

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>2</b>
<b>2 Bemerkungen</b>	<b>5</b>
<b>3 Material für das Lastenrad</b>	<b>8</b>
3.1 Material/Stahl . . . . .	8
3.1.1 Explosionsskizze des Lastenrades . . . . .	8
3.1.2 Querschnitte der Stahlhalbzeuge . . . . .	11
3.1.3 Grobzuschnitt der Stahlhalbzeuge . . . . .	13
3.2 Fahrradanteile . . . . .	14
3.2.1 Fahrradrahmen und -gabel . . . . .	14
3.2.2 Bremsen . . . . .	16
3.2.3 Felgen, Lenker und Schaltung . . . . .	17
<b>4 Material für die Bikebench</b>	<b>20</b>
<b>5 Aufbau des Lastenrades</b>	<b>23</b>
5.1 Zuschnitt des Materials . . . . .	23
5.2 Aufbau des Grundrahmens . . . . .	23
5.2.1 Fahrradrahmen abschneiden und Bearbeitung des Unterrohres . . . . .	24
5.2.2 Bearbeitung des Unterrohrknicks . . . . .	31
5.2.3 Schweißen des Grundrahmens . . . . .	33
5.2.4 Ladefläche . . . . .	38
5.2.5 Lenkung . . . . .	41
5.2.6 Probefahrt . . . . .	49

5.3	Fahrradtechnik, Anbauteile und Aufbau . . . . .	50
5.3.1	Fahrradausstattung . . . . .	50
5.3.2	Elektrischer Antrieb . . . . .	53
5.3.3	Aufbau - Kiste . . . . .	53
5.3.4	Warum wir mit diesem Projekt begonnen haben . . . . .	53
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>54</b>
6.1	Fahrradteile für den Aufbau und zur Gewährleistung der Verkehrstauglichkeit des Lastenrades . . . . .	54
6.2	Werkzeuge, Gerätschaften und Maschinen zum Bau des Lastenrades . . . . .	55
<b>7</b>	<b>Elektrischer Antrieb</b>	<b>56</b>
7.1	Grundsätzlicher Aufbau . . . . .	56
7.2	Aufbau und Funktionsweise des Pedal-Generator . . . . .	57
7.2.1	Mechanischer Aufbau . . . . .	57
7.2.2	Wirkungsweise der PKW-Lichtmaschine . . . . .	58
7.3	Beschreibung der Steuerbox . . . . .	59
7.3.1	Funktionen und Anschlüsse der Steuerbox . . . . .	59
7.3.2	Das Innenleben der Steuerbox . . . . .	61
<b>8</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>62</b>
<b>9</b>	<b>Galerie</b>	<b>63</b>

# Abbildungsverzeichnis

0.1	Unser Lastenrad . . . . .	1
1.1	Verwendungsideen für ein multifunktionales Lastenrad . . . . .	3
3.1	Explosionsskizze des Lastenrades; Quelle: [1] . . . . .	9
3.2	Querschnitte der Stahlhalbzeuge; alle Maßangaben in mm; Quelle [1] . . . . .	11
3.3	Grobzuschnitt der Stahlhalbzeuge; Quelle: [1] . . . . .	13
3.4	ungemuffter, geschweißter MTB-Stahlrahmen; Quelle: [1] . . . . .	15
3.5	Unterschied zwischen Speichenlaufrad und Systemlaufrad . . . . .	18
4.1	Aufbau der Bikebench; Quelle [1] . . . . .	21
5.1	Explosionszeichnung des Grundrahmens; Quelle: [1] . . . . .	23
5.2	Abschneiden des Rahmen mittels Winkelschleifer und Holzbrett als Orientierungshilfe	24
5.3	Bestimmung der Länge des Unterrohres in Abhängigkeit der Rahmenlänge . . . . .	26
5.4	Bohrung und Anpassung des Unterrohres an das Tretlagergehäuse . . . . .	27
5.5	Positionierung auf der BikeBench und Bohrung für das lange Steuerrohr . . . . .	29
5.6	Anpassen des Steuerrohrs an den Rahmen; Quelle: [1] . . . . .	30
5.7	Ausrichten des Rahmens auf der BikeBench; Quelle: [1] . . . . .	31
5.8	Abmaße des Unterrohrknicks; Abbildung oben rechts: abgewickelter Unterrohrknick; Quelle: [1] . . . . .	32
5.9	Bohrung der Vordergabelaufnahme . . . . .	33
5.10	Aufbau des Grundrahmens durch anpunkten . . . . .	35
5.11	Verstärkungsvarianten . . . . .	37
5.12	Einstellungen für das Schweißen des vorderen Teiles des Grundrahmens . . . . .	38
5.13	Haltebügel der Ladefläche . . . . .	39
5.14	Aufbau der Ladefläche . . . . .	40
5.15	Grundlegender Aufbau des Lenksystems; Quelle: [1] . . . . .	41
5.16	Zusammenbau des ersten Teils der Lenkung . . . . .	43
5.17	Abfolge des Zusammenbaus des Lenkschaftes . . . . .	45

5.18 Aufbau der Lenkstange und des kurzen Lenkhebels; Quelle: [1] . . . . .	46
5.19 Anpassung der Lenkstange; Quelle: [1] . . . . .	47
5.20 Verbindung der Lenkhebel mit der Lenkstange . . . . .	48
5.21 Endgültiges setzen der Schweißnähte sowie das Ausrichten nach dem schweißen . .	49
5.22 Das aufgebaute Lastenrad und die erste Probefahrt . . . . .	50
5.23 Bilder der verwendeten Fahrradteile . . . . .	52
7.1 Blockschaltbild Technik . . . . .	56
7.2 Befestigung Generator . . . . .	57
7.3 Erregung . . . . .	58
7.4 Steuerbox Anschlüsse . . . . .	59
7.5 Steuerbox Draufsicht . . . . .	60
7.6 Blockschaltbild des Pedal-Generators . . . . .	61

# Tabellenverzeichnis

3.1	Teileliste . . . . .	10
3.2	Zusammenfassung der Querschnitte der Stahlhalbzeuge . . . . .	12
3.3	Vor- und Nachteile der Nabenschaltung . . . . .	19
3.4	Vor- und Nachteile der Kettenschaltung . . . . .	19
6.1	benötigte Fahrradbauteile zur Verkehrstauglichkeit des Lastenrades . . . . .	54
6.2	benötigte Werkzeuge, Gerätschaften und Maschinen zum Bau des Lastenrades . . . . .	55

## Unser Lastenrad



Abbildung 0.1: Unser Lastenrad

# 1 Einführung

**Idee und Inhalte** Aktive aus dresdener Gemeinschaftsgärten, offenen Werkstätten und den Stories of Change (einer Initiative, die Geschichten des Wandels in Dresden in öffentlichen Filmvorführungen zeigt) möchten ein multifunktionales Umweltbildungs-Lastenrad bauen:

- Es wird ein pedalbetriebener Mixer zur Herstellung von Smoothies montiert, der so leistungsfähig sein wird, dass auch Gartenkräuter damit verarbeitet werden können.
- Mit Hilfe einer modularen Aufbockung wird ein Generator angeschlossen, um kleine Mengen an Strom zu produzieren und so den Wert von Energie zu veranschaulichen.
- Es wird eine große Lastenkiste angebaut, in der Gartengeräte und -materialien, Smoothie-Zutaten, Info-Material oder die mit dem Pedalgenerator zu betreibende Filmabspieltechnik der Stories of Change transportiert werden können.

Die Skizze in Abbildung 1.1 soll die Ideen veranschaulichen.



Abbildung 1.1: Verwendungsideen für ein multifunktionales Lastenrad

## Ziele

Die Ziele des Projekts bewegen sich auf sehr vielfältigen Ebenen:

- Das erste Ziel ist es, Akteure der Nachhaltigkeitsbewegung in Dresden in einem gemeinsamen Projekt zu verbinden, um kooperative Projektgestaltung und Vernetzung zu fördern.
- Weiterhin soll das entstehende Produkt des Multifunktionsrads abwechselnd und gemeinsam genutzt werden, um Beispiel zu geben für Ressourcenteilung und Synergiebildung.
- Auf Umweltbildungsebene soll
  - die Energieintensität unseres Lebensstils spürbar gemacht werden,
  - die Verwendung regenerativer Energien promotet werden,
  - die großen Möglichkeiten muskelkraftbetriebenen Transports anschaulich gemacht werden,
  - Inspiration für weitere pedalbetriebene Haus- und Gartengeräte gegeben werden,
  - die Verwendung regional-saisonaler Gartenprodukte für gesunde Ernährung unterstützt werden und

- vermittelt werden, dass Selbermachen und nachhaltiger Umgang mit Energie zwar anstrengend ist, aber auch viel Spaß machen kann.
- Außerdem soll das Rad als Aufmerksamkeitsfänger an Infoständen dienen und so die Öffentlichkeitsarbeit der beteiligten Initiativen zu stärken.
- Abrundend soll eine Bauanleitung und eine kleine Video-Dokumentation zum Projekt und zum Aufbau entstehen, um andere Initiativen dabei zu unterstützen, ähnliche Geräte zu bauen.

Das Lastenrad wurde nach der Open-Source-Anleitung des *Long-André*-Lastenrades ([http://www.werkstatt-lastenrad.de/index.php?title=Long\\_Andr%C3%A9](http://www.werkstatt-lastenrad.de/index.php?title=Long_Andr%C3%A9); genaue Bauanleitung: [http://www.werkstatt-lastenrad.de/index.php?title=Long-Andr%C3%A9:\\_ausf%C3%BChrliche\\_Bauanleitung](http://www.werkstatt-lastenrad.de/index.php?title=Long-Andr%C3%A9:_ausf%C3%BChrliche_Bauanleitung) und [http://www.werkstatt-lastenrad.de/index.php?title=Bauanleitung:\\_Long-Andr%C3%A9](http://www.werkstatt-lastenrad.de/index.php?title=Bauanleitung:_Long-Andr%C3%A9)) nachgebaut.

## 2 Bemerkungen

### Anmerkung zur Zusammenfassung:

Im Kapitel 6 ist eine Übersicht gegeben, die alles Benötigte aufführt. Es bietet sich dennoch an, die Anleitung einmal durchzulesen, damit ein Eindruck von der Abfolge und dem Aufwand des Lastenradbaus entsteht. Des Weiteren geht diese Anleitung davon aus, dass alle Werkzeuge vor Ort vorhanden sind. Ist dies nicht der Fall, sollten alle Schnitte und Bohrungen noch einmal durchgegangen werden und dann vorbereitend in einem Vorgang geschnitten werden.

**Alle Maße sind in mm angegeben.**

### Haftungsausschluss:

Da es sich bei dieser Anleitung um eine Open-Source-Anleitung und ein Selbstbauprojekt handelt, kann keine Haftung bezüglich der handwerklichen Arbeiten und des Endproduktes übernommen werden. Es besteht beim Bau des Lastenrades nach dieser Anleitung eine Eigenverantwortung. Für eventuelle Schäden durch schweißen, sägen, bohren, feilen oder ähnliches kann keine Haftung übernommen werden. Insbesondere bei den Schweißarbeiten ist darauf zu achten, dass diese vorschriftsmäßig vonstatten gehen, damit z.B. ein Bruch des Rahmens ausgeschlossen werden kann. Achtsamkeit gilt auch beim Arbeitsschutz während der Arbeiten beim Aufbau des Lastenrades.

