko abzurutschen stark erhöht ist. Somit hat der Fahrer beim Carving zwar eine höhere Geschwindigkeit, jedoch mehr Kontrolle über seine Skier.

Die Skikante ist gebogen und initiiert einen bestimmten Kurvenradius, wenn die Skier auf der Stahlkante gefahren werden. Zusätzlich zur verbesserten Kurvenfahrt verringert das Fahren auf der Kante die Auflagefläche der Skier und die Reibung auf dem Untergrund. Dies resultiert in einer Beschleunigung in der Kurve. Beim “Carven” lehnt der Fahrer sich mit dem ganzen Körper in die Kurven und nimmt somit die Dynamik der Fahrt wahr.

Dieses Gefühl auf die Straße zu bringen, gestaltet sich allerdings komplizierter: Asphalt und Schnee verhalten sich gänzlich unterschiedlich. Der Kantenlauf kann durch Rollen auf hartem

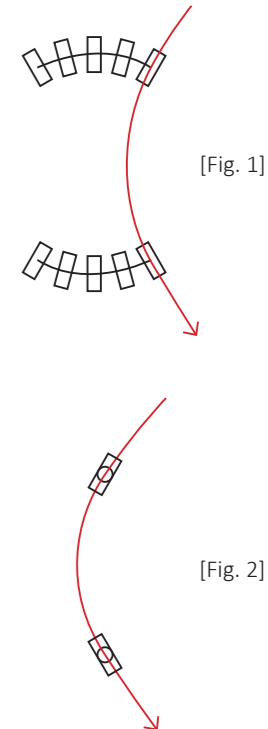
Grund simulieren werden, jedoch müssen die Rollen einer Kurven folgen, wie die taillierte Skikante, wenn der Fahrer sich in die Kurve legt.

Eine Lösung dafür wäre die Installation von mehreren Rollen, die in verschiedenen Winkeln zueinander stehen und so eine Kurve mit zwei Punkten erzeugen. [Fig. 1]

Die andere Lösung ist, die Räder an rotierenden Achsen aufzuhängen und damit die Steuerung zu gestalten. Hier muss der Achsenwinkel beachtet werden, damit die Lenkung mit Neigungssteuerung kompatibel wird - dazu später mehr. [Fig. 2]

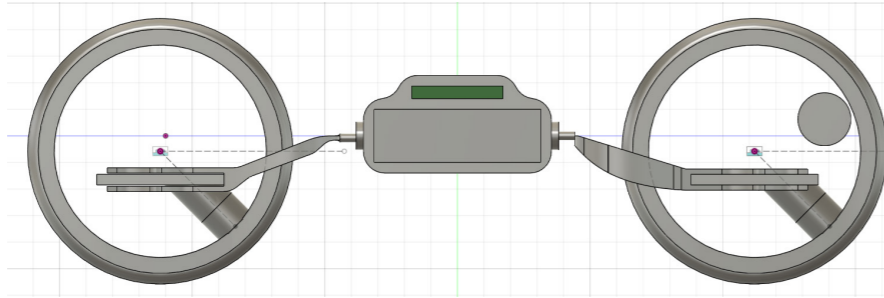
Ich habe mich bewusst für die zweite Variante entschieden, da mein Konzept auf einer andersartigen Anordnung der zu verbauenden Komponenten basiert.

**Quellen** ( 09. Dez. 2019 ) 1 | <https://de.wikipedia.org/wiki/Carving> - 2 | <https://www.rotenburger-rundschau.de/sport/wintersport/dsv-testfahrer-andreas-koenig-im-interview-20-jahre-carving-technologie-revolution-durch-eingebaute-servo-lenkung-zr-9391992.html>



# RADSTAND

Stabiles Fahren



Der Radstand spielt eine wichtige Rolle bei allen Fahrzeugen. Es besteht immer ein Spiel zwischen Wendigkeit und Geradeauslauf. Je weiter eine der Variable verbessert wird, desto ineffizienter wird die andere Seite der Gleichung. Ob sich der Wachstumsfaktor auf beiden Seiten gleicht, sei dahingestellt. In jedem Fall haben beide Variablen gegenspielende Auswirkungen auf einander.

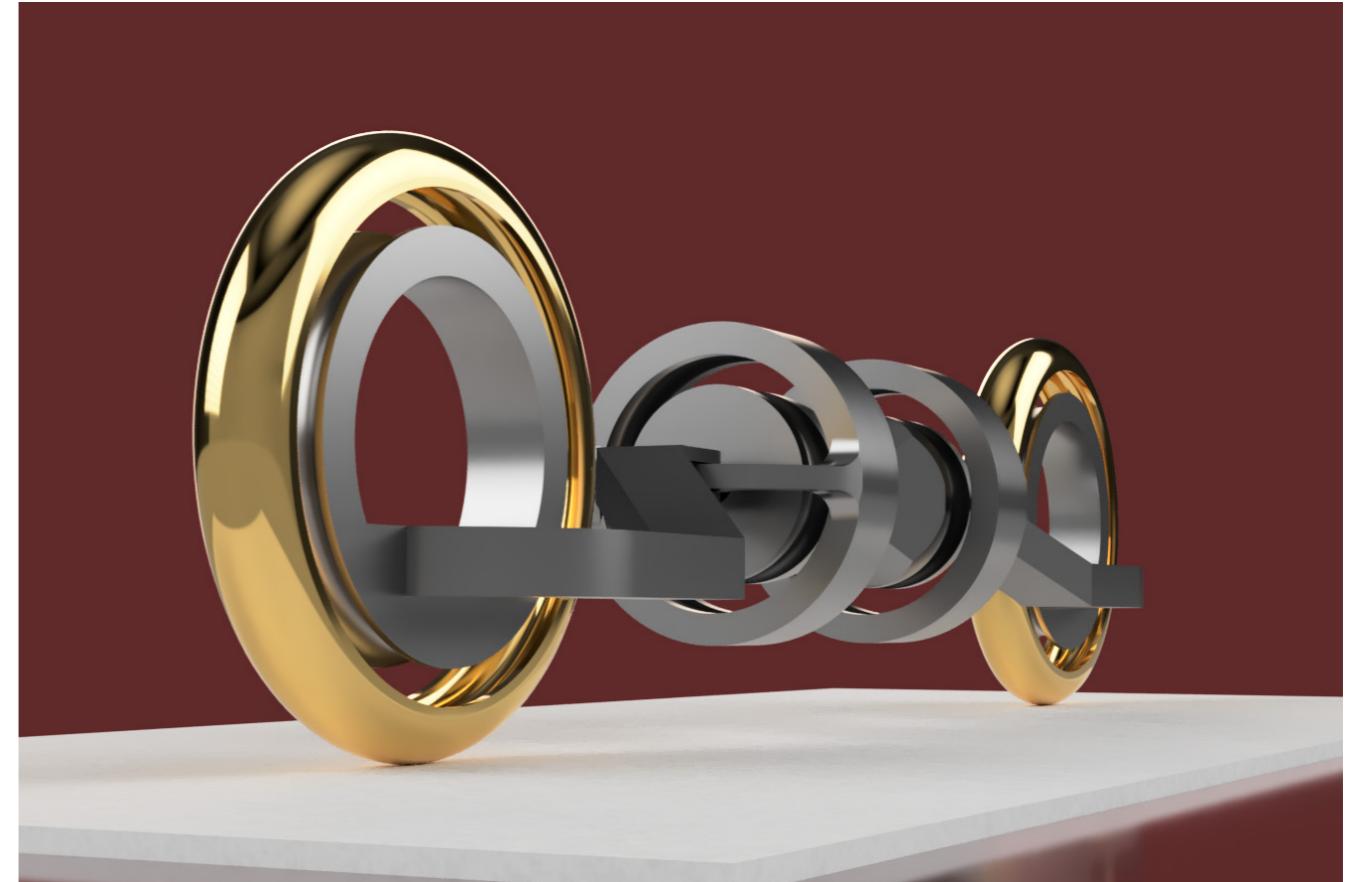
Mein Zielgebiet ist eindeutig die Stadt. Hauptsächlich ist der urbane Verkehr eng und gedrängt. Infolgedessen braucht ein Kleinstfahrzeug eine gute Wendigkeit, um schnelle Reaktionen auf diverse Situationen möglich zu machen. Ein geringer Radstand führt nicht nur zur besseren Manövrierfähigkeit, sondern ebenfalls zu einer angenehmen Standbreite für den Fahrer. Diese ist in die Gleichung einbezogen, da die Fußpedale innerhalb der Räder liegen und quasi die gleiche Spannweite haben wie der Radstand.

*“Radstand ist die Bezeichnung des Abstandes zwischen den Fahrzeugachsen. Manchmal ist ein Fahrzeugtyp mit mehreren Radständen erhältlich.”*

**Zitat:** (abgerufen am 14. Okt. 2019) Autobild Lexikon, unter: <https://www.autobild.de/lexikon/radstand-221641.html>

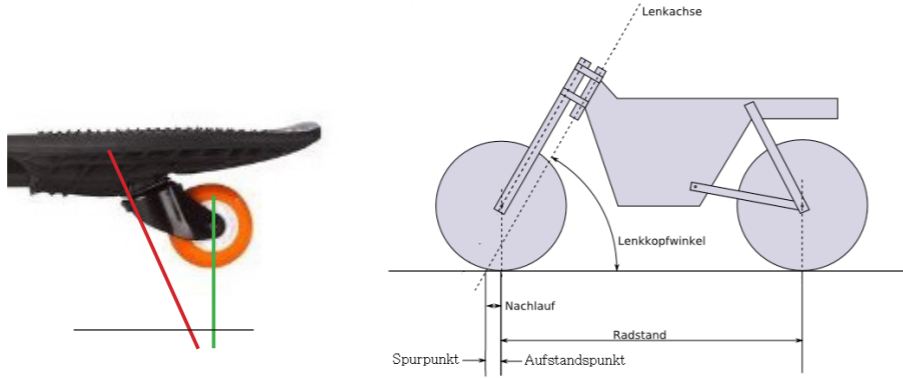
*“Ein kürzerer Radstand resultiert in einer größeren Wendigkeit des Fahrzeuges und vergrößert den s. g. Rampenwinkel, was sich positiv auf die Geländegängigkeit auswirken kann. Ein längerer Radstand verbessert den Geradeauslauf. Hierbei spielen jedoch auch die Masseverteilungen des betrachteten Fahrzeuges sowie der Nachlauf eine Rolle.”*

**Zitat:** (abgerufen am 14. Okt. 2019) Wikipedia, unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Radstand>



# NACHLAUF

Spurhaltung

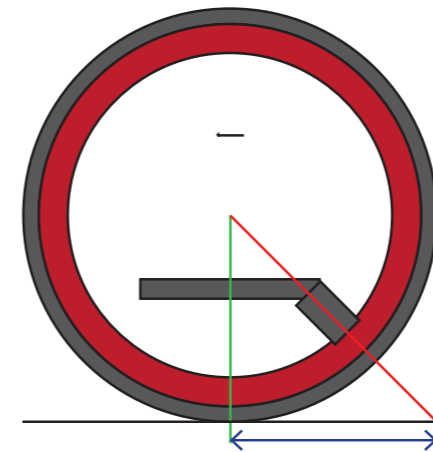


Durch Nachlauf wird der Lenkachse eine weitere Funktion hinzugefügt. Nach Einlenken in eine Kurve stellt sich das Rad automatisch wieder in eine quasi Geradeausfahrt und hilft bei der Stabilisierung sowie Kontrolle über das Gefährt.

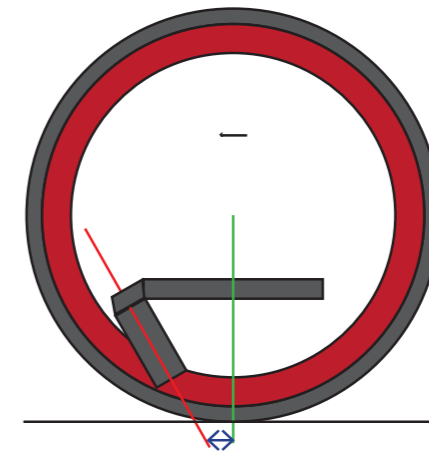
Mit einem negativen Nachlauf richtet sich das Rad, sofern nicht mit Kraft in Spur gehalten, nach hinten aus (180°-Drehung), d.h. es entsteht wieder ein positiver Nachlauf. Das Fahrzeug mit einem negativen Nachlauf auszustatten, würde wahrscheinlich zu einer unkontrollierteren Fahrt führen, vor allem, wenn das Fahrzeug einen Hinterradantrieb

besitzt. Das Vorderrad würde nach Rechts und Links gieren, da es versuchen würde, in die gezogene Position (mit einem positiven Nachlauf) zu wechseln. Da der Fuß dauerhaft auf dem Lenkelement steht, nimmt der Nachlauf allerdings nur minimal Einfluss auf das Lenkverhalten.