### Verkehrssicherheit:

Das Lastenrad sollte mitsamt seinen Anbauteilen den Vorgaben der StVZO entsprechen. Eine gute Auswahl der Sicherheitselemente wie Bremsen, Felgen und stabiler Rahmen sind zentrale Punkte.

Verbesserungen:

**Für Hinweise die Fehler in dieser Anleitung beinhalten freuen wir uns sehr und sind bemüht diese zu beheben. Scheut nicht zurück diese Fehler anzusprechen!**

Am Aufbau teilnehmende Personen:

- Scholtyssek, Gregor (UFER-Projekte Dresden e.V.)
- Ittel, Steve (UFER-Projekte Dresden e.V.)
- Jordan, Martin (Ingenieure ohne Grenzen e.V.)
- Bethke, Max (Ingenieure ohne Grenzen e.V.)
- Dietz, Marko (Fruchtfliieger.de)
- Eheleben, Konrad (Stories of Change/Sukuma Arts e.V.)

Creative Commons Lizenz:

- Diese Dokumentation unterliegt der Common Creative Lizenz: CC BY-NC
- Über die Creative Commons Lizenzen: <https://creativecommons.org/licenses/?lang=de>
- „License Deed“: <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/legalcode>
- Common Creative Lizenzvertrag: <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

Viel Spaß beim Bau des Lastenrades



## 3 Material für das Lastenrad

Im folgenden Kapitel wird aufgeführt welche Teile und welches Material zum Aufbau des *Long-André*-Lastenrades nötig sind. Es wurde handelsüblicher Stahl aus dem Stahlhandel verwendet. Dabei ist darauf zu achten, dass dieser meistens nur größere Rohrlängen liefert. Dies bedeutet konkret, dass es möglich sein muss, ein z.B. 6 m langes Rohr lagern zu können. Weiterhin sind auch eine Vielzahl an Werkzeugen und anderen Gerätschaften von Bedeutung, um die Teile zusammenfügen zu können. Diese Werkzeuge und Gerätschaften sind im Kapitel 6 in der Tabelle 6.2 zusammengeführt.

### 3.1 Material/Stahl

#### 3.1.1 Explosionsskizze des Lastenrades

Die Abbildung 3.1 zeigt wie die Stahlhalbzeuge zueinander in Verbindung stehen, während Abbildung 3.2 die Querschnitte sowie Verwendungszweck aufführt. In der Abbildung sind alle benötigten Stahlhalbzeuge aufgezeigt. Die Teile 03, 08, 09 und 11 (hellblau) sind keine Stahlhalbzeuge sondern Fahrradteile. In der Tabelle 3.1 sind alle Teile der Explosionsskizze aufgeführt und benannt. Mit diesen Begriffen wird im folgenden Dokument gearbeitet.

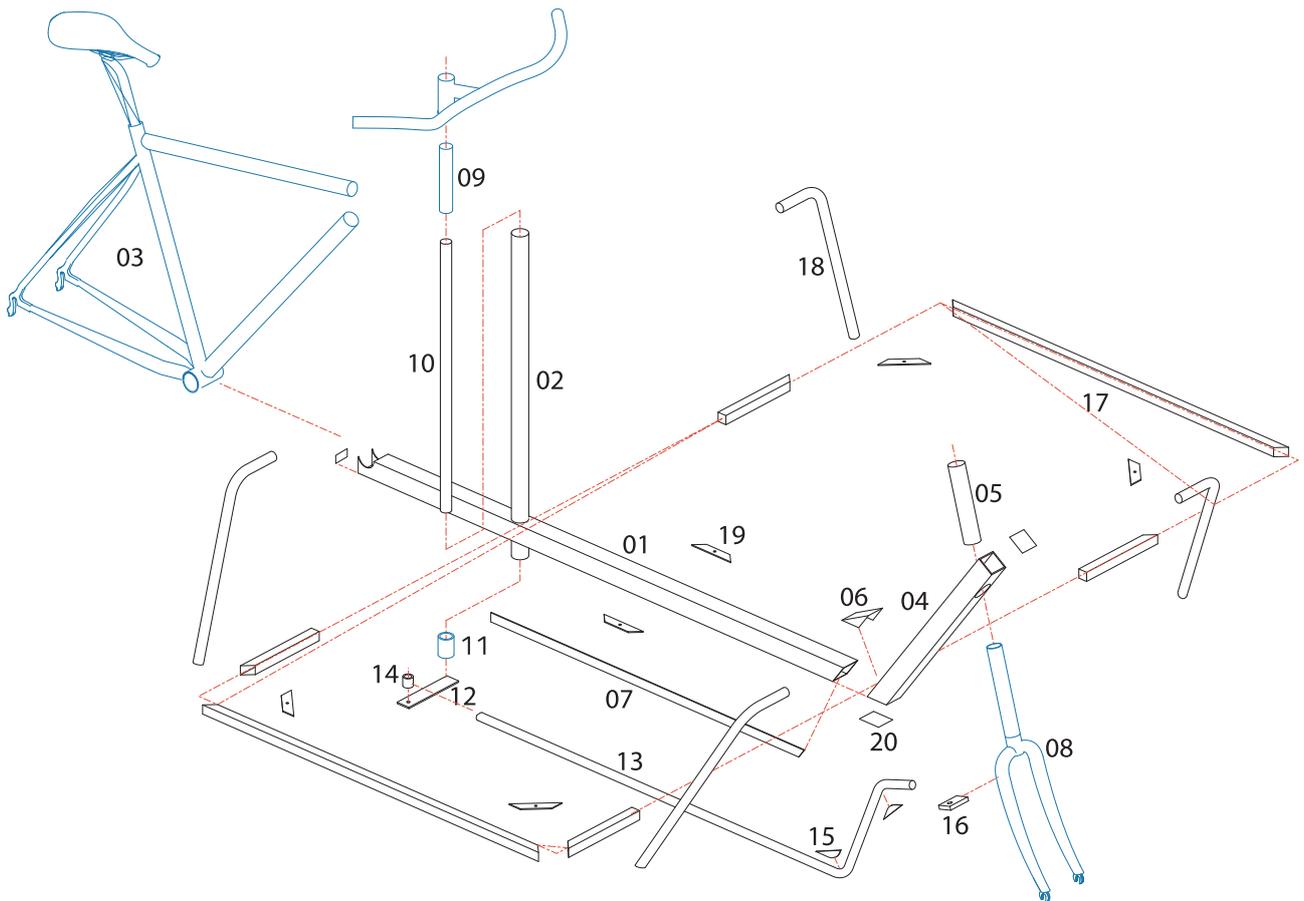


Abbildung 3.1: Explosionsskizze des Lastenrades; Quelle: [1]

Tabelle 3.1: Teileliste

<b>Nummer</b>	<b>Bauteil</b>
01	Unterrohr
02	langes Steuerrohr
03	Fahrradrahmen
04	Unterrohr Knick
05	kurzes Steuerrohr
06	Versteifungswinkel
07	Unterzug
08	Gabel 20“
09	Gabelschaft 1“
10	Schaftverlängerung
11	Lagersitzkonus
12	langer Lenkhebel
13	Lenkstange
14	Sinterlagergehäuse
15	Winkel Lenkstange
16	kurzer Lenkhebel
17	Rahmen Ladefläche
18	Bügel Ladefläche
19	Befestigungswinkel
20	Deckelbleche

### 3.1.2 Querschnitte der Stahlhalbzeuge

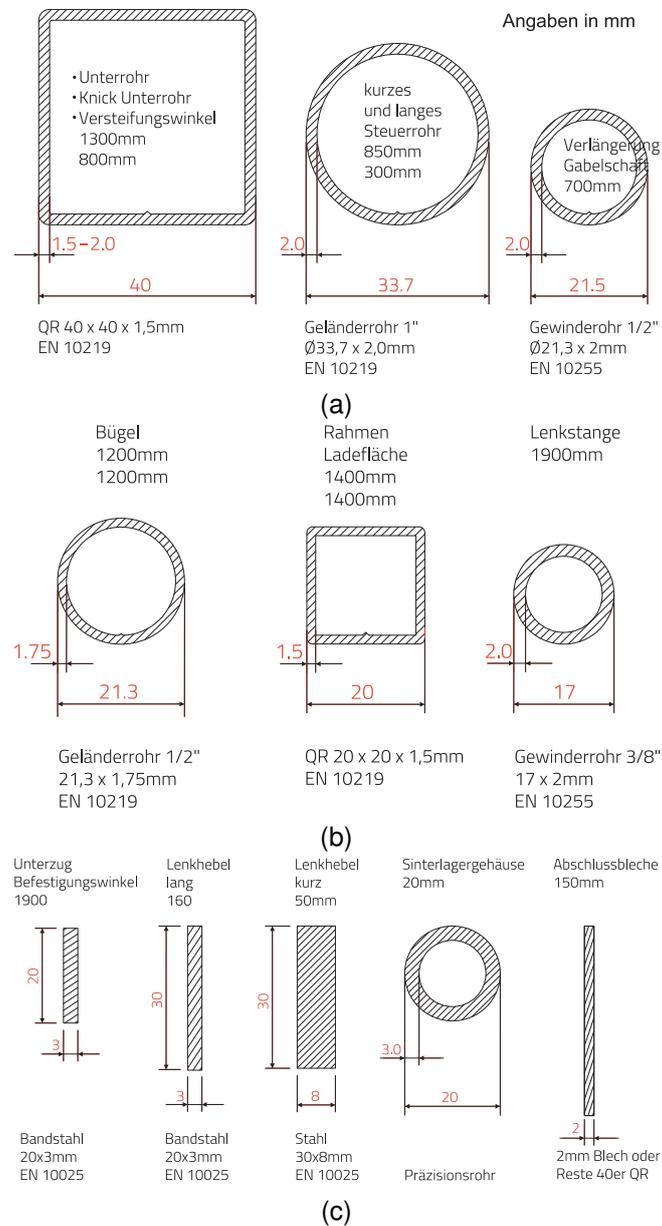


Abbildung 3.2: Querschnitte der Stahlhalbzeuge; alle Maßangaben in mm; Quelle [1]

Die Tabelle 3.2 fasst alle benötigten Querschnitte inklusive ihrer benötigten Längen im Grobzuschnitt zu einer Checkliste zusammen. Die darin angegebenen Längen beziehen sich auf die hier gebaute Variante des Lastenrades. Vor allem die Länge des Trägers für die Ladefläche kann aufgrund eigener

Vorstellung variieren.