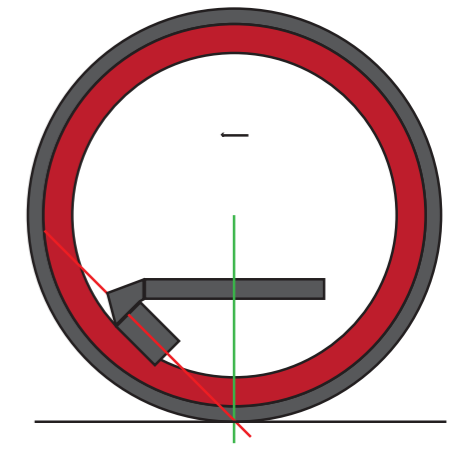
**Quellen** ( 09. Dez. 2019 ) 1 | [https://de.wikipedia.org/wiki/Nachlauf\\_\(Lenkung\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Nachlauf_(Lenkung)) - 2 | <https://www.youtube.com/watch?v=xPMIgrwhXrU> - 3 | Bild: [https://de.wikipedia.org/wiki/Nachlauf\\_\(Lenkung\)#/media/Datei:Lenkgeometrie\\_Zweirad.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Nachlauf_(Lenkung)#/media/Datei:Lenkgeometrie_Zweirad.png) - 4 | Bild: <https://www.amazon.in/Oxelo-8276153-Beginner-Waveboard/dp/B00LX0ZREK>



Negativer Nachlauf



Positiver Nachlauf



Kein Nachlauf

# MANÖVRIEREN

Wie bereits beschrieben ist der Stadtverkehr eng und gedrängt. Ein kleiner Wendekreis ist in vielen Situationen daher praktisch und sinnvoll.

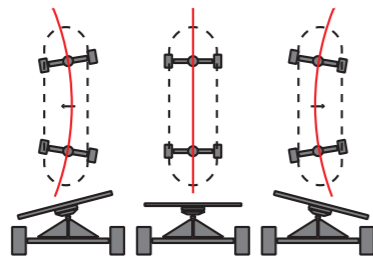
Die konventionelle Lenk-Methode bei Skate- und Longboards beschreibt einen weiten Bogen. Der Fahrer muss das Fußpedal ankippen, damit die Lenkachsen sich verwinden. Dabei sind die beiden Radaufhängungen und Achsen gespiegelt zueinander montiert. Dies erzeugt eine gegenläufige Bewegung der Lenkachsen, sodass eine Kurve gefahren werden kann.

Voraussetzung ist allerdings immer, dass das Fußboard angewinkelt wird. Daraus folgt; je langsamer gefahren wird, desto schwieriger das Anwinkeln des Boards, da der Gegendruck aus der Fliehkraft bei der Kurvenfahrt fehlt.<sup>1</sup>

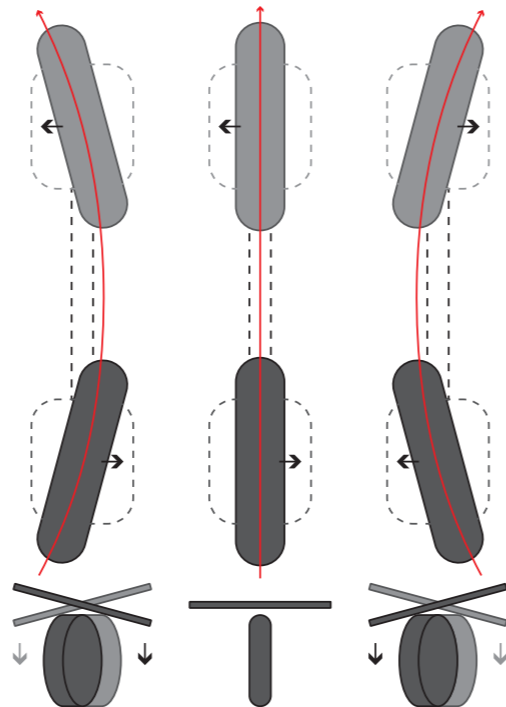
Um dem Anwinkeln etwas anderes als die Fliehkraft der Kurvenfahrt entgegensetzen, wird das Fußboard geteilt.

Beim Lenken verdrehen sich die beiden Hälften gegeneinander, wodurch der Körperschwerpunkt mittig über dem Gerät gehalten werden kann, selbst wenn die Geschwindigkeit gering ist.

Darum habe ich für meinen Entwurf ein Augenmerk auf diese Technik gelegt. Die Radaufhängung muss nun statt gespiegelt, parallel zueinander montiert werden, um die gewünschte Radstellung zu erzeugen.



<sup>1</sup> vgl. <https://derskateboardblog.de/skateboard-fahren-lernen-4-schritte/>



Photograph: Riel Roussopoulos | Pixabay

# RADFORM

Bordsteinkanten (Schlaglöcher, Risse im Asphalt oder Gullideckel etc). Fährt man geradewegs auf eine Bordsteinkante, so kommt man entweder zu einem abrupten Stopp, weil die Räder zu klein sind, oder (z.B. im Falle eines Fahrrads) die Luft des Reifens wird an der Aufprallstelle stark verdrängt, sodass es in extremen Fällen zu Schäden an der Felge oder dem Luftschlauch kommen kann.

Um das zu verhindern fährt man natürlich langsamer und hebt zusätzlich das Vorderrad über die Bordsteinkante. Wenn möglich, dann auch das Hinterrad, wobei dieses nachgezogen wird und durch Verlagern des Körpergewichts die Geschwindigkeit bei Aufprall am Bordstein kurzzeitig verringert wird.

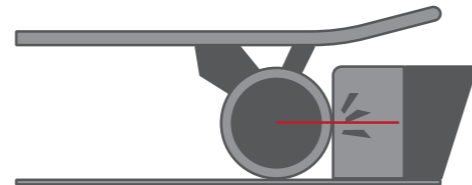
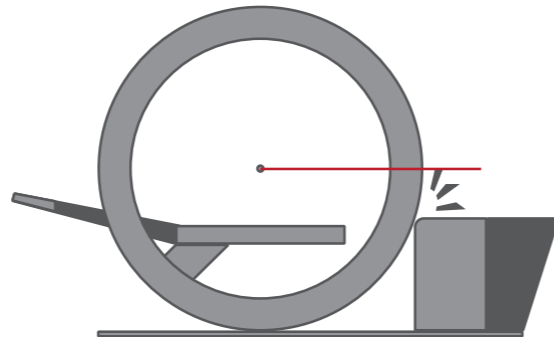
Um solche Hindernisse zu überwinden braucht man also Räder, die groß genug sind, um diesen hinauffahren zu können und nicht hängen zu bleiben. Je höher die Radmitte, desto einfacher kann das Rad hinauffahren.

*„Hohe Borde sind zwischen 10 – 14 cm (maximal 20 cm) bei getrennter Fahrbahn/Gehweg (Radweg) hoch [...] können aber auch zwischen 8 – 12 cm bei getrennter Fahrbahn/Gehweg bzw. Parkstreifen/Gehweg (Radweg) hoch sein und werden bei zweistreifigen Hauptverkehrsstraßen und Erschließungsstraßen verwendet. (RASt, 6.1.3.1)“<sup>2</sup>*

*„Halbhohe Borde sind zwischen 4 – 6 cm bei getrennter Fahrbahn/Gehweg (Radweg) bzw. Fahrbahn/Parkstreifen hoch [...]. (RASt, 6.1.3.1)“<sup>3</sup>*

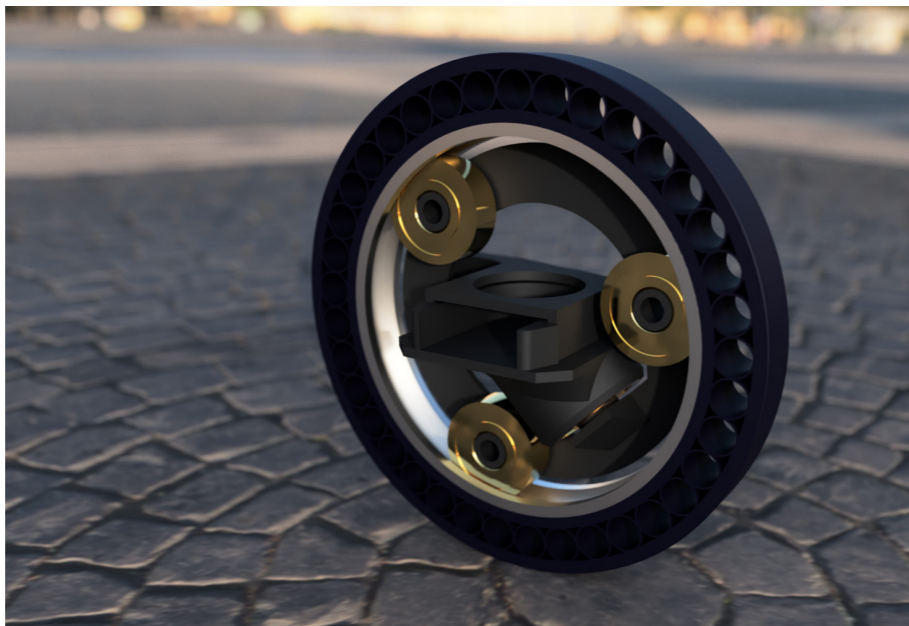
*„Niedrige Borde sind weniger als 4 – 0 cm bei getrennter Fahrbahn/Gehweg (Radweg) bzw. Fahrbahn/Parkstreifen hoch [...]. (RASt, 6.1.3.1)“<sup>4</sup>*

<sup>2</sup>|<sup>3</sup>|<sup>4</sup> <http://www.geh-recht.info/fussverkehrsanlagen/42-fussverkehrsanlagen/fussverkehrsanlagen/139-fa-gehwege-gehwegbreiten-grundstueckszufahrten-mischungsprinzip.html>



## RADAUFHÄNGUNG

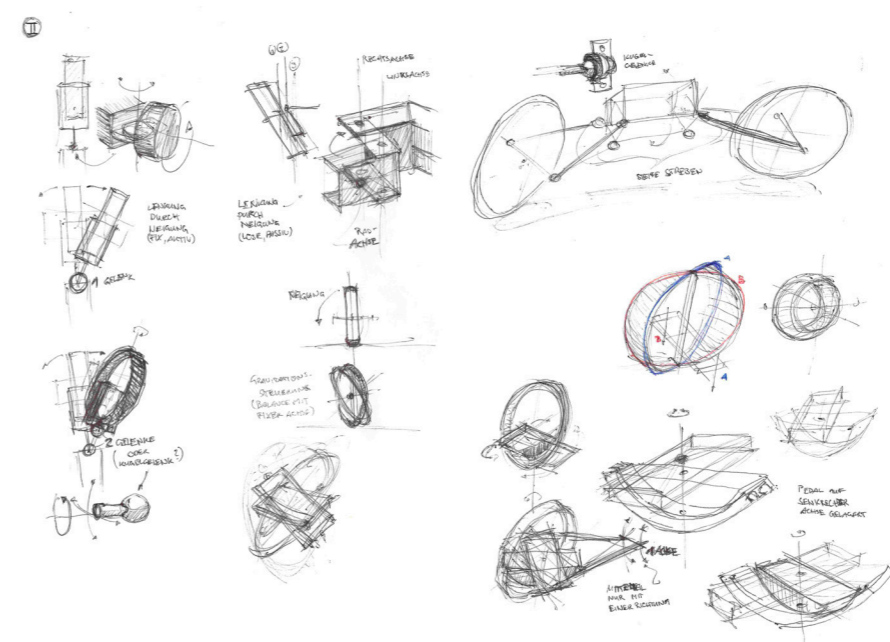
Felgenlager



Erster Entwurf der Radaufhängung

Mein Konzept sieht keine Speichen vor, da der Fuß des Fahrers im Rad platziert wird. Daher muss die Felge auf eine andere Art und Weise an ihrer Position gehalten werden. In meinem Entwurf entschied ich mich für eine Aufhängung über mehrere Fixpunkte durch Rollen, die an einem Ring miteinander verbun-

den, montiert sind. Die einzelnen Rollen halten die Felge von einer seitwärtigen Verschiebung ab. Die Kombination aus mehreren solcher Rollen spannt die Felge in eine fixe Position. An jenem Ring ist auch das Lager für die Verbindung zum Fußpedal befestigt. So verbindet sich das Rad mit dem Rest des Gefährts.



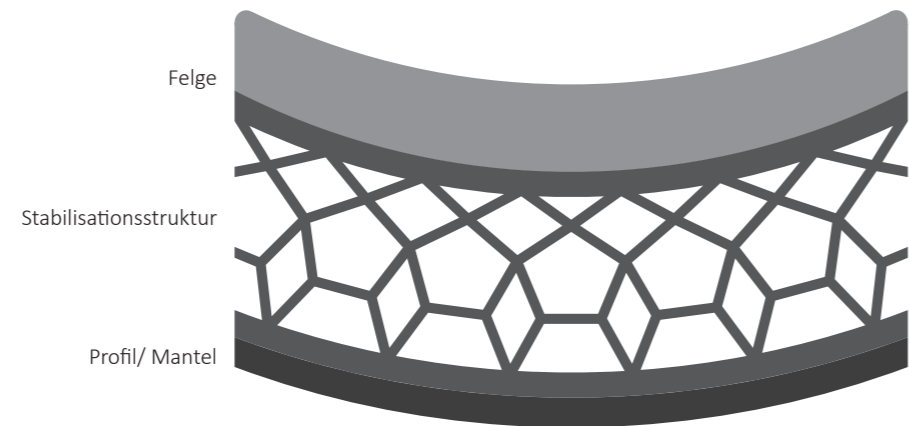
# LENKMECHANISMUS

Lenklager

Der Lenkmechanismus ist im Grunde das Herzstück des gesamten Geräts. Hier wurden iterativ verschiedene Ansätze er getestet und auf mögliche Verwendung geprüft.

Über diesen Prozess wurde schlussendlich ermittelt, dass eine angewinkelte Radaufhängung die Bewegungsübertragung vom Fußpedal zum Rad ermöglicht. Lediglich ein Kugellager wird installiert. Keine weiteren mechanischen Apparaturen sind nötig. Durch Anwinkeln der Fußpedale rotieren die beiden Teile gegeneinander um eine Achse.

Aus ergonomischer Sicht war es wichtig, dass die Fußboards gekippt und nicht gedreht werden, da diese Bewegung natürlicher ist, als die Füße nach außen und innen zu verdrehen. Darum müssen die Räder entkoppelt werden und nicht parallel zueinander drehen.