Tabelle 3.2: Zusammenfassung der Querschnitte der Stahlhalbzeuge

Querschnitt in mm	insgesamt benötigte Länge in mm	Verwendung	Abgehakt!?
Quadratrohr; 40×40×1,5; (EN 10219)	2100 (1300 + 800)	Unterrohr, Unterrohr Knick, Versteifungswinkel (01, 04, 06)	<input type="checkbox"/>
Geländerrohr 1“; ∅ 33,7×2; (EN 10219)	1150 (850 + 300)	kurzes und langes Steuerrohr (02, 05)	<input type="checkbox"/>
Geländerrohr 1/2“; ∅ 21,3×2; (EN 10255)	700	Schaftverlängerung (10); <b>siehe dazu Hinweis in Abschnitt 3.1.3</b>	<input type="checkbox"/>
Geländerrohr 1/2“; ∅ 21,3×1,75; (EN 10219)	2400 (1200 + 1200)	Bügel Ladefläche (18)	<input type="checkbox"/>
Quadratrohr; 20×20×1,5; (EN 10219)	2800 (1400 + 1400)	Rahmen Ladefläche (17)	<input type="checkbox"/>
Gewinderohr 3/8“; ∅17×2; (EN 10255)	1900	Lenkstange (13)	<input type="checkbox"/>
Bandstahl; 20×3; (EN 10025)	1900	Unterzug, Befestigungswinkel für Ladefläche, Verstärkungswinkel für Lenkstange (07, 19, 15)	<input type="checkbox"/>
Bandstahl; 30×4; (EN 10025)	160	langer Lenkhebel (12)	<input type="checkbox"/>
Bandstahl; 30×8; (EN 10025)	50	kurzer Lenkhebel (16)	<input type="checkbox"/>
Präzisionsrohr; ∅20×3	20	Sinterlagergehäuse (14)	<input type="checkbox"/>

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*

Tabelle 3.2 – Fortsetzung von vorhergehender Seite

Querschnitt in mm	insgesamt benötigte Länge in mm	Verwendung	Abgehakt!?
Bleche; 2 (Breite 40) oder Reste des Quadratrohrs 40×40×1,5	150	Deckelbleche	<input type="checkbox"/>

### 3.1.3 Grobzuschnitt der Stahlhalbzeuge

Der Grobzuschnitt ist nötig um die Stahlhalbzeuge, die in großen Längen vorlagen, handhabbar zu machen. In der Abbildung 3.3 sind diese Grobzuschnitte angegeben.

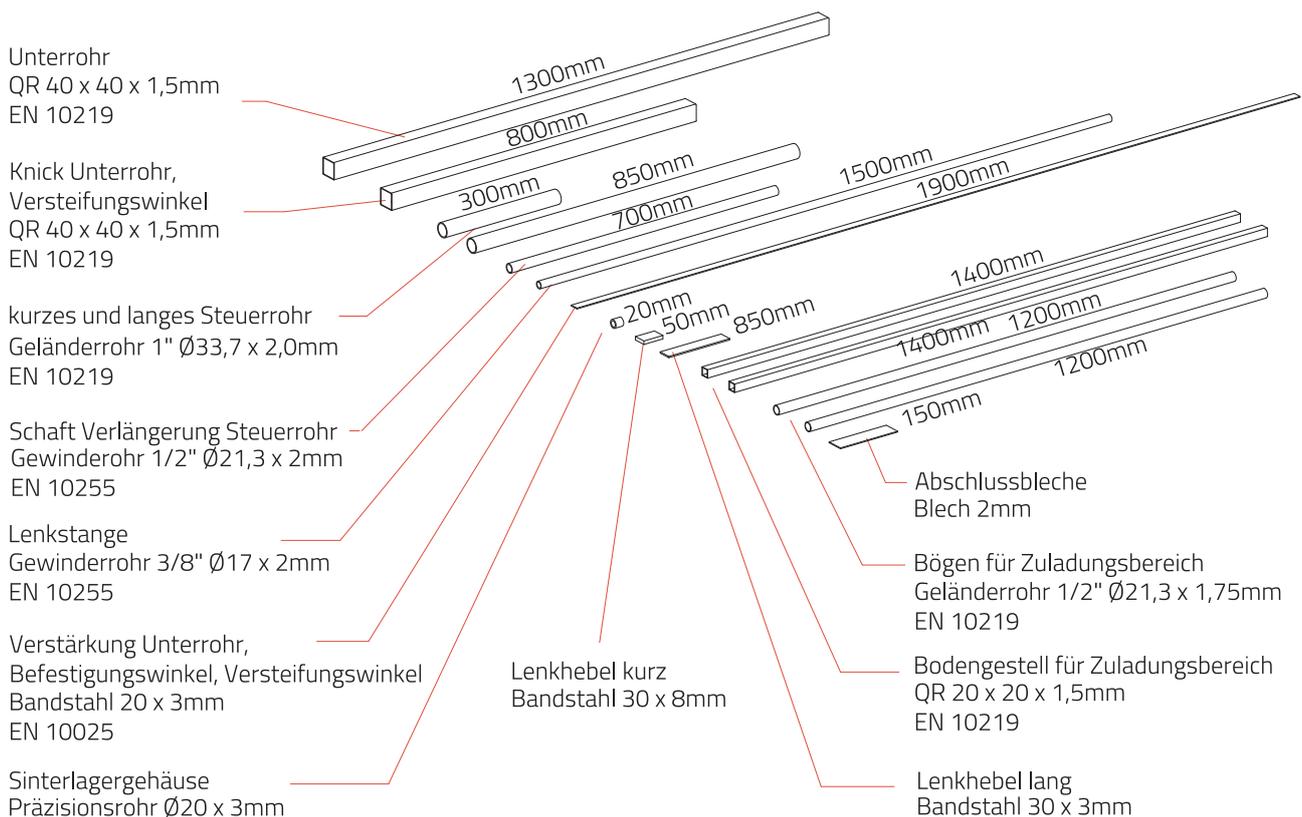


Abbildung 3.3: Grobzuschnitt der Stahlhalbzeuge; Quelle: [1]

**Hinweis:** Es bietet sich an, die Schaftverlängerung (10) nicht im Grobzuschnitt zuzusägen. Es existieren unterschiedliche Gabellängen. Die Gabellänge ist aber entscheidend bei der Bestimmung der Länge der Schaftverlängerung. Sind nur zwei kurze Gabeln vorhanden, ist es möglich, dass die Steuereinheit zu kurz wird. Erläuterungen dazu im Unterkapitel 5.2.5.

## 3.2 Fahrradbauteile

Die unter Umständen gewünschten Anbauteile beinhaltet Tabelle 6.1 in Kapitel 6.

### 3.2.1 Fahrradrahmen und -gabel

#### Fahrradrahmen

Generell sind verschiedene Arten von Rahmengrößen denkbar. Bewährt haben sich Lastenräder mit einem 26“-Rahmen. Durch diese Rahmengenometrie wird ein relativ niedriger Schwerpunkt erlangt und es können im Vergleich zu einem Fahrrad mit 28“-Rahmen höhere Lasten transportiert werden. Der Grund hierfür liegt in der Länge der Speichen (ein Rad mit 28“-Rahmen besitzt größere Räder als ein 26“-Rad). Je länger die Speichen, desto instabiler die Räder, die hauptsächlich das Gewicht tragen. Abhilfe könnten im Durchmesser stärkere Speichen schaffen oder eine Verwendung von mehreren Speichen. Allgemein bieten sich jedoch kleine Räder an, um hohe Lasten transportieren zu können. Gebräuchlich und sehr stabil sind hierbei 20“-Laufräder. Diese werden allerdings üblicherweise nur als Vorderrad verwendet. Als Hinterreifen stellt ein 26“-Laufrad eine gute Variante dar und dient gleichzeitig für eine hohe Sitzposition (im Gegensatz zu einem 20“-Laufrad). Des Weiteren ist das 26“-Laufrad im Vergleich zu einem 28“-Laufrad, aufgrund des kleineren Durchmessers und damit einhergehend dichteren Speichengeflechts und optimaleren Winkel der Speiche zur Felge, stabiler. Als Bereifung sollten stabile, abriebfeste Mäntel verwendet werden.

Weiterhin ermöglicht ein 26“-Rahmen einen in Hinsicht auf die beladbare Fläche einen befriedigend großen Vorbau. Bei kleineren Räder muss der Vorbau an die Rahmengröße angepasst werden, da sich ansonsten das gesamte Rad nach dem anschweißen des Vorbaus zu sehr durchbiegen würde. Ein Rahmen mit Mittelrohr (Herrenrad) ist stabiler als ein Rad mit abgesenktem Rohr (Damenrad). Mit Verstärkungen ist auch ein Damenrad als Lastenrad verwendbar. Es steigt jedoch der Schweißaufwand. Bei der Auswahl des Rahmens ist darauf zu achten, dass alle Gewinde und Ösen vorhanden sind, um z.B. eine Kettenschaltung oder Gepäckträger montieren oder Kabel verlegen zu

können. Im Folgendem ist stichpunktartig angegeben, nach welchen Kriterien der Rahmen auszuwählen ist.



Abbildung 3.4: ungemuffter, geschweißter MTB-Stahlrahmen; Quelle: [1]

- geschweißter 26“-Rahmen aus **Stahl** (siehe Abbildung 3.4) und auf gewünschte Kettengarnitur und Schaltung abgestimmt (Einbauweite des Hinterrades inklusive der Schaltung/Ritzel beachten - Nabenschaltung z.B. haben eine andere Einbaubreite als Kettenschaltung; Kettenschaltungen brauchen Gewindelöcher um Umwerfer montieren zu können. Diese Gewindelöcher müssen dann auch vorhanden sein.)
- nicht gemufft (gemuffte Rahmen sind nicht instabiler als geschweißte Rahmen, reparaturtechnisch gesehen bietet sich für ein Lastenrad jedoch ein geschweißter Rahmen an. Des Weiteren finden Schweißungen am Tretlager statt. Dadurch entsteht ein hoher

Wärmeeintrag, der die Muffenlötungen an dieser Stelle beeinträchtigen kann. D.h., es ist mitunter keine optimale Lötverbindung in dieser Muffe mehr vorhanden.)

- idealerweise MTB-Rahmen (sind stabiler)

Im Allgemeinen sei der Hinweis gegeben, dass es von Vorteil ist einen Rahmen zu verwenden, der bis auf die Gabel und den Lagerschalen im Steuerrohr, inklusive dem Steuersatz (Kugellager), keinerlei Anbauteile mehr besitzt bzw. es gewährleistet ist, dass die Anbauteile einfach demontiert werden können. Das heißt, dass der blanke Rahmen vorhanden sein sollte. Dies soll gewährleisten, dass sich z.B. keine festgerostete Sattelstütze im Rahmen befindet oder das Tretlager nicht mehr auswechselbar ist. Überhaupt ist es sinnvoll einen sogenannten BSA-Rahmen zu verwenden. Für diese Rahmenbauart existieren im Vergleich zu den sogenannten Thompson-Rahmen eine Vielzahl an Ersatzteilen, die auch weiterhin produziert bzw. wofür genügend Alternativen gefertigt werden. Die Bezeichnungen BSA und Thompson beziehen sich auf die Tretlagergewinde. Der Standard heutzutage ist überwiegend BSA (es existieren auch noch gängige italienische Tretlagervarianten).

## Fahrradgabel

Die Fahrradgabeln sind notwendig um die Lenkung zu bauen. Dazu ist die Gabel aus dem 26“-Rad zu verwenden - bzw. diese, welche im dem Rad eingebaut ist, welches zum Lastenradbau verwendet wird - und eine weitere 20“-Gabel zu besorgen. Aus der Gabel aus dem 26“-Rad wird die Lenkungssteuerung für das Lastenrad gebaut. Die 20“-Gabel wird die neue Vorderradaufnahme. Zusammengefasst wird benötigt:

- 26“-Gabel
- 20“-Gabel

### 3.2.2 Bremsen

Bei einem Transportrad mit hoher Beladung ist es wichtig, dass die die Bremsen einwandfrei funktionieren. Mittlerweile sind drei Arten von Bremsen denkbar. Darunter sind die Scheibenbremsen, die klassischen Felgenbremsen und die *Magura*-Felgenbremsen. Hierbei ist es nicht selbstverständlich, dass Scheibenbremsen besser als Felgenbremsen sind. Bei Scheibenbremsen muss das Vorhandensein einer Scheibenbremsenaufnahme am Rad beachtet werden. Außerdem benötigt eine Scheibenbremse ein Hydrauliksystem. Die Wartung wird bei diesem Bremssystem

schwieriger. Dennoch sollten Felgenbremsen nicht unterschätzt werden, da sie an einem im Vergleich zur Scheibenbremse relativ großen Radius wirken.

Im Regelfall wird ein Lastenrad mit hohen Lasten gefahren, weshalb auch stärker gebremst werden muss. Deshalb ist es wichtig darauf zu achten, dass stabile Felgen verwendet werden, damit diese sich nicht verbiegen oder bald im Bereich der Bremsfläche abnutzen. Insbesondere bei der Nutzung von *Magura*-Felgenbremsen ist darauf zu achten, da diese relativ hohe Bremskräfte auf die Felge ausübt.

### 3.2.3 Felgen, Lenker und Schaltung

In diesem Abschnitt sollen kurze allgemeine Hinweise zu verschiedenen Anbauteilen gegeben werden.

#### Felgen

Bei der Felgenauswahl sollte darauf geachtet werden, dass von stabile Felgen Gebrauch gemacht wird, um eine hohe Lebensdauer zu gewährleisten. Weiterhin sollten klassische Laufräder gegenüber Systemlaufräder Anwendung finden. Der Unterschied zwischen den beiden Laufradvarianten besteht darin, dass klassische Laufräder oftmals 32 bzw. 36 Speichen besitzen und die Speichennippel sich außerhalb der Felge befinden. Während Systemlaufräder dadurch gekennzeichnet sind, dass sie wenige Speichen besitzen (weniger als 28 Speichen) und deren Speichennippel in der Felge liegt. Daraus entsteht für die klassischen Laufräder der Vorteil, dass die Laufräder leicht zu zentrieren, wartungsfreundlicher - da Speichen ausgewechselt werden können - und durch die höhere Speichenzahl robuster sind. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit Anpassungen bezüglich der Felgenauswahl und den Speichenstärke zu treffen. Deshalb sind auch verschiedenste Felge-Nabe-Kombinationen denkbar. Der Nachteil gegenüber Systemlaufräder ist das meist höhere Gewicht und der höhere Luftwiderstand (insofern das bei einem Lastenrad überhaupt von Interesse ist).

Zum Abschluss sei angemerkt, dass bei Rädern die per Hand eingespeicht werden, der Nabendynamo und die Naben- bzw. Kettenschaltung mit eingespeicht werden müssen bzw. können - was bei Systemlaufrädern im Nachhinein nicht immer möglich ist. In der Abbildung 3.5 wird der Unterschied zwischen Systemlaufrädern und Speichenlaufrädern nochmal veranschaulicht. Die Teilabbildung 3.5a zeigt ein Speichenlaufrad, die Teilabbildungen 3.5b und 3.5c zeigen beispielhaft Varianten eines Systemlaufrades.



(a) Speichenlaufrad; Quelle [2]



(b) Systemlaufrad, 1.Variante; Quelle [3]



(c) Systemlaufrad, 2.Variante; Quelle [4]

Abbildung 3.5: Unterschied zwischen Speichenlaufrad und Systemlaufrad

### Lenker

Der Lenker sollte möglichst breit sein, damit bei schweren Lasten oder Lasten mit einem relativ hohen Schwerpunkt einfach gegengesteuert werden kann. Wird eine Grip-Shift-Schaltung verwendet, ist es wichtig, dass die erforderliche Griff­länge (Länge der Grip-Shift-Schalters und Länge des Gummihandgriffes müssen auf den Lenker passen) sowie der entsprechende Lenkerdurchmesser am Lenker vorhanden ist. Dies ist vor allem bei geschwungenen Lenker, wie z.B. dem Moustache-Lenker, von Interesse. Bei diesen geschwungenen Lenker kann es schnell passieren, dass Bremshebel, Grip-Shift-Schaltung und Lenkergriff soviel Platz in Anspruch nehmen, dass sie nicht komplett auf den Lenker passen. Für die Lenkung des Lastenrades ist außerdem ein Steuersatz (Kugellager) zu besorgen. Es ist auch möglich die Steuersätze der vorhandenen Gabeln zu verwenden, insofern das entsprechende Werkzeug zum Ausschlagen der Lagerschalen vorhanden ist.

### Schaltung

Eine Nabenschaltung ist für ein Lastenrad generell besser geeignet, da im Stand geschaltet werden kann. Dies ist bei Berganfahrten mit Lasten von Vorteil. Darüber hinaus ist eine Nabenschaltung robuster und wartungsfreundlicher.

Im Folgenden sind Vor- und Nachteile einer Ketten- und Nabenschaltung aufgeführt. Diese wurden der Quelle [5] entnommen. Die Tabelle 3.3 beinhaltet die Vor- und Nachteile der Nabenschaltung und Tabelle 3.4 die der Kettenschaltung.

Tabelle 3.3: Vor- und Nachteile der Nabenschaltung

<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
wartungsarm	höheres Gewicht
geringe Defektanfälligkeit	höherer Anschaffungspreis
einfache Bedienung	bei wenigen Gängen nicht bergtauglich
einfache oder keine Einstellarbeiten	weniger flexibel in Anpassung der Übersetzungen
niedrige Unterhaltskosten	etwas höherer Aufwand bei Montage

Tabelle 3.4: Vor- und Nachteile der Kettenschaltung

<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
geringes Gewicht	hoher Pflege- und Wartungsaufwand (Kette)
niedriger Anschaffungspreis	kann leicht beschädigt werden
große Vielseitigkeit	komplizierte Bedienung
Übersetzungen lassen sich anpassen	Einstellarbeiten kompliziert
leichter Radwechsel	viel Verschleiß, hohe laufende Kosten

## 4 Material für die Bikebench

Die Bikebench ist eine Vorrichtung zur geradlinigen Ausrichtung des Fahrrades. Sie dient dazu, dass der Vorbau nicht schräg an den Fahrradrahmen angeschweißt werden kann sowie als Abrichte. Die Bikebench hat verschiedenste Einstellmöglichkeiten, wie z.B. Bodenfreiheit, womit Fahrräder mit unterschiedlichsten Geometrien oder Abmaßen verwendet und eingestellt werden können. Einen Eindruck der Bikebench vermittelt Abbildung 4.1. Darin ist zu erkennen, dass eine Bikebench aus einem Fußgestell und vier darauf senkrecht angeschweißte Quadratrohre (Unterabbildung 4.1a) besteht. Alle vier senkrecht angeschweißten Quadratrohre sind einstellbar. Die Funktion und Wichtigkeit der Bikebench ist in der Unterabbildung 4.1b zu erkennen. Eine exakte Positionierung des Fahrrades ermöglicht eine optimale Ausrichtung zwischen Fahrrad und dem Vorbau.

In der Abbildung 4.1c ist unsere eigene Bikebench zu sehen. Diese wurde, um Gewicht zu sparen (eine Person konnte die Vorrichtung alleine tragen) und einen einfaches modulares System zu ermöglichen, aus Holz aufgebaut. Der Vorteil einer Bikebench aus Holz lag darin, dass keine Schweißungen vorgenommen werden mußten. Außerdem stand eine gut ausgestattete Holzwerkstatt zur Verfügung. Es sei noch darauf hingewiesen, dass eine Holzkonstruktion mittels eines Anstriches vor Feuchtigkeit geschützt werden muß, da diese sich sonst verzieht.



(a) Grundaufbau der Bikebench; Quelle: [1] (b) eingestellte Bikebench mit montiertem Fahrrad



(c) unsere eigene Bikebench aus Holz

Abbildung 4.1: Aufbau der Bikebench; Quelle [1]



# 5 Aufbau des Lastenrades

## 5.1 Zuschnitt des Materials

Als ersten Schritt bietet es sich an den Stahl im Grobzuschnitt zuzuschneiden. Die Längen sind in Abschnitt 3.1.3 angegeben. Liegen alle Rohre und Bandstähle in den richtigen Längen vor, kann mit dem nächsten Schritt begonnen werden.

## 5.2 Aufbau des Grundrahmens

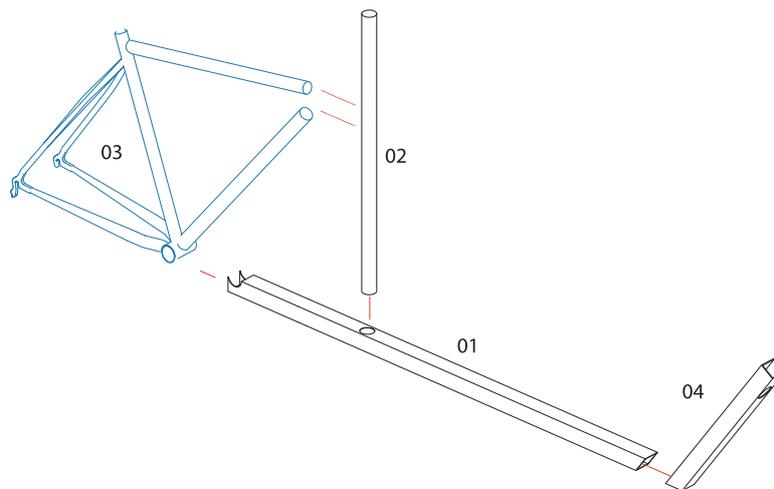


Abbildung 5.1: Explosionszeichnung des Grundrahmens; Quelle: [1]

In diesem Abschnitt wird beschrieben wie sich der Grundrahmen, dargestellt in Abbildung 5.1, zusammensetzt. Der Grundrahmen besteht aus Fahrradrahmen und Lastenradvorbau. Mit Lastenradvorbau ist der Rahmen gemeint, auf den die Last, die Kiste oder ähnliches gestellt wird. Der Vorbau beinhaltet ebenfalls den Lenkkopf. Voraussetzung für den Aufbau, ist das Vorhandensein einer Bikebench. Der Ablauf des Aufbaus des Grundrahmens ist nachfolgend aufgelistet:

### 5.2.1 Fahrradrahmen abschneiden und Bearbeitung des Unterrohres

Zuerst wird der Fahrradrahmen (03) bearbeitet. Anschließend ist das Unterrohr (01) an der Reihe. Das Unterrohr ist der Hauptträger, der die Last aufnimmt. Dieser wird an den Rahmen (03) geschweißt und enthält ebenfalls den Lenkkopf (05) für das Vorderrad. Gute Schweißverbindungen sind deshalb ratsam.

1. Als erstes wird der Fahrradrahmen (03) zugeschnitten. Dazu wird eigenständig bestimmt, an welcher Stelle der Lenkkopf vom Ober- und Unterrohr (des Fahrradrahmens) abgeschnitten werden soll. Diese Länge (Länge  $L_{OR}$  in Abbildung 5.2 bzw.  $x$  in Teilabbildung 5.3b der Abbildung 5.3) ist individuell zu bestimmen. In Teilabbildung 5.3a bzw. 5.3c ist die Länge  $x$  nochmals in Bezug auf das Unterrohr (01) angegeben. Diese Länge sollte sich an Kriterien wie z.B. Beinfreiheit beim treten (damit z.B. das Knie nicht bei der Fahrt ständig an der Kiste im Vorbau anschlägt), maximale Platzausnutzung für die Ladefläche oder gewünschte Sitzposition orientieren.