Das Volumen eines Reifens wird traditionell durch einen Luftschlauch erzeugt, der vom schützenden Mantel umschlossen ist. Dieser hat ein Profil auf der Außenseite, das für die Haftung auf dem Untergrund sorgt. Die Mäntel sind mittlerweile mit verbesserten Technologien ausgestattet, die sie nachhaltiger gegen Perforationen schützen. Dennoch erlebt man häufig genug, dass die Luft aus dem Reifen entflieht. Um diesem Phänomen entgegenzuwirken, werden in neueren Reifen nun, anstatt der Luftschläuche, dreidimensionale Strukturen gelegt. Diese stützen sich gegeneinander und halten die Form des Reifens aufrecht, ohne

auf den Luftdruck in seinen Zwischenräumen angewiesen zu sein. Ein Fremdkörper kann dadurch den Reifen durchstechen, ohne dass dieser seine Form verliert und das Fahrzeug fahruntfähig machen würde.

Je nach Strukturmuster und Materialität kann auch über die Reifen eine minimale Federung des gesamten Fahrzeugs erzeugt werden. Auf einem Elektrokleinstfahrzeug, wie einem E-Scooter, ist man der Fahrbahn äußerst nahe. Je weniger Vibration durch das Fahren auf dem Untergrund in die Fußboards übertragen wird, desto angenehmer ist die Fahrt für den Nutzer.



Das Fahrzeug soll einen möglichst kleinen Wendekreis haben (s. "Waveboard vs Skateboard").

Ein zweirädriges Gefährt, welches durch dynamische Körperhaltung manövriert (s. "Carving").

Je weiter der Radstand, desto stabiler läuft das Fahrzeug in seiner Spur, aber der grundlegende Entscheidungsfaktor ist die Standbreite des Fahrers, da die Fußboards innerhalb der Räder liegen (s. "Radstand").

Zur stabileren Fahrt wird optimaler Weise mit einem positiven Nachlauf ausgestattet, auch wenn hier dauerhaft aktiv gesteuert wird (s. "Nachlauf").

Gelenkt wird durch gegenläufiges Anwinkeln der Füße (s. "Manövrieren").

Die Räder müssen groß genug sein, dass kleinere Hindernisse der urbanen Umgebung überwunden werden können (s. "Radgröße und Reifenform").

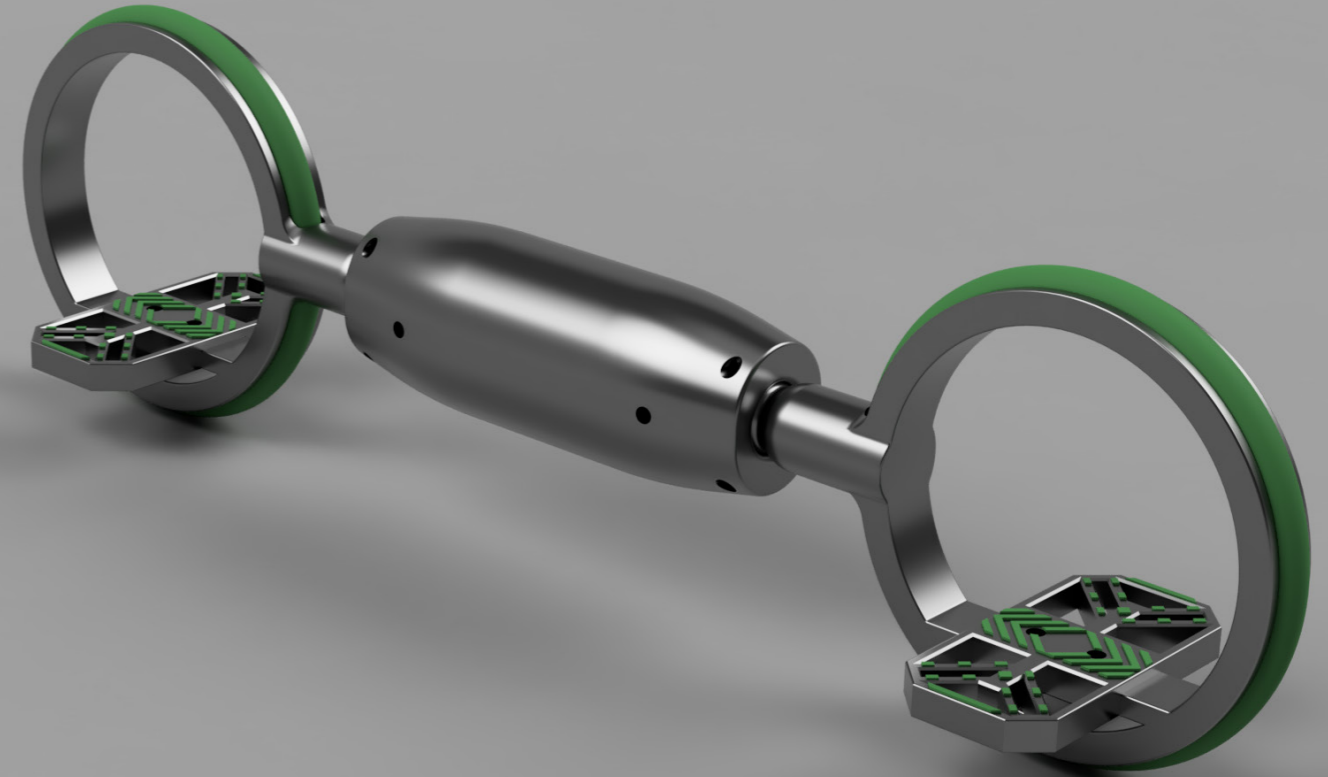
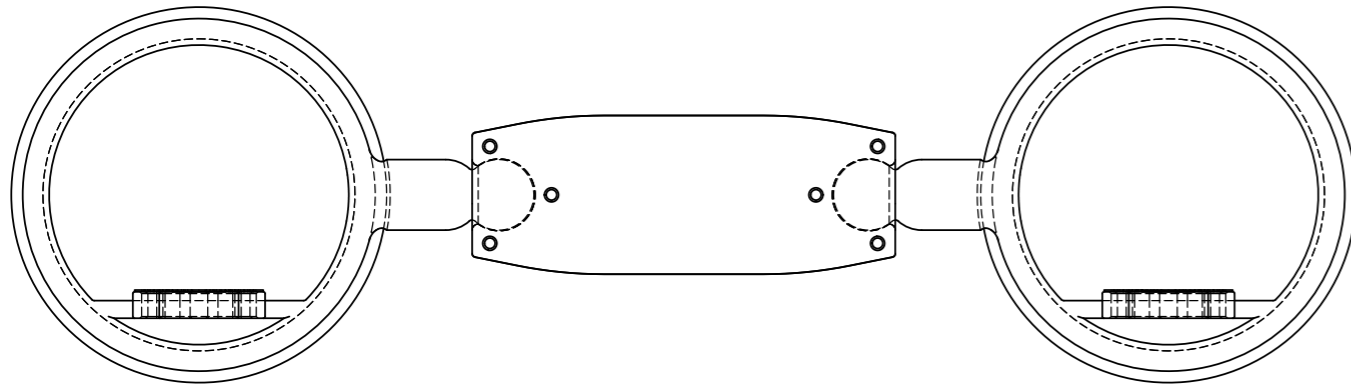
Die Reifen sind nicht mit Luft aufgepumpt, sondern beinhalten eine Struktur, die abfedernd wirkt (s. Reifenaufbau").

# ENTWURF

## 01 | Vision und Parameter

Mir war es besonders wichtig, dass feste Parameter definiert sind. Diese Faktoren, die sich nicht beeinflussen lassen und von Anfang an festgelegt sind, haben Einfluss auf das Gesamtkonzept des Entwurfs und bilden somit quasi Eckpfeiler. Zwischen und um diese Punkte lässt sich nun der gestalterische Mantel spannen - Ganz im Sinne der "Form-Follows-Function"-Philosophie.

Zunächst mussten die funktionellen Komponenten, wie Lenkmechanik und grundsätzliche Anordnung der Räder und Fußpedale zueinander, sowie im Verhältnis zum Fahrer, festgelegt werden. Denn gerade diese sollten, wie schon erwähnt, in einer unkonventionellen Weise zueinander stehen, um einen neuartigen Ausdruck zu erlangen.

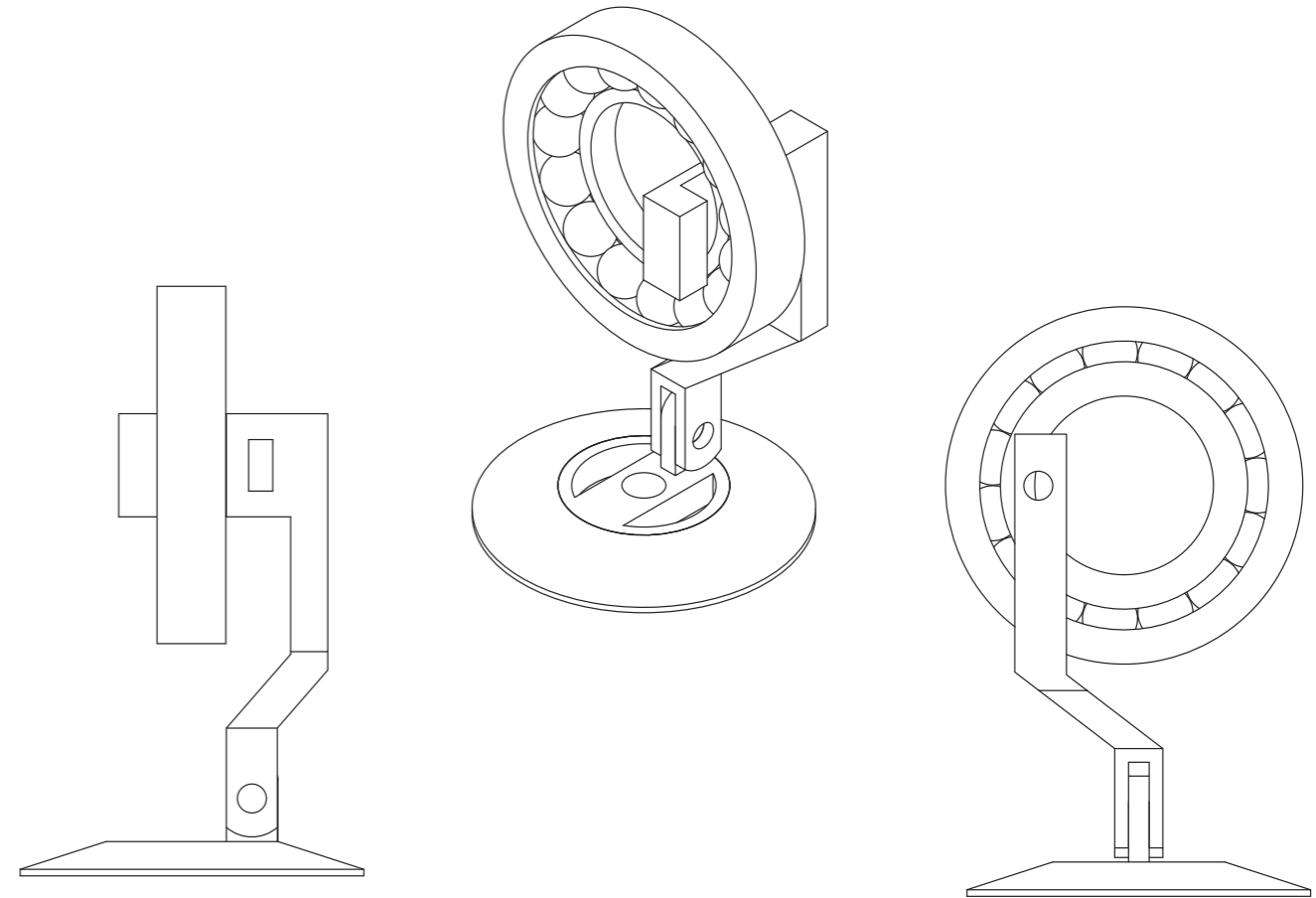
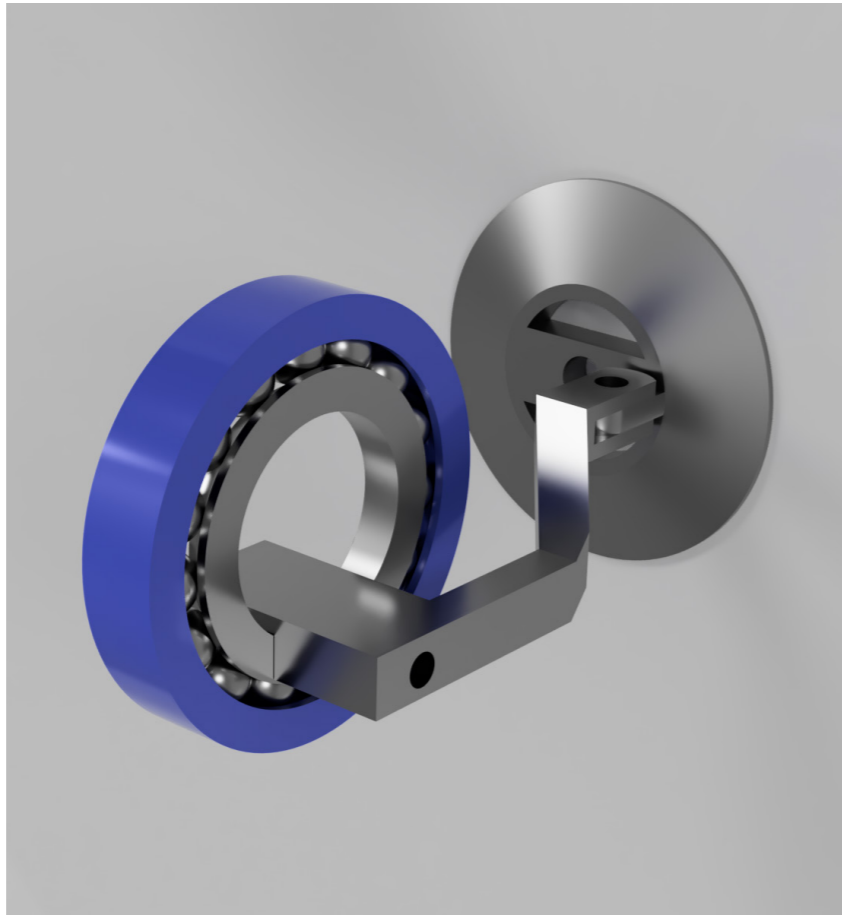


# ENTWURF

## 02 | Steuerungskonzept

Diese erste Idee der Lenkmechanik arbeitet mit der Rotation der Füße. Soll eine Kurve eingeleitet werden, so muss der Fahrer die Fußspitzen nach außen bzw. nach innen drehen.