Die Länge  $x$  hat weiterhin Einfluss auf die Länge der Ladefläche, da diese Länge  $x$  bei der Bestimmung der Länge des Unterrohres (01) (und damit der Länge der Ladefläche) berücksichtigt werden muss.

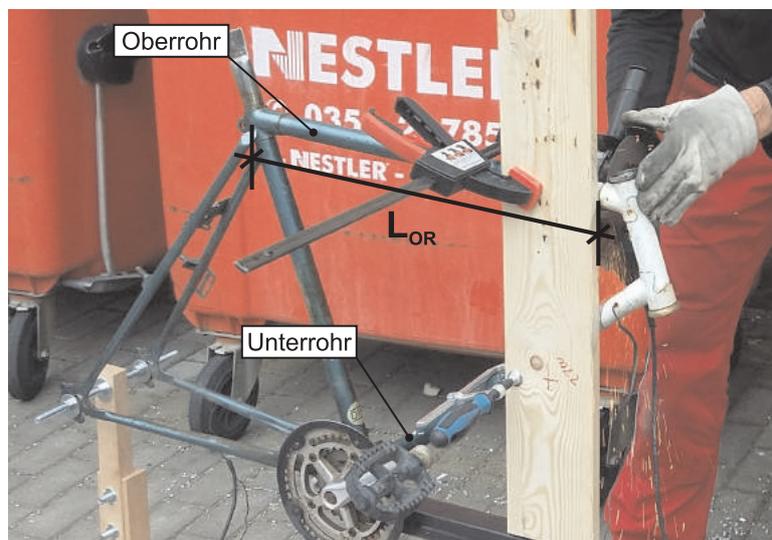
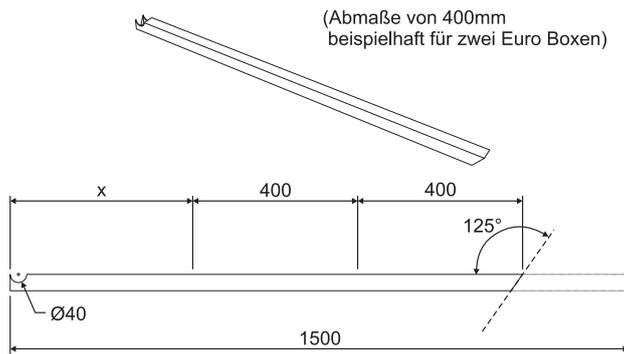


Abbildung 5.2: Abschneiden des Rahmen mittels Winkelschleifer und Holzbrett als Orientierungshilfe

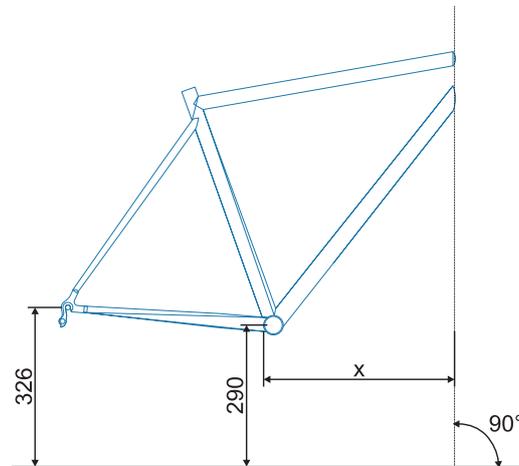
Ist die Länge  $x$  unter Beachtung der Einstellungen an der Bikebench (Teilabbildung 5.3b, damit der Rahmen (03) im richtigen Winkel zum langen Steuerrohr (02) steht) bestimmt, kann davon

ausgehend die Länge der Ladefläche - z.B.: drei Bierkästenbreiten oder zwei Waschmaschinenbreiten - festgelegt werden. Die Länge von ca. 2,5 Bierkästenbreiten hat sich bewährt. Dadurch bleibt man in der Stadt relativ wendig und man belastet das Fahrrad bei voller Beladung nicht übermäßig. weiterhin ist zu beachten, dass das lange Steuerrohr (02) einen Durchmesser hat, den es bei der Auslegung der Ladeflächenlänge zu berücksichtigen gilt.

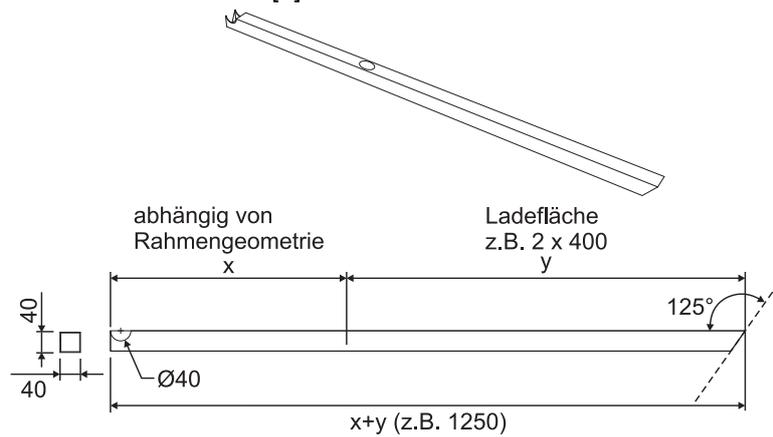
2. Ist die Länge  $x$  an Ober- und Unterrohr (des Fahrradrahmens) markiert, wird mittels Schraubzwingen ein ein Meter langes Brett an den Markierungen an Ober- und Unterrohr angebracht (siehe Abbildung 5.2). Dieses Brett dient als Führung für einen geraden Schnitt mit dem Winkelschleifer. Wer die Möglichkeiten hat, kann diesen Schnitt auch mit einer Bandsäge bewerkstelligen. Auch ein Abschneiden mit einer Metallsäge oder ähnlichem ist denkbar.



(a) Bestimmung der Länge der Ladefläche; Quelle: [1]



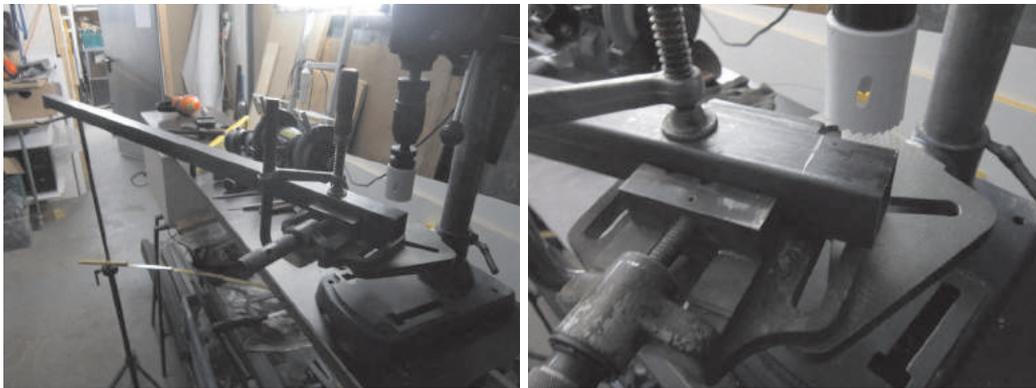
(b) Abschnitt des Rahmens unter Beachtung der Länge des Ober- und Unterrohres sowie Einstellmaße an der Bikebench; Quelle: [1]



(c) Bestimmung des Abstandes der Bohrung für das lange Steuerrohr; Quelle: [1]

Abbildung 5.3: Bestimmung der Länge des Unterrohres in Abhängigkeit der Rahmenlänge

3. Im dritten Schritt wird das Unterrohr (01) bearbeitet. Begonnen wird dabei mit der Bohrung, die das Unterrohr mit dem Tretlagergehäuse verbindet. Diese besitzt einen Durchmesser von 40 mm. Der Verlauf dazu ist in Abbildung 5.4 dargestellt. Zuerst muss das Unterrohr so positioniert werden, dass eine gerade Bohrung gewährleistet wird - vergleiche Teilabbildung 5.4a. Ist dies geschehen, kann mit der Bohrung begonnen werden, sobald die Lochmitte angekört wurde (Teilabbildung 5.4b). Da die Bohrung außermittig in Bezug auf den Rohrmittelpunkt ist, ist ein Teil des Bohrers ohne Führung. Dies wiederum kann dazu führen, dass die Bohrung nicht gerade oder außermittig (in Bezug auf den Bohrermitelpunkt) verläuft. Um eine genaue Führung des Bohrers zu gewährleisten, wurde an das Unterrohr eine kleine Platte angeschweißt (lediglich angepunktet) und im Nachgang wieder entfernt. Anschließend die Bohrung mit einer Feile nachbearbeiten (Grat entfernen, an das Tretlager anpassen; Teilabbildung 5.4c)



(a) Ausrichten und einspannen des Unterrohres; Quelle: [1]      (b) Markieren und Ankörnen des Lochmittelpunktes; Quelle: [1]



(c) Eventuelle Nachbearbeitung zur genauen Anpassung an das Tretlager; Quelle: [1]

Abbildung 5.4: Bohrung und Anpassung des Unterrohres an das Tretlagergehäuse

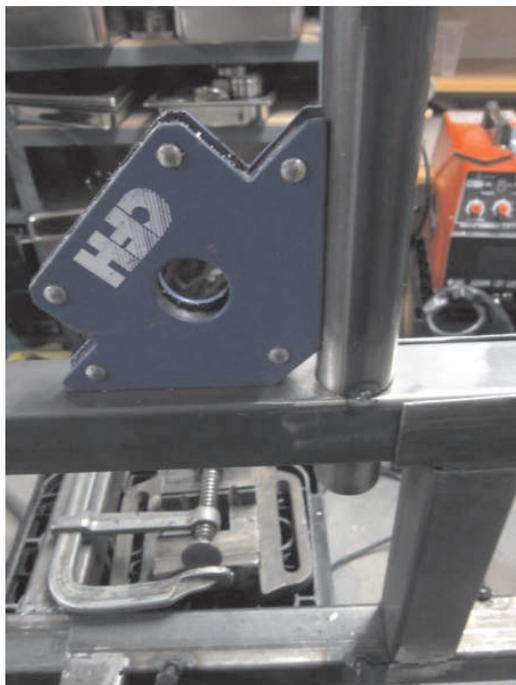
4. Nachfolgend kann in das Unterrohr (01) das Loch für das lange Steuerrohr nach der Teilabbildung 5.3c - Abstand/Länge  $x$  - angezeichnet und gebohrt werden. Der Winkelschnitt für den Unterrohrknick (04) kann ebenfalls getätigt werden, insofern die Länge der Ladefläche bereits bestimmt ist.
5. Jetzt kann der Rahmen und das Unterrohr provisorisch auf der Bikebench arretiert und ausgerichtet werden. Eine erste Montage ist in Teilabbildung 5.5b der Abbildung 5.5 zu sehen. Anschließend sollte, wie in Teilabbildung 5.5a und Abbildung 5.7 aufgezeigt, die genauere Einstellung geschehen. Hiervon ausgehend kann das lange Steuerrohr (02) so an den Fahrradrahmen (03) angelegt werden, dass es senkrecht (rechtwinklig - vergleiche Teilabbildung 5.5c) steht und Ober- und Unterrohr des Fahrradrahmens am langen Steuerrohr abschließen. Das fertige Unterrohr ist in Teilabbildung 5.5d zu sehen.



(a) Ausrichten des Fahrradrahmens auf der BikeBench



(b) Grobes Ausrichten des Fahrradrahmens auf der BikeBench samt Unterrohr



(c) Ausrichten des rechten Winkels des langen Steuerrohres an das Unterrohr; Quelle: [1]



(d) Unterrohr mit Bohrung für das lange Steuerrohr; Quelle: [1]

Abbildung 5.5: Positionierung auf der BikeBench und Bohrung für das lange Steuerrohr

6. Als nächstes wird der Rahmen (03) an den beiden Stellen an denen er abgeschnitten wurde (Ober- und Unterrohr des Fahrradrahmens), auf das lange Steuerrohr (02) angepasst. Bevor dies geschehen kann, muss der Fahrradrahmen samt dem gerade gebohrten Unterrohr (01) auf der Bikebench positioniert werden (Teilabbildung 5.3b oder Abbildung 5.7). Dadurch wird

sichergestellt, dass der Rahmen im richtigen Winkel zum langen Steuerrohr steht. Das lange Steuerrohr steht senkrecht auf dem Unterrohr (01) - dahingehend sollte das Ober- und Unterrohres des Fahrradrahmens bearbeitet werden.

Dazu kann ein Bohrer mit entsprechendem Durchmesser (Steuerrohrdurchmesser) mit dem entsprechenden Durchmesser oder ein Winkelschleifer verwendet werden. Die Winkelschleifervariante ist ein wenig umständlicher, aber ebenfalls möglich. Hierzu muss mit Hilfe des Steuerrohrs der Radius/Durchmesser des Steuerrohres mit einem Marker auf dem Ober- und Unterrohr des Fahrradrahmens aufgezeichnet werden. Dieser Radius/Durchmesser wird dann mit einem Winkelschleifer ausgearbeitet und mit einer Feile nachgearbeitet. In Abbildung 5.6 ist aufgezeigt, wie der Rahmen (03) an das lange Steuerrohr (02) angepasst wurde.

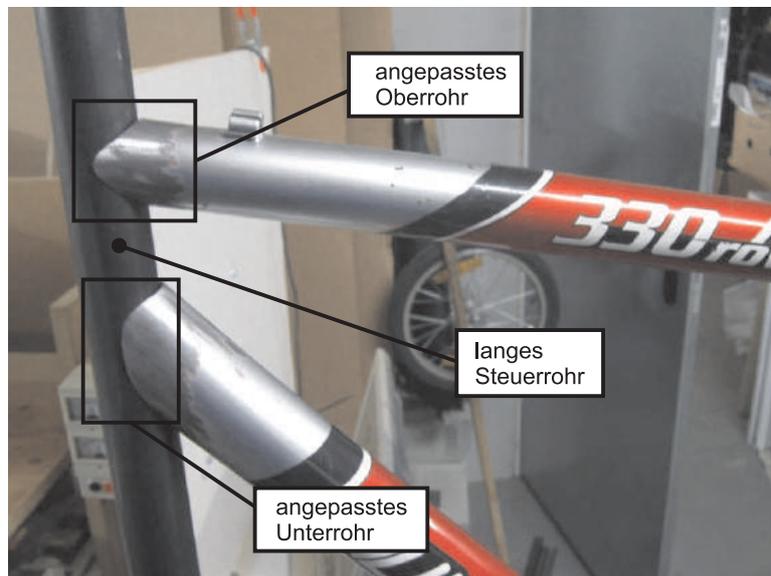


Abbildung 5.6: Anpassen des Steuerrohrs an den Rahmen; Quelle: [1]

7. Das lange Steuerrohr auf das gewünschte Maß ablängen. Darauf achten, dass es unterhalb des Unterrohres noch wenige Zentimeter heraussehen muss. Außerdem muss beachtet werden, dass die Lenkung in das Innere des langen Steuerrohres eingebaut wird. Dies bedeutet, dass die Schaftverlängerung (10) im Verbund mit dem Lenkschaft und Lenkkopf der Länge nach passend in das lange Steuerrohr passen muss! Dafür muss die Schaftverlängerung an die vorhandenen Lenkschaft und Lenkkopf (diese Teile werden aus der alten Gabel erhalten) angepasst werden. Genauere Hinweise dazu im Abschnitt 5.2.5.

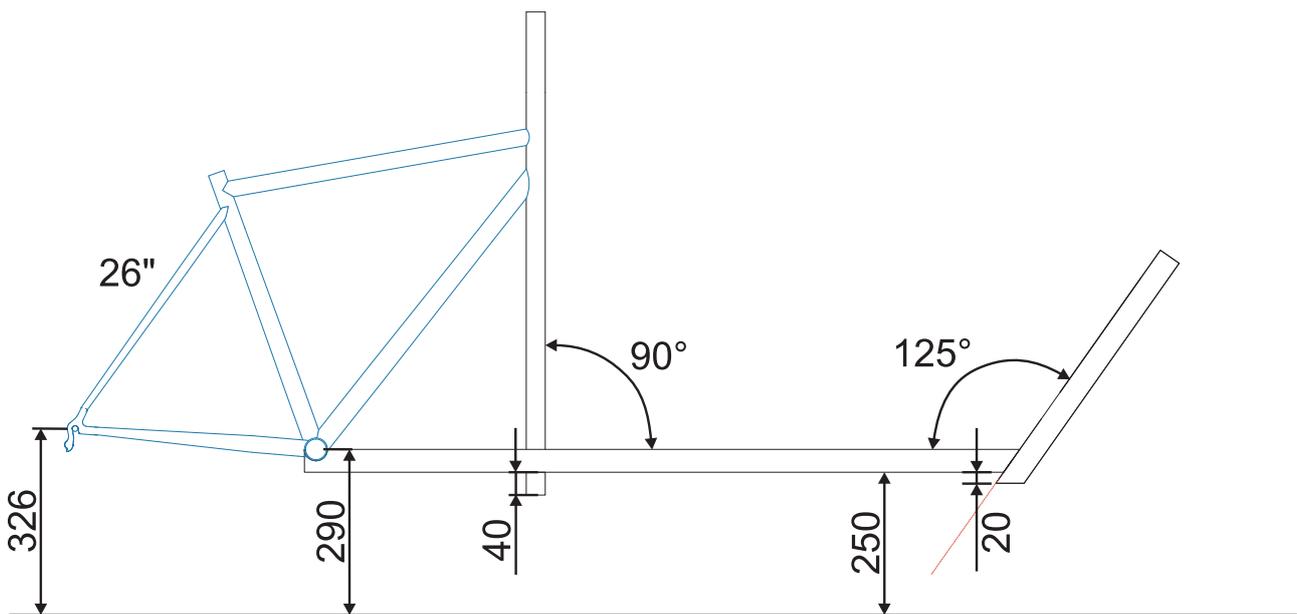


Abbildung 5.7: Ausrichten des Rahmens auf der BikeBench; Quelle: [1]

### 5.2.2 Bearbeitung des Unterrohrknicks

Der Unterrohrknick (04) wird an das Unterrohr (01) in einem Winkel von  $125^\circ$  angeschweißt. Der Unterrohrknick spielt keine unwichtige Rolle. Er bestimmt über den Geradeauslauf und muss sicherstellen, dass der Lenkopf darin gerade positioniert ist. Ist dies nicht der Fall, kann es zu erheblichen Problemen des Handlings kommen. Allgemein gilt, je länger der Unterrohrknick, desto länger wird das Fahrrad, desto besser wird auch der Geradeauslauf. Jedoch verliert das Lastenrad dadurch an Wendigkeit. Die Länge des Unterrohrknicks muss auch anhand des Platzbedarfes des Vorderrades bestimmt werden. Auch hier gilt in Bezug auf den Geradeauslauf, dass Große Räder diesen begünstigen, kleinere jedoch wendiger und stabiler sind (Fliehkräfte sind geringer, geringere Beanspruchung der Speichen).

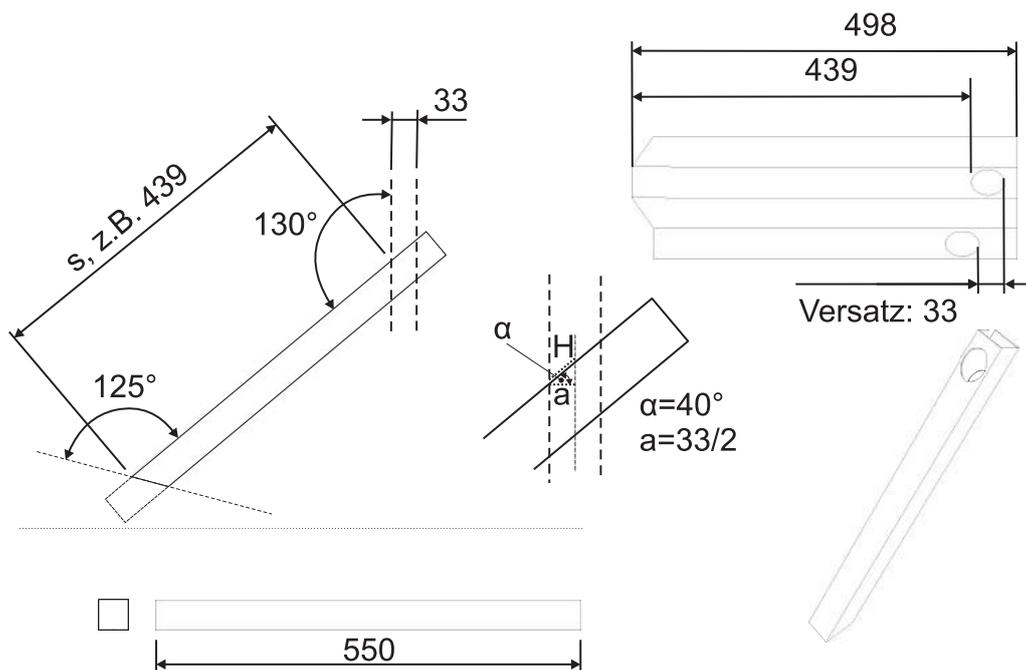


Abbildung 5.8: Abmaße des Unterrohrknicks; Abbildung oben rechts: abgewickelter Unterrohrknick;  
Quelle: [1]

Die Abmaße der Unterrohrknicks sind in Abbildung 5.8 skizziert. Der Bearbeitungsablauf des Unterrohrknicks ist wie folgt:

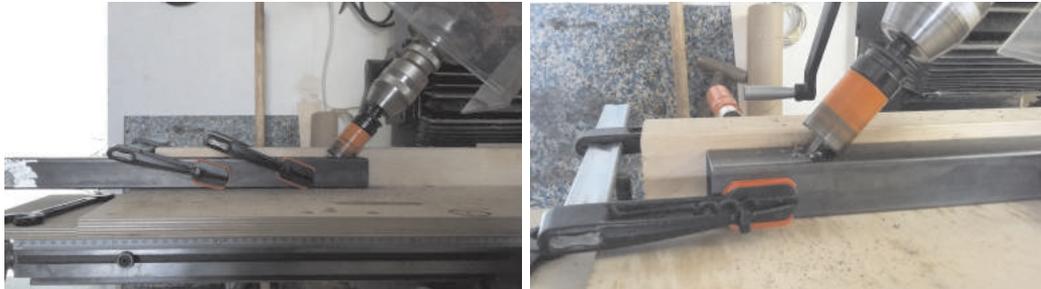
1. Zuerst wird das Loch zur Aufnahme der Vorderradgabel im Winkel von  $130^\circ$  gebohrt. Ein Abstand der Bohrung (Bohrungsrand - nicht Bohrungsmitte) von ca. 20 mm zur Kante ist ratsam. Um das Loch bohren zu können, muss die Länge  $s$  und Länge  $H$  (siehe jeweils Abbildung 5.8) gemessen werden. Die Länge  $H$  berechnet sich durch:

$$H = \frac{a}{\cos \alpha}$$

Dadurch ist der Mittelpunkt der Bohrung gegeben. Anschließend kann der Unterrohrknick waagrecht in der Bohrmaschine eingespannt werden (Teilabbildung 5.9a in der Abbildung 5.9) und das Loch im  $130^\circ$ -Winkel gebohrt werden (Teilabbildung 5.9b). Das Loch sollte danach, wie in der Unterabbildung 5.9c aufgezeigt, oval aussehen.