Das Radlager erstreckt sich über die ganze Felge. Solch ein großes Kugellager ist allerdings extrem aufwendig herzustellen und würde die Kosten für eine tatsächliche Produktion signifikant erhöhen.



# ENTWURF

## 03 | Steuerungskonzept

Eine weitere Baustelle, abseits der Radaufhängung, sind die Lenklager. In wie vielen Achsen muss sich das Rad bewegen können, damit eine angenehme Steuerung erzielt werden kann?

In diesem Modell habe ich die Wirkung von einer zweiachsigen Bewegung pro Seite getestet. Die Fußneigung nach Vorn und Hinten fließt in die Lenkmechanik mit ein. Diese Abwandlung führt jedoch nicht zu einer natürlicheren Bewegung des Fußes. Stattdessen haben die vielen Achsen eher einen negativen Effekt auf die generelle Stabilität des Fahrzeugs.



# ENTWURF

## 04 | Steuerungskonzept

Der dritte Versuch reduziert die Anzahl der Gelenke auf die Hälfte. Ein rotierendes und ein schwingendes Gelenk verbinden zentral die beiden Fußboards beweglich miteinander.

Gleichzeitig befasst sich dieses Testmodell mit einer Implementation von Lenklagern direkt an der Felge. Diese sind angewinkelt und können das Rad wenden, indem das entsprechende Fußboard nach vorn oder hinten geneigt wird. Der erfolgreiche Test bestätigte mein Konzept und erlaubte es mir die Lenkmechanik mit ins Rad zu installieren.



# ENTWURF

## 05 | Steuerungskonzept

Anders als beim vorherigen Modell, bestehen die Lenklager hier nicht nur aus Steckverbindungen, sondern wurden durch Kugellager ersetzt. Dies galt vor allem der akuraten Bestimmung der Mechanik bei wenig Reibungskräften, die als Störfaktoren für verfälschte Ergebnisse gesorgt hätten können.

Im selben Arbeitsgang wurde die Radaufhängung generalüberholt und das Kugellager um die gesamte Felge wurde gegen eine Drei-Punkt-Fixierung ausgetauscht. Die Felge wird von einem Tragrings, mit fest darauf montierten Rollen, in Position gehalten. Auch hier konnte ein Erfolg verzeichnet werden.

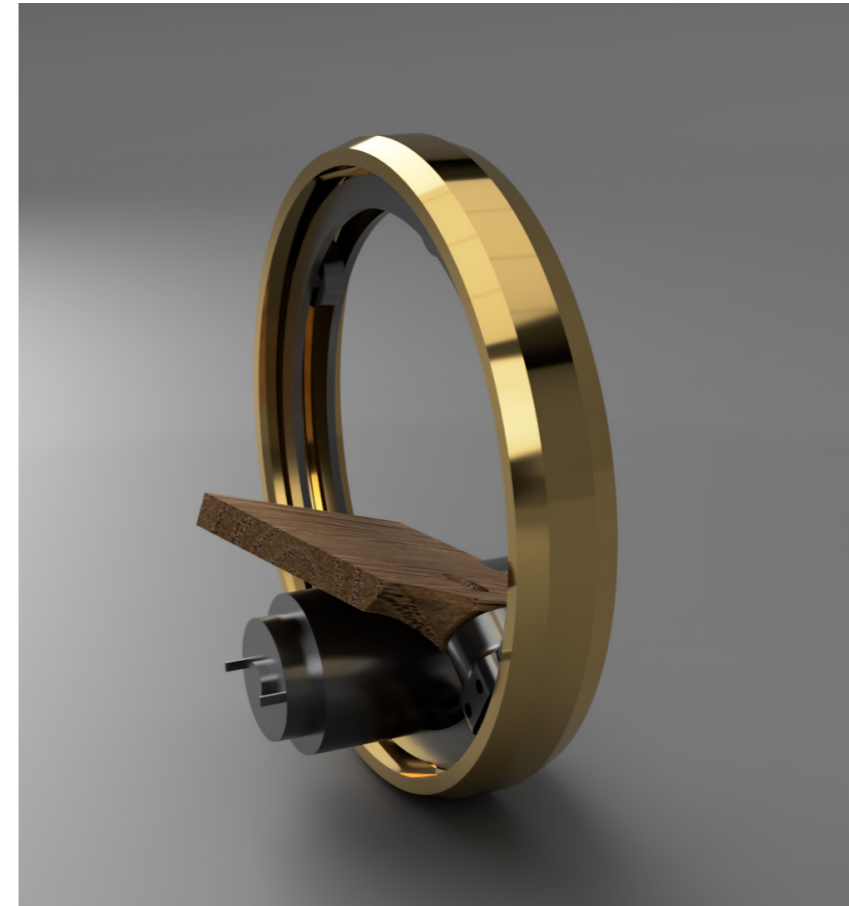


# ENTWURF

## 6.1 | Implementierung

Um die Position des Motors zu ermitteln wurde ein entsprechend größeres Modell angefertigt. Die ursprünglich vorgesehene Position unter dem Fußboard war eindeutig nicht mehr für den Motor bestimmt, da dieser einschränkend auf die Bewegungsfreiheit des Fußpedals wirkte. In der größeren Version wurden zudem mehr Fixpunkte an der Felge installiert. Im Test stellte sich dies allerdings als unnötig heraus und es generierte so mehr Platz für die Füße des Fahrers.

Die angewinkelten Lenklager haben hier noch einen negativen Nachlauf, was zu instabiler Spurhaltung führen kann.



# ENTWURF

## 6.2 | Implementierung

Um die Spurhaltung zu unterstützen, habe ich das Lenklager umgedreht. So entstand der positive bzw. beinahe neutrale Nachlauf. Durch die geänderte Anordnung des Lenklagers musste allerdings auch das Fußboard angehoben werden. Dies würde ermöglichen, dass der Motor seinen ursprünglichen Platz wieder einnehmen könnte. Den Motor so tief zu positionieren hat den Vorteil, dass der Schwerpunkt näher an den Boden rückt und so weiter für Stabilität sorgt.

Auffallend bei diesem Modell war, dass das Fußpedal frei im Rad hing und leicht überdrehte. Um dem entgegenzuwirken muss sowohl eine rückfedernde Mechanik verbaut werden, die die Fußboards immer wieder in eine neutrale Position bringt, als auch ein Stopper, der den maximalen Winkel der Neigung des Fußboards bestimmt.

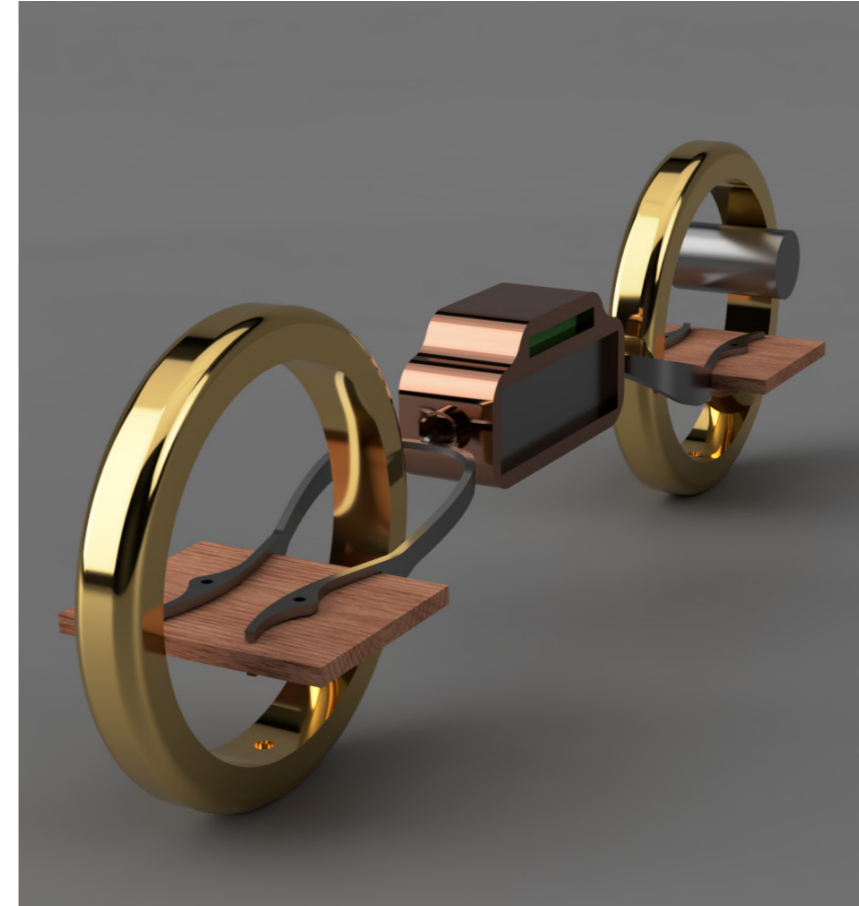


# ENTWURF

## 7 | Komponentenposition

Nach wiederholten Positionsversuchen wurde klar, dass der Motor tatsächlich am Rad angebracht werden sollte, jedoch nicht unter das Fußboard passt. So würde er am Boden entlang kratzen, wenn das Fahrzeug in Kurvenlage gebracht werden würde. Ihn direkt mit dem Rad zu koppeln, vermeidet komplexe Übertragungswege, die sonst nötig wären.

Das Steuerungsmodul, sowie der Akku und Anzeigen sind im Hauptkörper des Chassis verbaut.



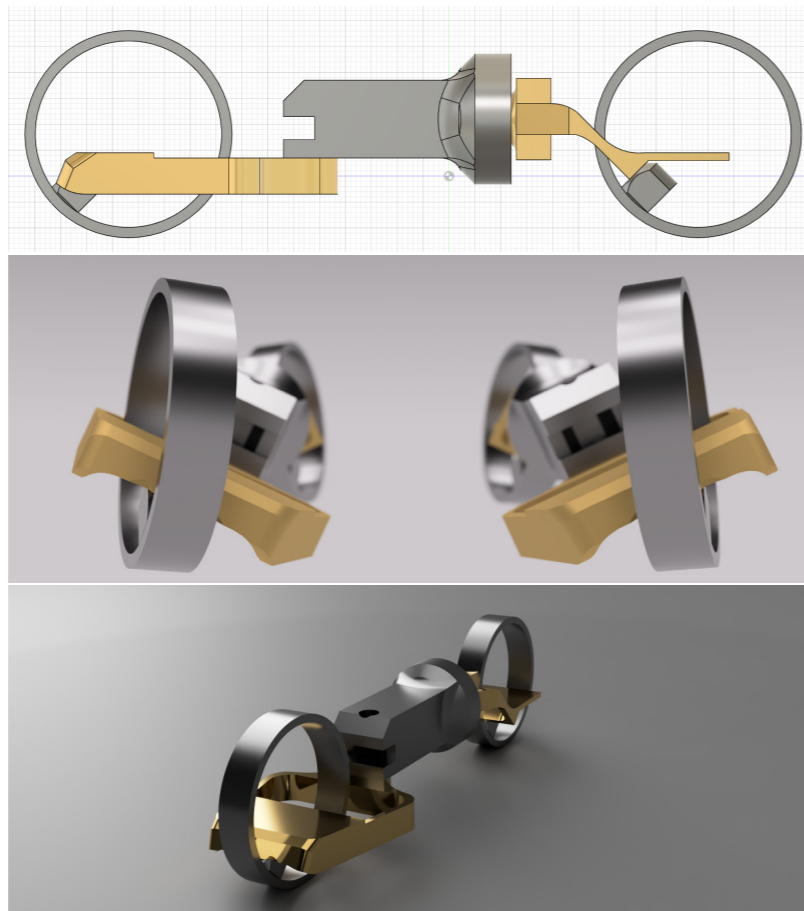
# ENTWURF

## 08 | Lenklager

Bei dieser Version wurde der Nachlauf mit in die Radaufhängung eingeflochten. Deshalb verschiebt sich die Position der Lager auf die vordere Hälfte der Räder.

Durch die Position der Lager an dieser Stelle, und dies ist eine Entdeckung, die per Zufall entstand, wird das Rad sowohl in der senkrechten Achse gedreht, als auch in einer dazu orthogonal verlaufenden Achse. Dies führt dazu, dass sich der Reifen nur leicht in die Kurve lehnt. Damit bleibt die Belastung auf der Reifenmantelfläche relativ zentriert und schädliche Querbelastungen werden eliminiert.

Das Mittelstück/Chassis ist asymmetrisch angeordnet, damit die Fahrtrichtung auch in der Form wiederzuerkennen ist. Die vordere Gabel darf nicht zu breit oder tief sein, da sie sonst mit dem Boden kollidiert.

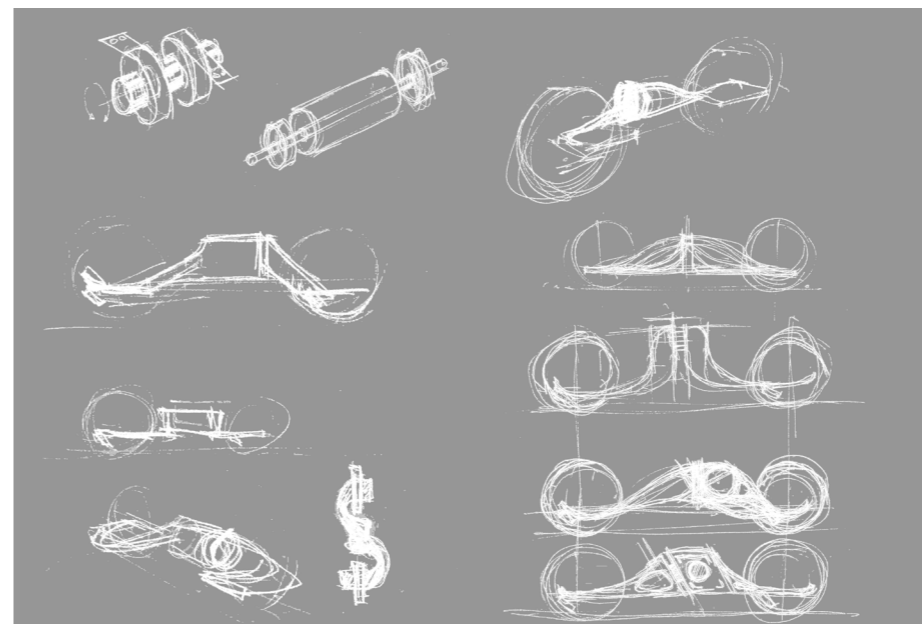


# ENTWURF

## 09 | Formgestalterischer Ansatz

Die Front zu strecken schien der Form eine definierte Richtung zu verleihen. Durch die Taillierung wirkt das Fahrzeug zwar leicht und durch die organische Form ebenfalls schnittig, jedoch noch zu statisch.

Gerade die gegenläufige Neigung, die für das Lenken benötigt wird, findet sich nicht in der Form wieder. Damit diese Bewegung noch intuitiver unterstützt wird, entschied ich mich in folgenden Iterationen für eine einarmige Gabel der Räder.

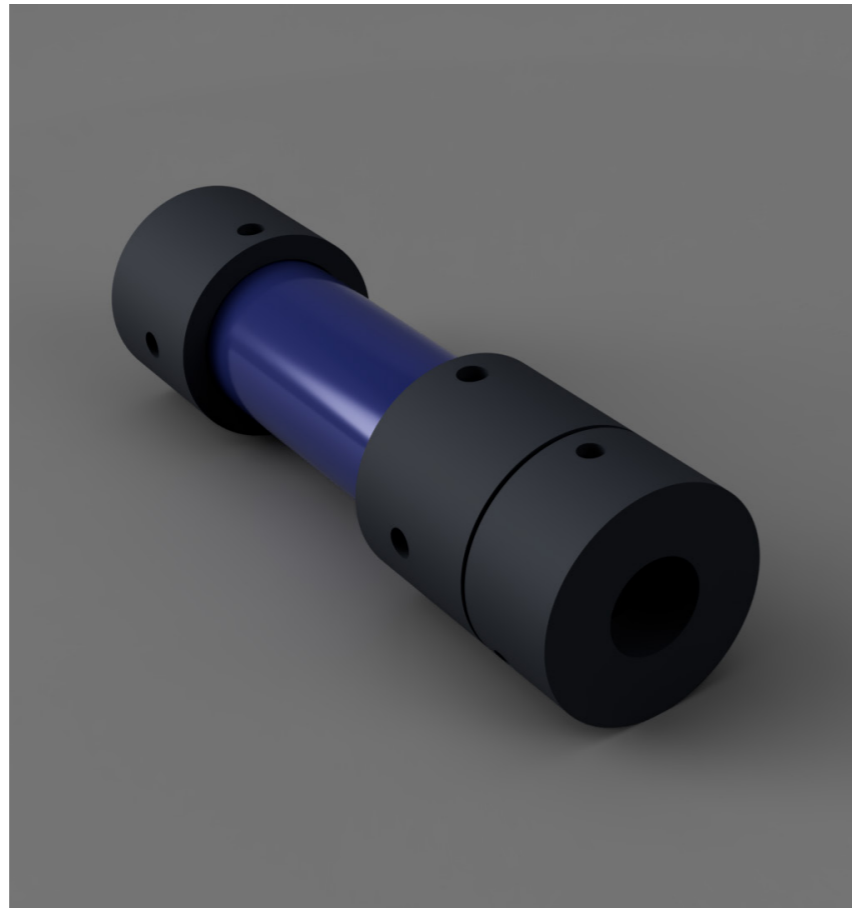


# ENTWURF

## 10 | Rückfederung

Um die Spurhaltung zu unterstützen werden die beiden Fußboards mit einem elastischen Stab verbunden, der sie immer wieder in ihre Ausgangsposition zurückdreht.

Der Stab ist um eine stabile Achse gelegt und sorgt lediglich für die rotierende Stabilität. Die Last der beiden Chasisteile trägt die innen verlaufende Achse.



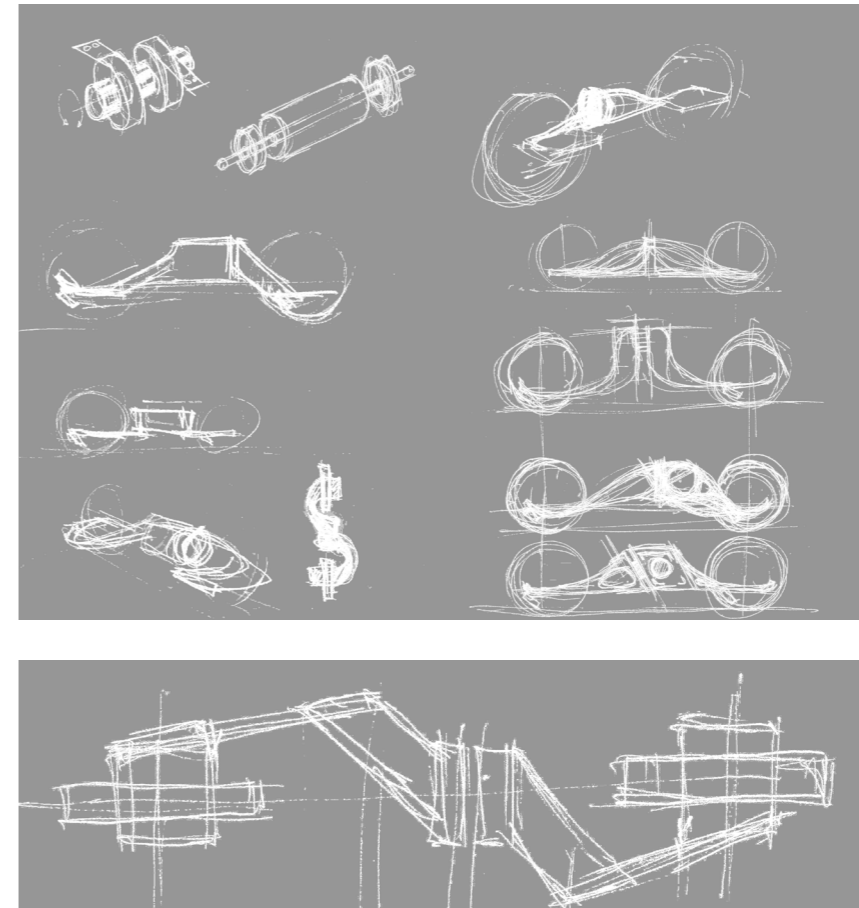
# ENTWURF

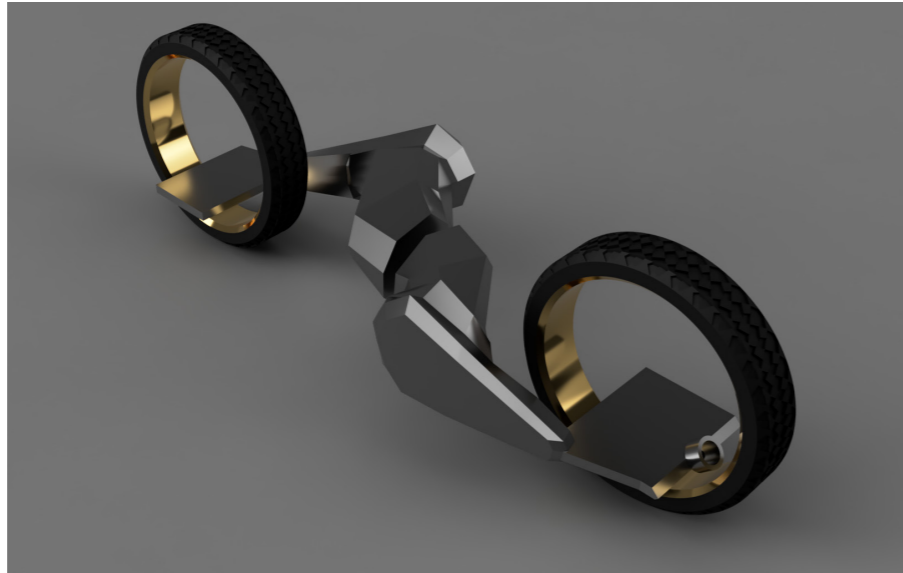
## 11 | Formfindung

Die Seitenansicht und die Aufsicht auf ein Produkt sind meistens die ausschlaggebenden Winkel, aus denen der Betrachter dieses wahrnimmt. Mit diesen Ansichten lässt sich ein Objekt relativ eindeutig beschreiben, da überdeckte Kanten aus der jeweils anderen Ansicht erfasst werden können.

Nachdem die funktionalen Punkte überdacht waren, legte ich die Basisgestaltung für das äußere Erscheinungsbild fest. Hauptsächlich sollte das Endprodukt einen futuristischen Look besitzen, weshalb ich mich für einen Flächenaufbau mit Polygonen entschied.

Während des Zeichnens wurde das erste mal ein Schutzblech hinzugefügt, das die Schienbeine des Fahrers vor Dreck und Verletzung an den Reifen schützt.



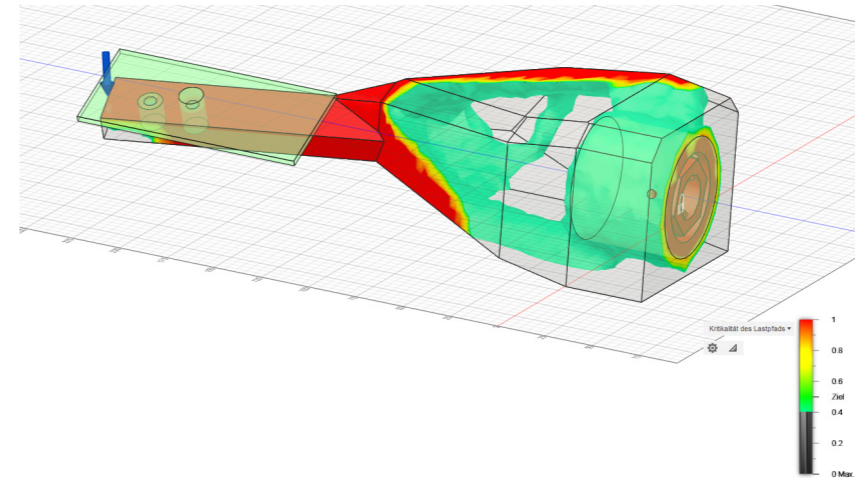


Die asymmetrische Anordnung bleibt beibehalten, um die Fahrtrichtung und die Steuerung auch in der Form zu vermitteln.

Die Mitte ist hier noch leicht angehoben und eine S-Form in der Aufsicht erkennbar. Um den Schwerpunkt weiter nach unten zu ziehen wurde diese Form später abgeflacht. Beide Fußpedale sind dem Boden sehr nah und

würden schnell die Kurvenfahrt blockieren, wenn sich der Fahrer auch nur minimal in die Kurve legte.

Obwohl die Lenkachsen noch nicht klar bestimmt wurden, ist absehbar, dass der nötige Neigungswinkel der Fußpedale nicht erreicht werden kann. Ein größerer Wendekreis wäre die Folge.



## Neuer Ansatz

Mithilfe von Berechnungssimulationen kann die Kritikalität des Lastpfads ermittelt werden. Der ursprüngliche Plan: Ein möglichst materialarmes Funktionsmodell erstellen, um geplante Mechanismen im realistischen Maßstab zu testen.

Dieses fällt in den Bereich des generativen Designs. Es wird der effektivste Weg des Materials gefunden, um die festgelegten Lasten zu tragen. Alles überflüssige Material wird herausgeschnitten und entfernt. So entstehen sehr organisch wirkende Formen, die fast wie Knochen wirken.

Beschränkend ist allerdings, dass die Simulation nur in einem vorher konstruierten Körper einen Lastpfad errechnen kann. Das heißt, der Algorithmus kann hier nur in einem vorgegebenen Rahmen handeln.