2. Ist das Loch gebohrt, wird überprüft ob das kurze Steuerrohr (05) samt Gabel (08) in das gerade gebohrte Loch passt. Hierbei den Unterrohrknick (04) mitsamt Steuerrohr, Gabel und Rad und Reifen an das Unterrohr halten (an der Bikebench) und überprüfen, ob es bei einer Lenkbewegung zu Behinderungen kommt.

3. Nachfolgend die Länge des Unterrohrknickes (04) bestimmen und mit einem 125° Winkelschnitt auf Länge abschneiden (oder die Länge der Long-André-Variante verwenden - Gesamtlänge: 498 mm).



(a) Waagerechte Einspannung des Unterrohrknickes (b) Ansetzen des Bohrers und bohren des Unterrohrknickes



(c) Fertig gebohrter Unterrohrknick

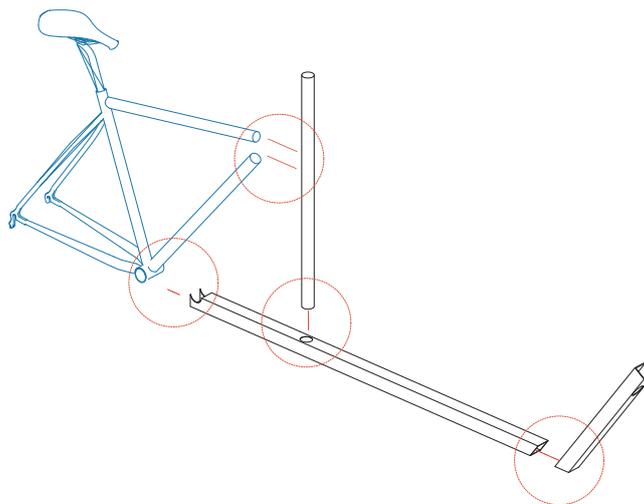
Abbildung 5.9: Bohrung der Vordergabelaufnahme

### 5.2.3 Schweißen des Grundrahmens

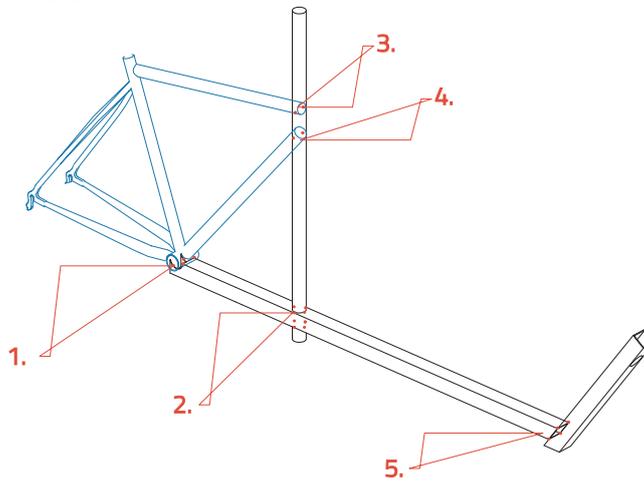
Sind alle Teile zugeschnitten, kann damit begonnen werden, alle Teile auf der Bikebench genau auszurichten (Abbildung 5.7) und durch setzen von Punktschweißungen den Grundrahmen nach und nach aufzubauen (Teilabbildung 5.10b und Teilabbildung 5.10c der Abbildung 5.10). Vorher sind alle Stellen an denen geschweißt wird, blank geschliffen sein (Unterabbildung 5.10a).

Alle Rohre müssen spannungsfrei zueinander passen, da ansonsten evtl. Vorspannungen leichter ein Bruch einleiten. Der Rahmen kann jetzt mit durchgängigen Schweißnähten geschweißt werden. Hierbei darauf achten, das lange Schweißnähte nicht in einem Zug zu schweißen sind. Dadurch entsteht ein hoher Wärmeeintrag in das Material, welches sich anschließend durch den Abkühlvorgang stark verzieht. Deshalb immer nur ca. 10 cm schweißen und dann auf eine andere Stelle wechseln und diese schweißen. Ähnliches gilt für zu große Spalten, die überbrückt werden

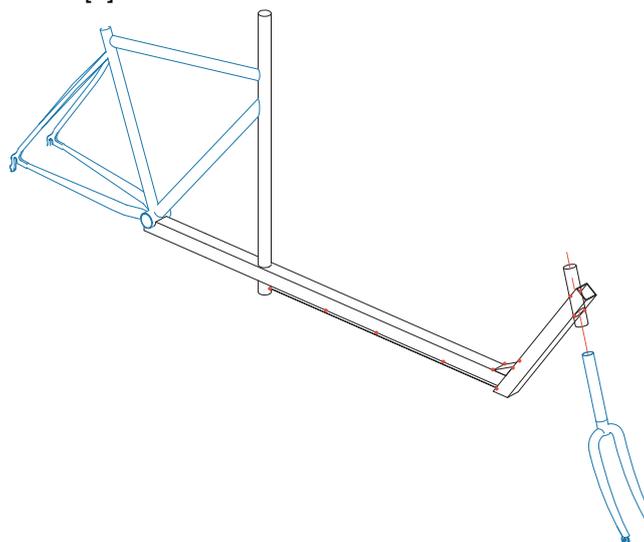
müssen. Aus diesem Grund auf kleine Spaltmaße achten. Um Material zu sparen, ist es außerdem sinnvoll z.B. den Unterzug nicht über die gesamte Länge zu verschweißen. Es ist völlig ausreichend drei-vier kurze (ungefähr 10 cm lange) Schweißnähte zu setzen.



(a) Stellen die blank geschliffen werden müssen; Quelle: [1]



(b) Stellen an denen die Teile angepunktet werden; Quelle: [1]

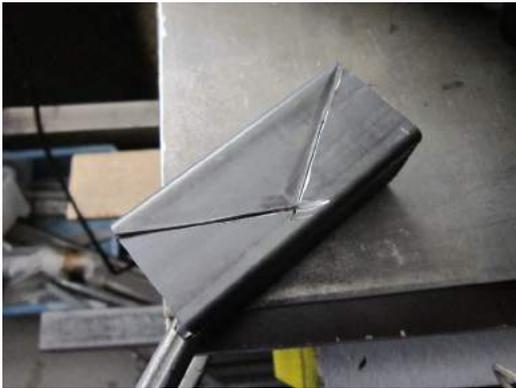


(c) Schweißpunkte für den Unterzug und Steuerrohr für die Vordergabel; Quelle: [1]

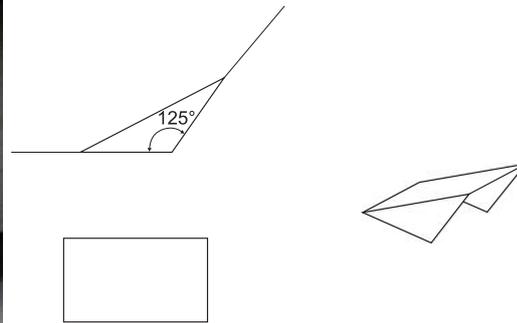
Abbildung 5.10: Aufbau des Grundrahmens durch anpunkten

An den offenen Rohrstellen (Unterrohr (01) und Unterrohrknick (04)) müssen Deckel, die aus den Reststücken der  $40 \times 40$  Quadratrohre geschnitten werden können, aufgeschweißt werden. Zum Abschluss Ablauf- und Entlüftungslöcher bohren. Die Versteifung (06), die auf die Oberseite zwischen Unterrohr und Unterrohrknick geschweißt und ebenfalls aus Resten des  $40 \times 40$  Quadratrohres (Teilabbildung 5.11b und 5.11c) gewonnen wird, kann ebenfalls eingeschweißt werden. Bei unserem Lastenrad wurde diese Verstärkung abgewandelt, da die ursprüngliche Konstruktion unserer Kistenkonstruktion (die auf der Ladefläche montiert wird) im Weg war. Aus diesem Grund wurde ein Rest des  $30 \times 8$  Bandstahles verwendet und seitlich an Unterrohr und Unterrohrknick angeschweißt. Beide Varianten wurden in Abbildung 5.11 dargestellt. Die Teilabbildung 5.11a zeigt die ursprüngliche Variante, die Teilabbildung 5.11d die abgewandelte Variante.

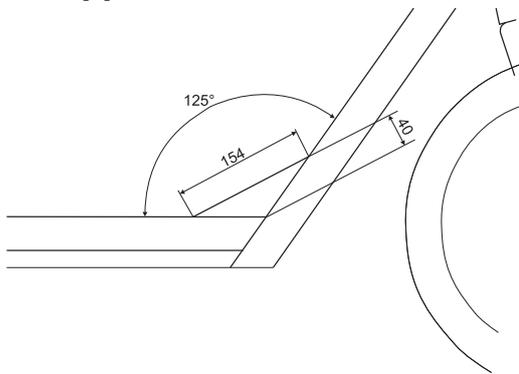
Anschließend können das kurze Steuerrohr (05) und der Unterzug (07) angeschweißt werden (Teilabbildung 5.11e). Für den Unterzug haben wir das Quadratrohr ( $20 \times 20 \times 1,5$ )mm (anstatt des Bandstahl  $20 \times 3$ ) verwendet, um darin Kabel verlegen zu können. Alle Winkel- und Abmaße für den vorderen Teil des Grundrahmens sind in der Abbildung 5.12a zu sehen. Der Unterzug hat die Länge  $y$  aus der Abbildung 5.3c. Die dazugehörigen Schweißpunkte sind in der Teilabbildung 5.12b der Abbildung 5.12 zu sehen.