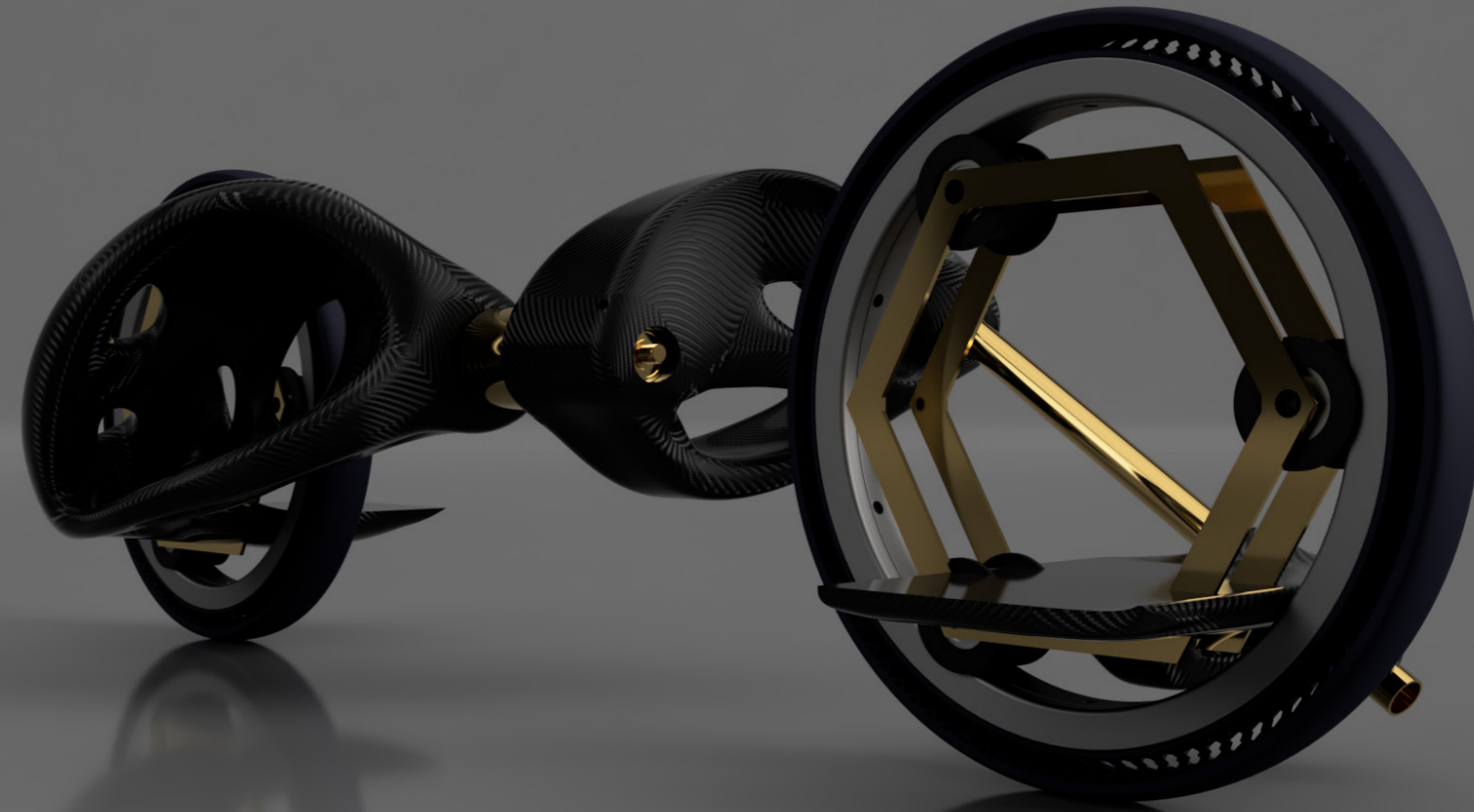
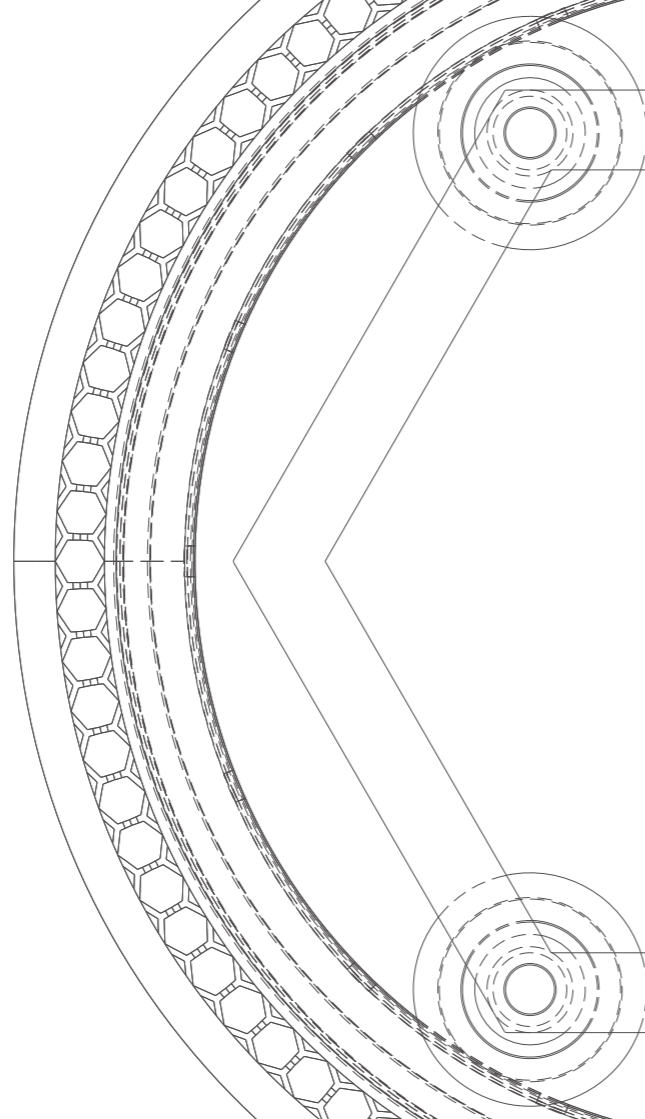
# ENTWURF

## 14 | Umsetzung der Räder

Die Felge ist hier mit drei Rollen in ihrer Position fixiert. Die Rollen sind beidseitig an einem Tragring (hier Hexagon) montiert, um ein Ausbrechen zu den Seiten zu verhindern. Der Tragring ist das zentrale Element der Räder. Es koppelt die Felgenaufhängung mit dem Fußpedal und damit dem Rest des Fahrzeugs.

Die Zielform war weiterhin die Polygonstruktur, weshalb der Tragring als Hexagon passend erschien. Dies stellte sich später allerdings instabiler und visuell chaotischer heraus, als ein runder Tragring.

Ebenfalls im Bild erkennbar ist der Reifen. Hier wiederholt sich das Hexagon in den Aussparungen. Dieses Muster ergibt eine Form, die sich abstützt, eine Federwirkung hat und gleichzeitig Material spart.



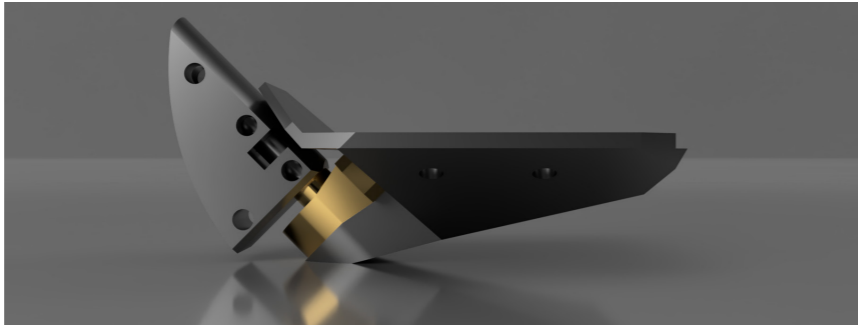
# ENTWURF

## 15 | Fußpedale

Die Fußpedale sind ein wichtiger Ankerpunkt. Ihre Form gab einen wichtigen Anstoß über das Gesamtkonzept der Gestaltung und Form der Hauptkörper.

Das Fußpedal stützt sich am Gehäuse des Lenklagers (Gold) erneut ab und bringt so Entlastung für die Verbinder. Das Lenklager ist mittels Madenschrauben an der Achse befestigt. Die Achse ist direkt mit der Aufhängung (Links im oberen Bild) verschraubt, die die Last auf den Tragrings überträgt.

Die Aufhängung hat eine gefaste Oberseite, um der Kante des Fußpedals genug Bewegungsfreiheit zu geben und den maximalen Neigungswinkel festzulegen.

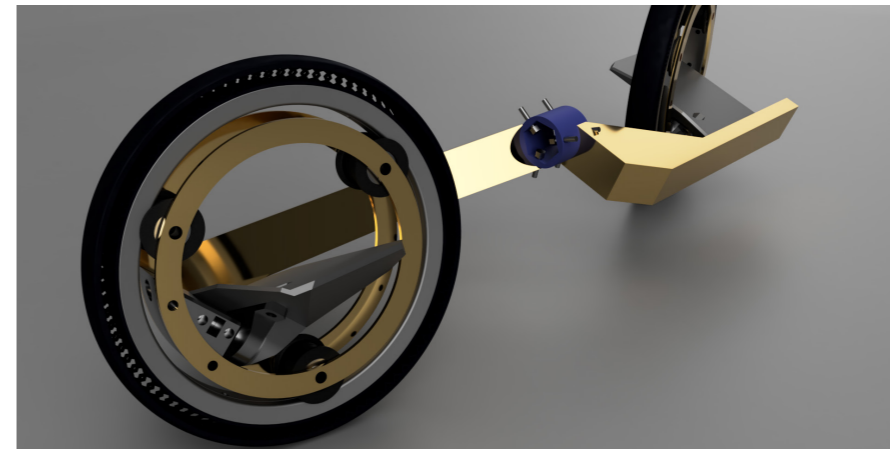
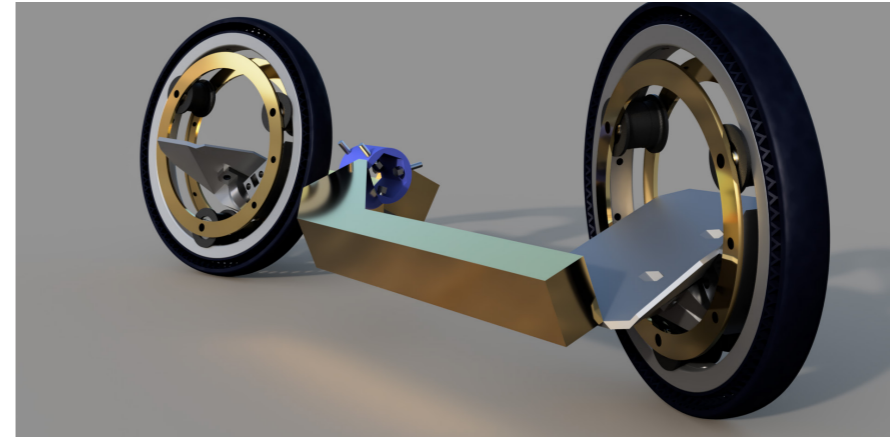


# ENTWURF

## 16 | Chasisfunktion

Dieser simple Aufbau eines Experiments mittels einfacher Balkenplatzhalter, die für die Hauptchasis stehen, ermöglicht eine digitale Simulation der Bewegungen im Produkt.

Von dieser Form stammt zudem die Inspiration für spätere Ausführungen, vor allem wegen der geradlinigen Anordnung aller Teile auf der Ebene der Fußboards.

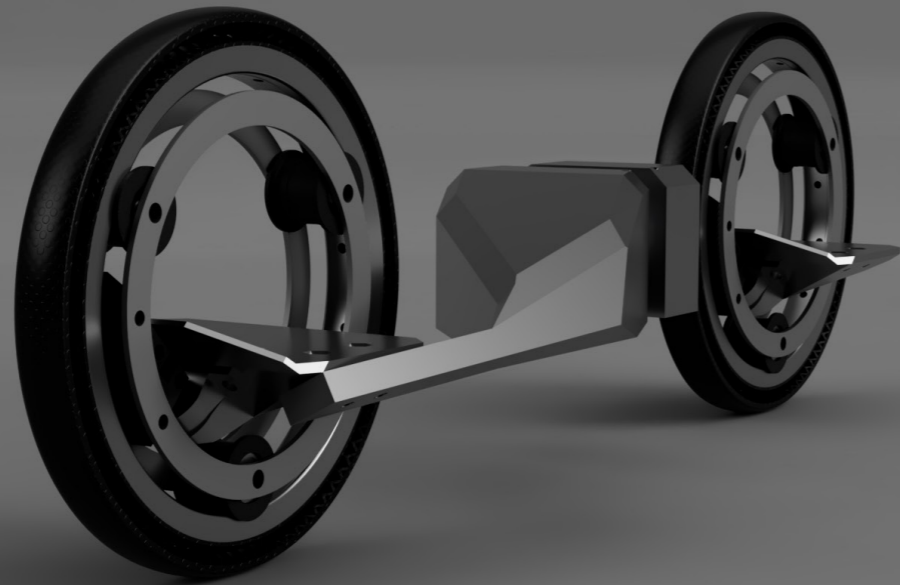


# ENTWURF

## 17 | Casisform

Ausgehend von den zwei goldenen Balkenplatzhaltern entstand diese Form. Vor allem wirkt sie definierter als die erste Freiform (siehe Entwurf 12 | Formfindung- Technoid).

Die monochrome Materialwahl entspannt und beruhigt zusätzlich den Gesamteindruck.

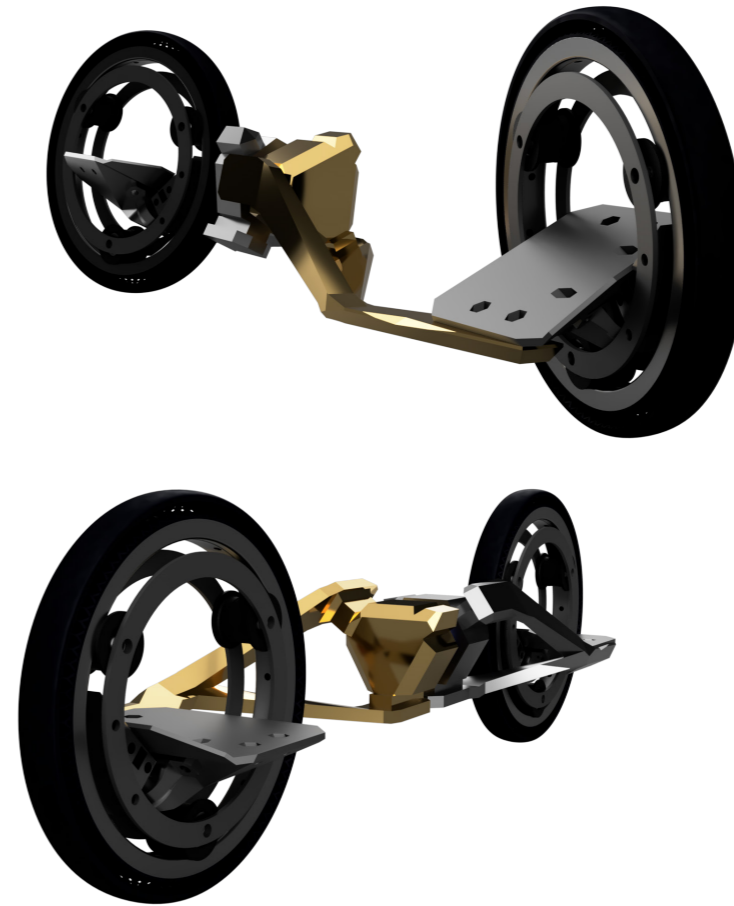


# ENTWURF

## 18 | Casisoptimierung

Dieser Ansatz beschäftigt sich hauptsächlich mit der Übertragung der generativ erstellten Form in eine futuristische Polygonstruktur. Die Verwindung der beiden Chasisteile führt zu einer Vielzahl an verschränkten Kanten, die Unruhe erzeugen. Der Platzmangel für Komponenten, wie den Akku oder das Steuerelement, ist ebenfalls ein Problem, um dass sich gekümmert werden muss.

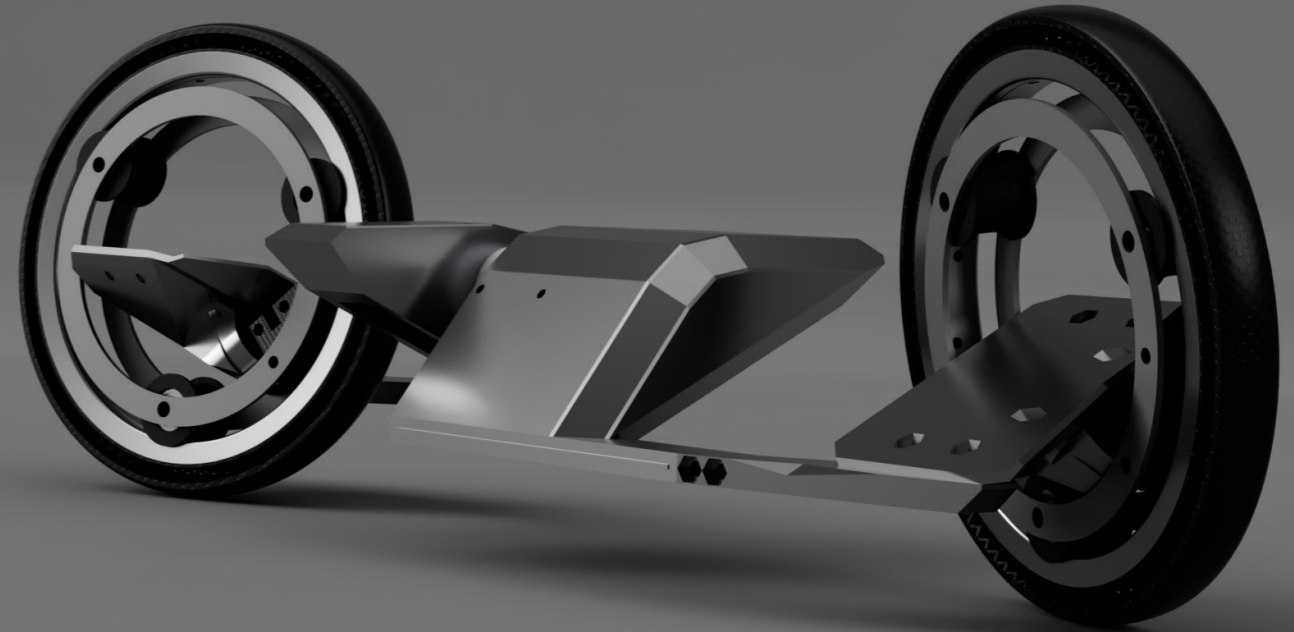
Im Gegenzug bot die Form allerdings einen stabilen und dennoch definiert kontrollierten Eindruck. Unterstützt wird dieser ebenfalls durch die Wiederholung von Formelementen im Front- und Heckchassis.





Die endgültige Chasisform folgt aus der Frontsicht grundlegend der eines Dreiecks. Die Flächen möglichst groß und wenig verschlungen zu gestalten beruhigen den gesamten Eindruck des Chasis. Die Fasen helfen dabei eine schnittige Form beizubehalten, ohne von

der Polygonstruktur abzuweichen. Um weitere Unruhe in der Form zu vermeiden werden die Chasisteile in beide Seiten auseinandergezogen. Einzig asymmetrisch ist die einarmige Gabel, die gegenläufig von vorne nach hinten gelegt, an die Fußpedale anknüpfen wird.



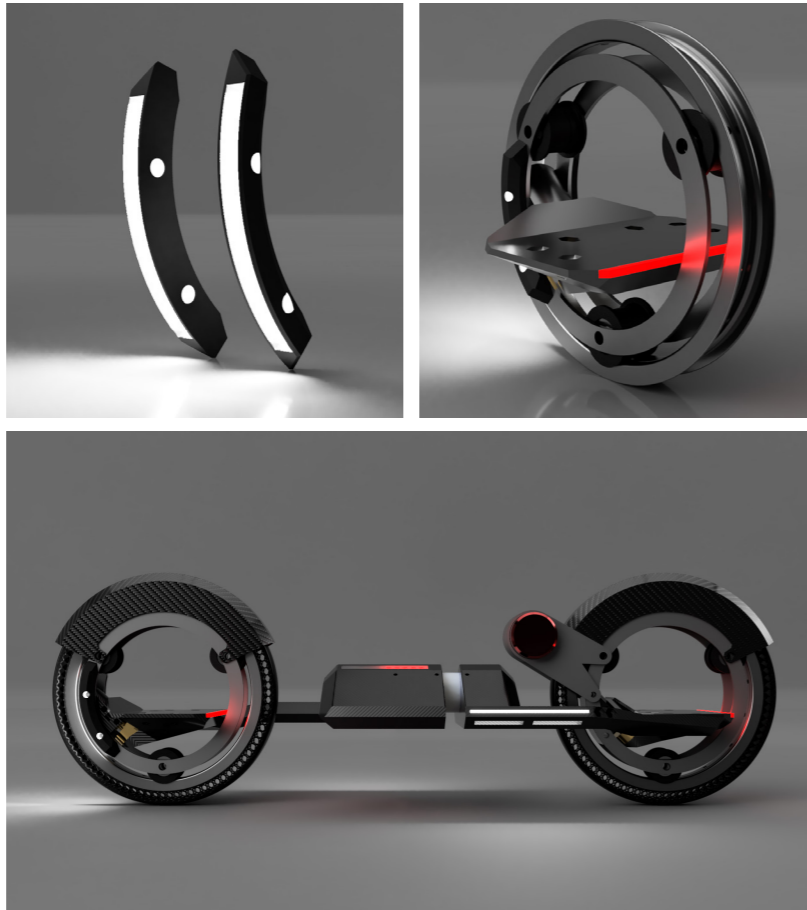
## ENTWURF

### 20 | Licht

Die Frontlichter fügen sich komplett in die Form des Tragrings ein. Montiert werden diese an den gleichen Schrauben, an denen auch die Aufhängung des Lenklagers befestigt ist. So wird der Tragrings weniger durchlöchert und bleibt stabiler.

Die Rückleuchte befindet sich nicht integriert in den Tragrings, da die Befestigungsmöglichkeiten an der Rückseite eher beschränkt sind. Sie positioniert sich an der rückwärtigen Kante des jeweiligen Fußboards. Die Redundanz der Rückleuchten an beiden Fußboards verhindert, dass sie versehentlich vom Fahrer verdeckt werden könnten.

Zusätzlich sind seitlich abstrahlende Leuchtstreifen an den Gabeln angebracht, um die Sichtbarkeit zu erhöhen.



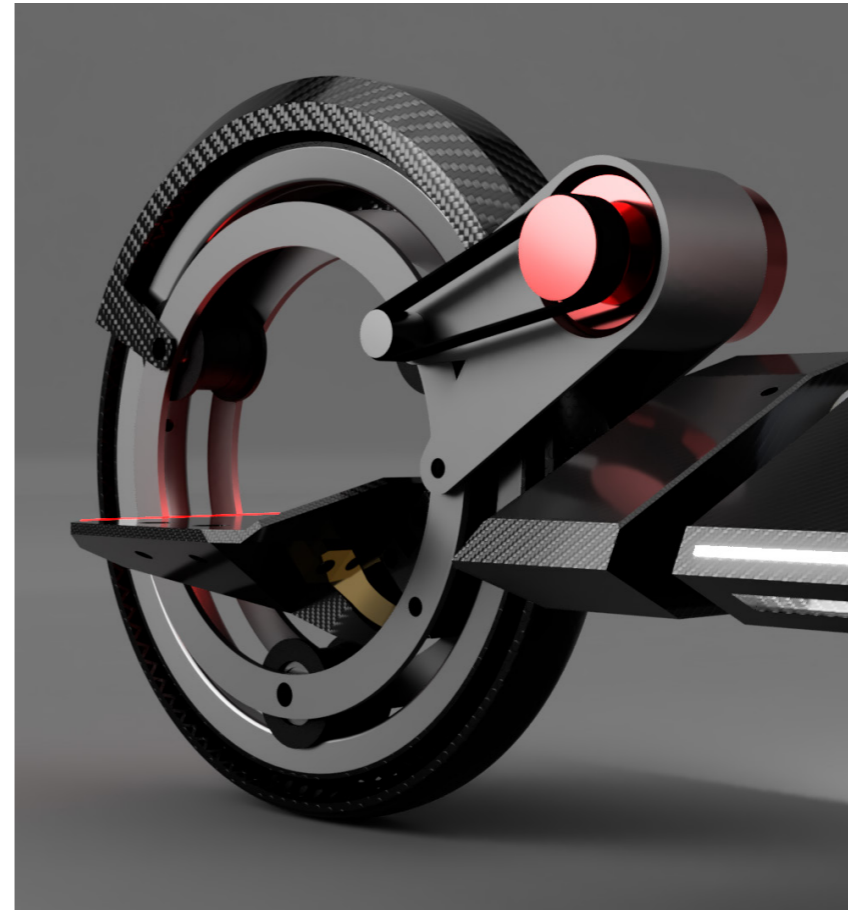
## ENTWURF

### 21 | Motor

Den Motor zu platzieren war eine schwierige Angelegenheit, da vor allem seine Größe und der Platzmangel im Rad gegeneinander auszuspielen waren.

Um diesem Problem aus dem Weg zu gehen, wurde der Motor außerhalb des Rads, aber an das Rad fixiert, installiert. Mit der Fixierung am Rad und nicht im Chassis kann eine komplizierte Wellenführung zur Übertragung der Motorrotation verhindert werden. So braucht es lediglich einen Riemen und ein Übertragungsrad auf die Felge.

Experimentell könnte der Motor auch komplett in das Rad integriert sein, indem der Tragrings der Stator und die Felge als Rotor fungieren. Diese Variante ist allerdings hoch komplex und würde ein eigenes Projekt für sich sein, weshalb hier auf die klassische Antriebskette gesetzt wird.



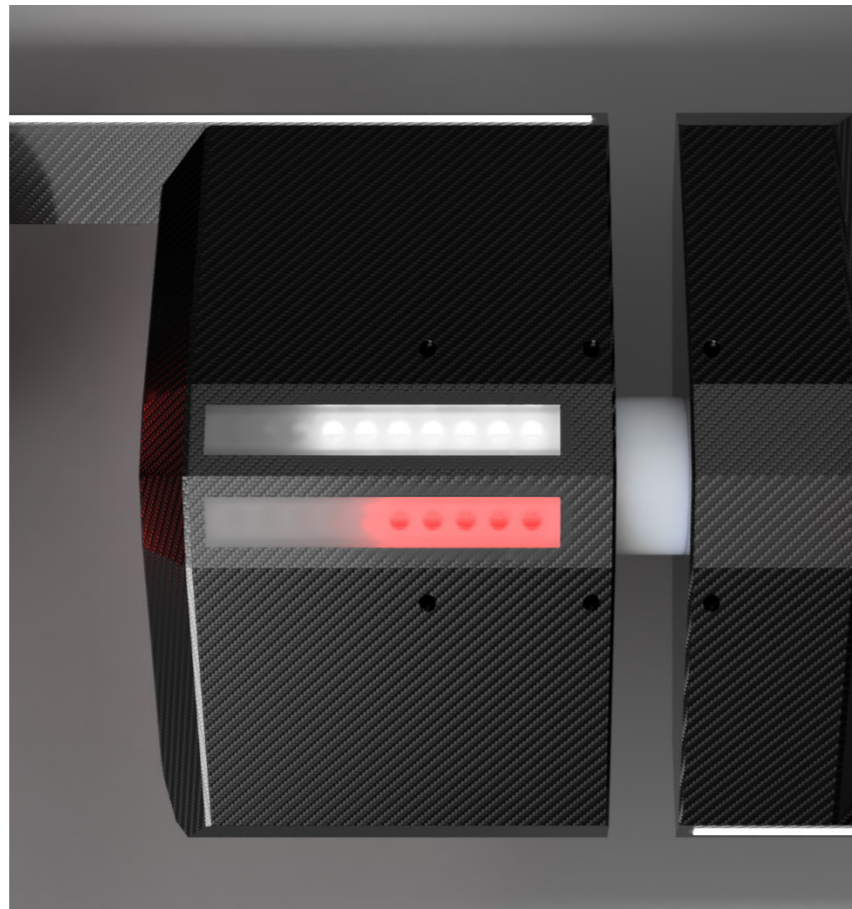
# ENTWURF

## 22 | Anzeigen

Die wichtigste unter den Anzeigen ist das Energielevel des Akkus. Danach kommt der Tacho, der die Geschwindigkeit angibt. Da sich das Board im besten Fall unter den Füßen des Fahrers befindet, sollten die Anzeigen nach oben gerichtet sein, sodass auch bei der Fahrt ein schneller Blick darauf geworfen werden kann.

Die Anzeigen sind lediglich als Balken und ohne genaue Zahlenangaben zu sehen, da genaue Zahlen einen längeren Blick benötigen, um erkannt zu werden. Dies würde die Aufmerksamkeit des Fahrers zu lange ablenken.

Da das Gefährt nicht schneller als die vorgeschriebenen 25km/h fahren darf, gibt es auch keinen direkten Grund, der für den Verbau einer genauen Geschwindigkeitsanzeige mit Ziffern spricht. Die LED-Streifen sind in zehn Schritte aufgeteilt und wurden im Frontchassis eingelassen.



# ENTWURF

## 23 | Carry-On

Grundlage und Anlass der Gestaltung dieses Gefährts war die Überbrückung der Zwischenwege oder auch "Last" und "First mile" zwischen nächster Station der öffentlichen Verkehrsmittel und dem Start- bzw. dem Zielort.

Die Mitnahme des Fahrzeugs in die öffentlichen Verkehrsmittel ist also Pflicht. Darum war es auch wichtig, ein möglichst schmales und platzsparendes Produkt zu entwerfen, damit es keinen Störfaktor für andere Fahrgäste darstellt. Um das Fahrzeug zu tragen oder zu schieben fungiert das Hinterrad als Griff.

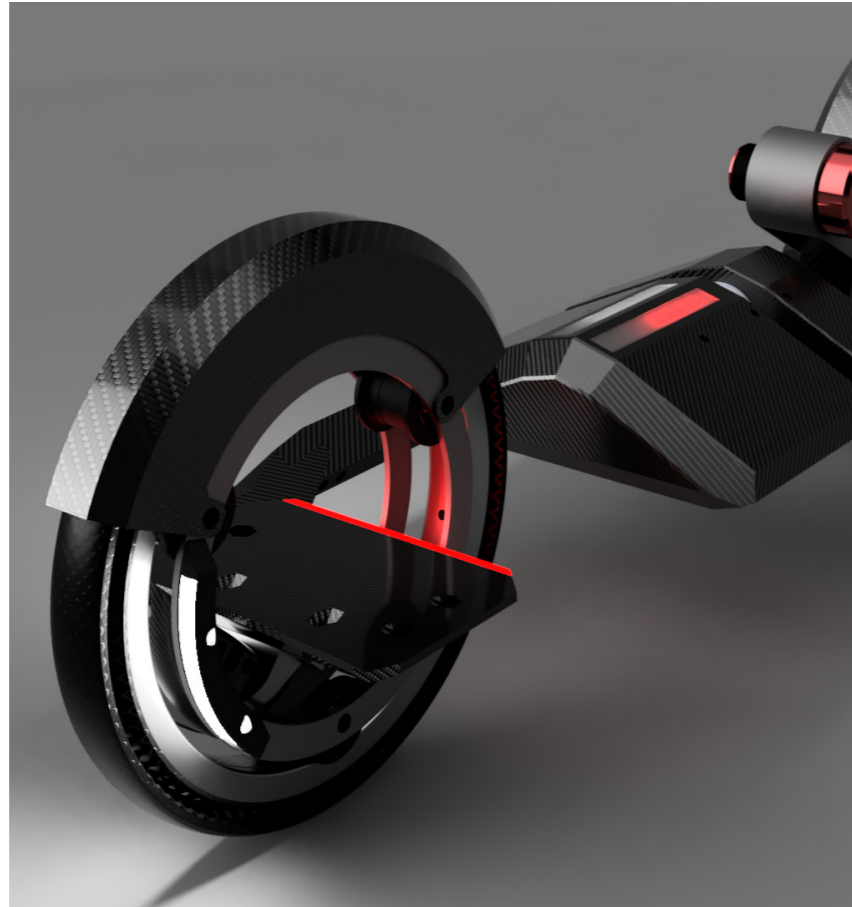


## ENTWURF

### 24 | Modularität

Das komplette Gerät wurde so entworfen, dass ein kundenseitiger Zusammenbau möglich sein kann, vor allem, um ein Modell zu erzeugen, welches tatsächlich nutzbar ist.

Sollte es zu Schäden kommen oder Materialien zu einem späteren Zeitpunkt ausgetauscht werden müssen, so sind alle verwendeten Teile austausch- und ersetzbar. Dem Nutzer wird so auch die Möglichkeit eröffnet, eigene Erweiterungen vorzunehmen.



## ENTWURF

### 25 | Fernsteuerung

Beschleunigung und Bremsung erfolgen über den Elektromotor. Der Elektromotor bekommt sein Signal aus dem Steuerungsmodul. Dieses empfängt die Eingaben aus der Fernbedienung in der Hand des Fahrers. Die Fernbedienung kann im hinteren Teil des Chassis verstaut werden und wird dort ebenfalls geladen.

Komplett auf die Fernbedienung zu verzichten und die Geschwindigkeit mit Gewichtsverlagerung zu steuern wäre ein Konzept für die nächste Version dieses Fahrzeugs.



# KONKLUSION

Im Rückblick auf das Projekt verlief der ganze Prozess bis auf Kleinigkeiten relativ reibungslos.

Durch stetiges Abwechseln von Kurations- und Testphasen konnte ich Mechaniken und Konzepte schnell auf Erfolg überprüfen. Der 3D-Drucker spielte dabei eine sehr wichtige Rolle, da er mir die Möglichkeit gab, die CAD-Modelle auch in Realität zu erproben. Vor allem mechanische Verbindungen wie den Lenkmechanismus, galt es auf seine Richtigkeit zu testen, da er ein Hauptbestandteil des Gesamtproduktes ist. So konnte ich schwierige und komplexe Simulationen von eigentlich einfachen Vorgängen überspringen und sie direkt am Objekt anwenden. Ebenso war die Genauigkeit durch das CAD-Modell vorgegeben und Abweichungen durch händisch erzeugte Fehler und Ungenauigkeiten konnten vermieden werden.

Die einzelnen Zwischenschritte mussten teils zwar in ebenfalls abgewandelten und vereinfachten Modellen erzeugt werden, verringerten jedoch insgesamt die Zeit des Entwurfsprozesses. Über den Zeitraum der Abschlussarbeit

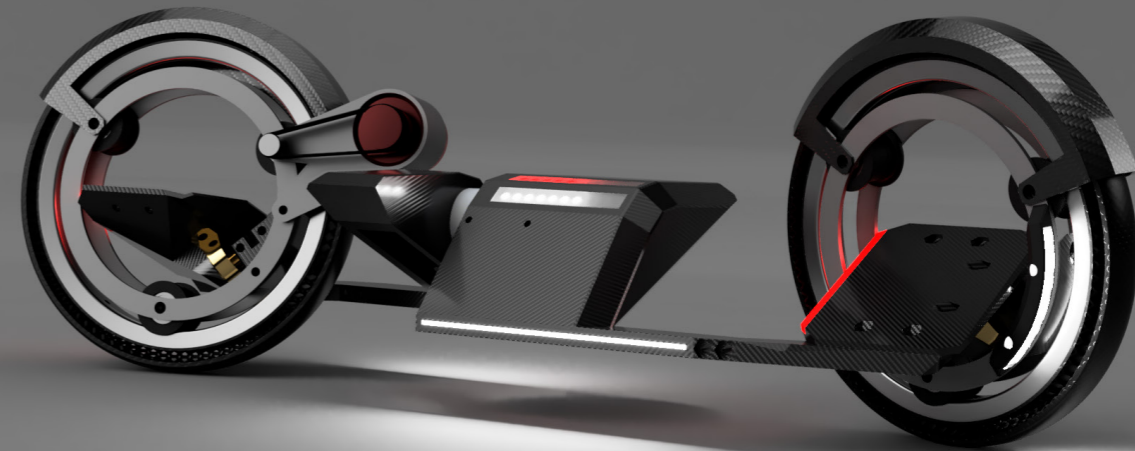
konnte ich auch viel Erfahrung, vor allem im Prozess des "Rapid-Prototyping", sammeln. Dadurch baute sich auch ein Workflow und ein steter Fortschritt im Gesamtprojekt auf.

Der Modellbau erfolgte hier vor allem zur Funktionsüberprüfung, aber auch zur ästhetischen Wahrnehmung. Mein Entwurf und auch mein Modell folgen einer relativ strikten "Form-Follows-Function"-Philosophie. So war ich immer als erstes darauf bedacht, dass ich die Grundpfeiler der Vision aufstellte, sodass das Endprodukt auch funktionstüchtig ist. Auf diese Pfeiler kann sich dann die restliche Gestaltung stützen. Der Kern des Designs sollte immer der funktionelle Aspekt sein und keine anregende Irritation oder ein Konzept, welches zu viele offene Variablen hätte. Die Umsetzbarkeit war mir sehr wichtig.

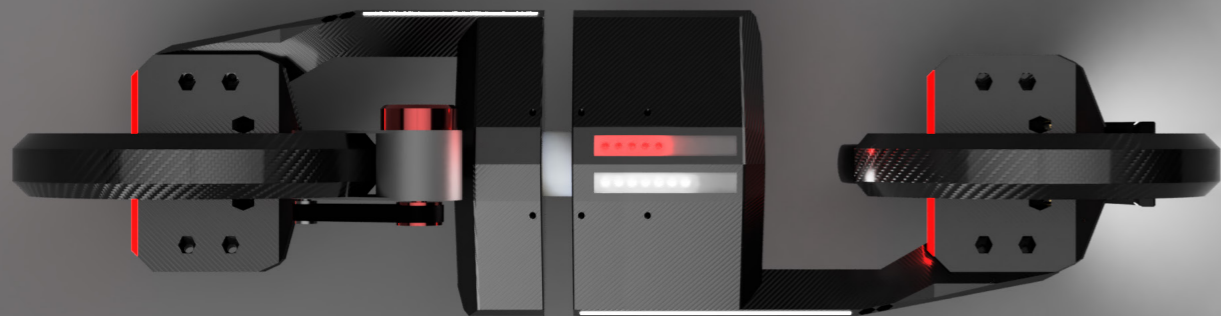
Meine Grundidee umzusetzen gelang mir in diesem Projekt definitiv. Lediglich die Einhaltung der Verordnung mit der Haltestange macht meinen Entwurf nicht straßentauglich. Ich habe zwar ein wenig mit dem Motor zu kämpfen gehabt, aber schlussendlich doch

noch eine Lösung gefunden, die gut in mein Konzept passt und auch die weitere Entwicklung ermöglicht. Der Fakt, dass alle Teile ohne größere Maschinerie hergestellt werden können ist natürlich kein Zufall. Ich habe alle Teile so angepasst, dass sie auf meinen eigenen 3D-Drucker passen. Das ist in manchen Fällen zwar strukturell nicht optimal, wird mit der Modularität allerdings ausgeglichen. Die größte Hürde, die mich die längste Zeit beschäftigte, waren tatsächlich die Lenklager. Sie funktionstüchtig zu machen war aber unumgänglich, wenn ich meine Vision beibehalten wollte. Eine zweite Dauerbaustelle war das Chassis des Gefährts. Die Parameter, wie Größe und Abstände waren schon früh gegeben, doch eine Form zu finden, die alles zusammenfasst ist dann umso schwieriger.

Am meisten motivierte mich das eigene Interesse am Thema. Das führt auch nochmal vor Augen, wie wichtig es doch ist, dass man Spaß und Initiative in der Arbeit haben muss, denn sonst bleibt man in vorhandenen Mustern stecken und die Qualität leidet darunter.









# IMPRESSUM

---

Kai Kirstaedter  
Juttastraße 3  
14169 Berlin

Exemplar | 3

# EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

---

Hiermit erkläre ich an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Zuhilfenahme der ausgewiesenen Hilfsmittel angefertigt habe. Sämtliche Stellen der Arbeit, die im Wortlaut oder dem Sinn nach anderen gedruckten oder im Internet verfügbaren Werken entnommen sind, habe ich durch genaue Quellenangaben kenntlich gemacht.

Berlin,

Kai Kirstaedter