(a) Ursprüngliche Verstärkungsvariante; Quelle: [1]



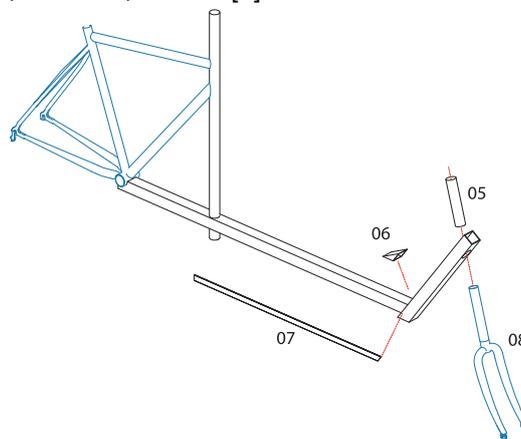
(b) Verstärkungswinkel; Quelle: [1]



(c) Verstärkungswinkel, Abmaße; Quelle: [1]

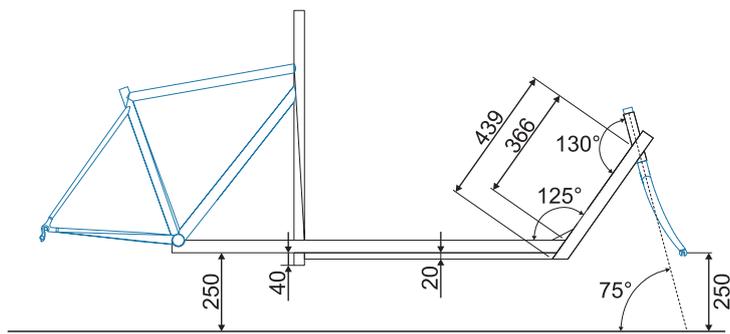


(d) Abgewandelte Verstärkungsvariante

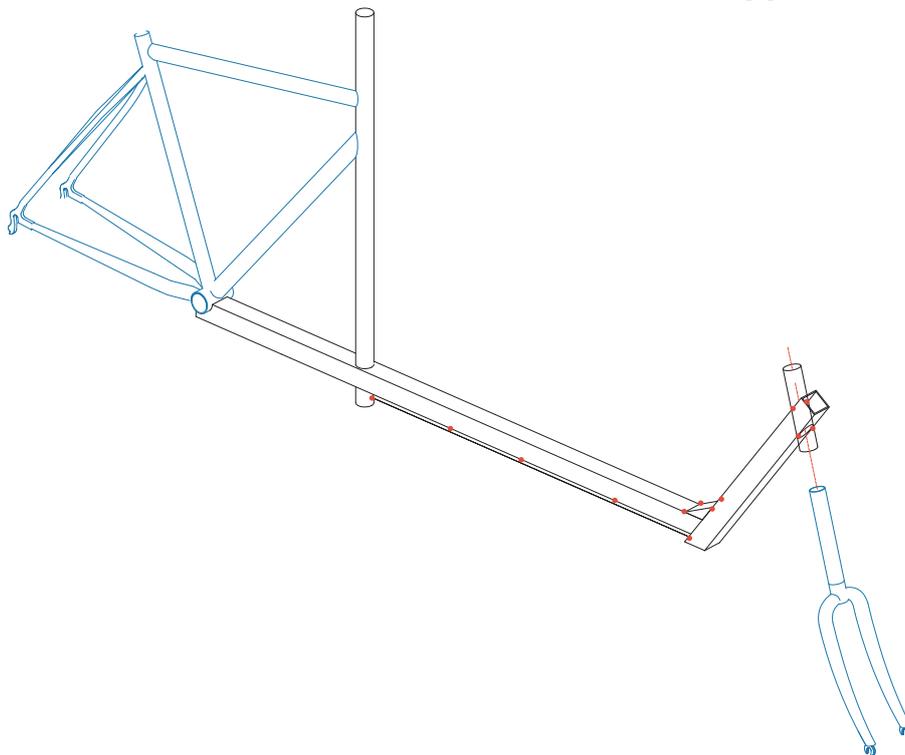


(e) Anschweißen der Teile kurzes Steuerrohr, Verstärkungswinkel und Unterzug; Quelle: [1]

Abbildung 5.11: Verstärkungsvarianten



(a) Winkel- und Maßangaben zur Einstellung des Grundrahmens für das Schweißen des vorderen Teils des Grundrahmens; Quelle: [1]



(b) Schweißpunkte für den vorderen Teil des Grundrahmens; Quelle: [1]

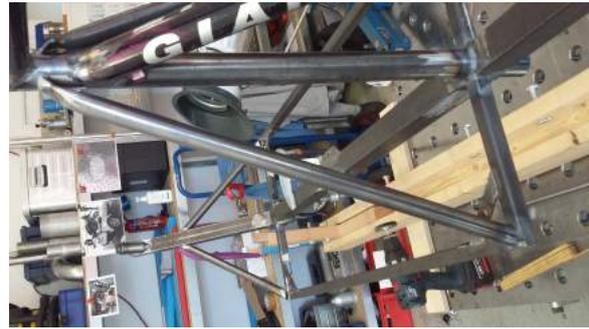
Abbildung 5.12: Einstellungen für das Schweißen des vorderen Teiles des Grundrahmens

## 5.2.4 Ladefläche

In der Abbildung 5.14 ist der generelle Aufbau der Ladefläche skizziert. Die Teilabbildung 5.14a zeigt die gesamte Ladefläche und wie diese zusammengesetzt wird. Die Teilabbildungen 5.14b bis 5.14d zeigen Unterbaugruppen der Ladefläche.



(a) Vorderer Ladeflächenhalter

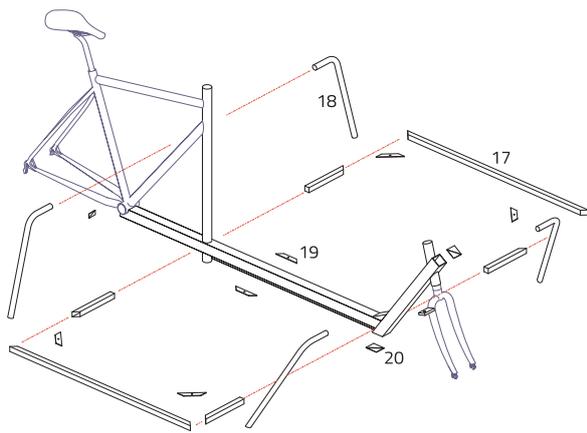


(b) Hinterer Ladeflächenhalter

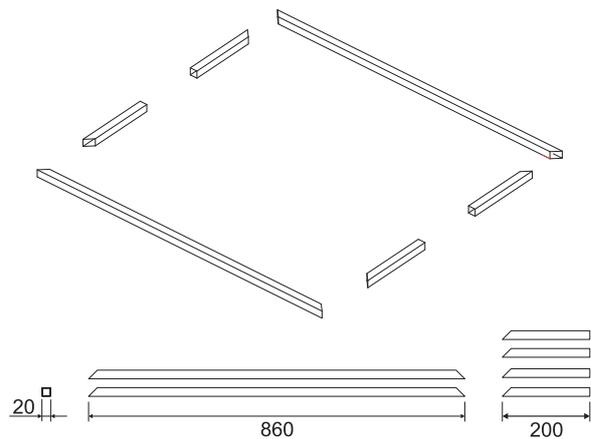
Abbildung 5.13: Haltebügel der Ladefläche

Zuerst können die 20 mm Vierkantrohre (17) für den Rahmen (5.14b) auf die Länge von 860 mm bzw. 200 mm zurechtgeschnitten werden. Die Enden besitzen einen Winkel von 45°. Anschließend die Bügel (18) - 5.14c - biegen. Ist kein Biegegerät vorhanden, ist es auch möglich die Rohre auf die entsprechenden Längen zuzusägen und anschließend im gewünschten Winkel zusammenzuschweißen. In unserer Variante wurde aus Zeitgründen ein Ende der hinteren Halterohre zusammengedrückt und an das Steuerrohr geschweißt (Teilabbildung 5.13b der Abbildung 5.13). Dies ist an dieser Stelle kein besonders gutes Handwerk, aber dennoch ausreichend. Die vorderen Halterohre wurden in den entsprechenden Winkeln abgeschnitten, an die anzuschweißenden Rohre angepasst und angeschweißt (Abbildung 5.13a).

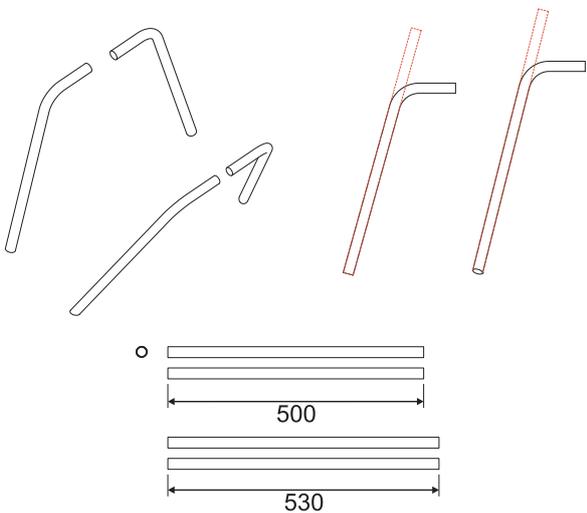
Ist dies geschehen, können die Versteifungswinkel (19) - 5.14d - aus dem 20 × 3 mm Bandstahl auf Maß gebracht und gebohrt (für M8-Gewinde:  $\varnothing$  6,5 mm; für M8-Durchgangsloch:  $\varnothing$  8,5 mm) werden. Sowie das zurechtschneiden der Abdeckbleche 5.14d. Die Deckelbleche (20) - 5.14d - kommen auf die Unter- und Oberseite des Unterrohr Knicks (04) und an das Ende des Unterrohrs (01) auf der Seite, an der sich das Tretlager befindet. Abschließend alle Teile zu einem Rahmen zusammenschweißen.



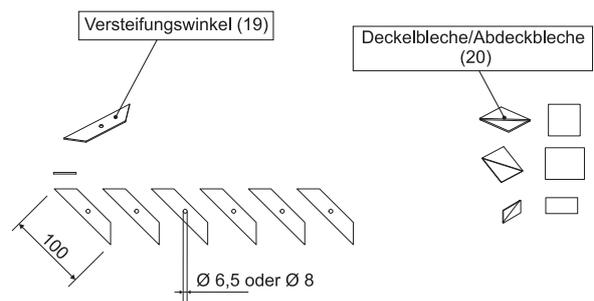
(a) Zusammenbau der Ladefläche; Quelle: [1]



(b) Aufbau des Rahmens der Ladefläche; Quelle: [1]



(c) Vordere und hintere Bügel der Ladefläche; Quelle: [1]



(d) Anfertigen der Winkelbleche und Deckelbleche; Quelle: [1]

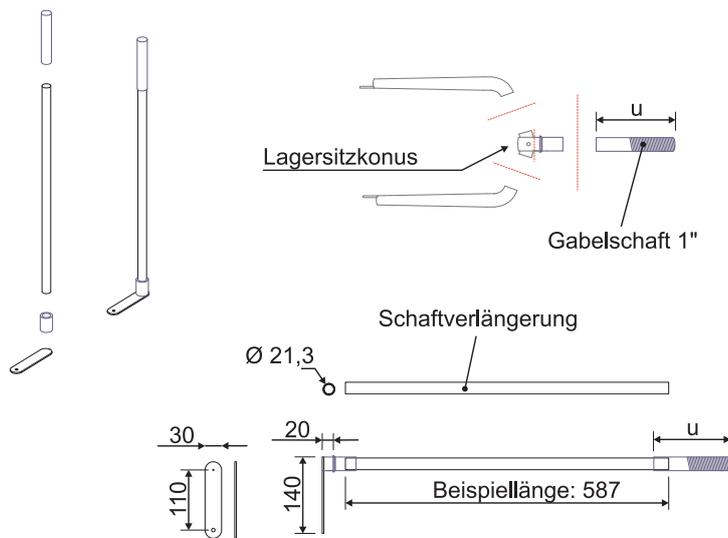
Abbildung 5.14: Aufbau der Ladefläche



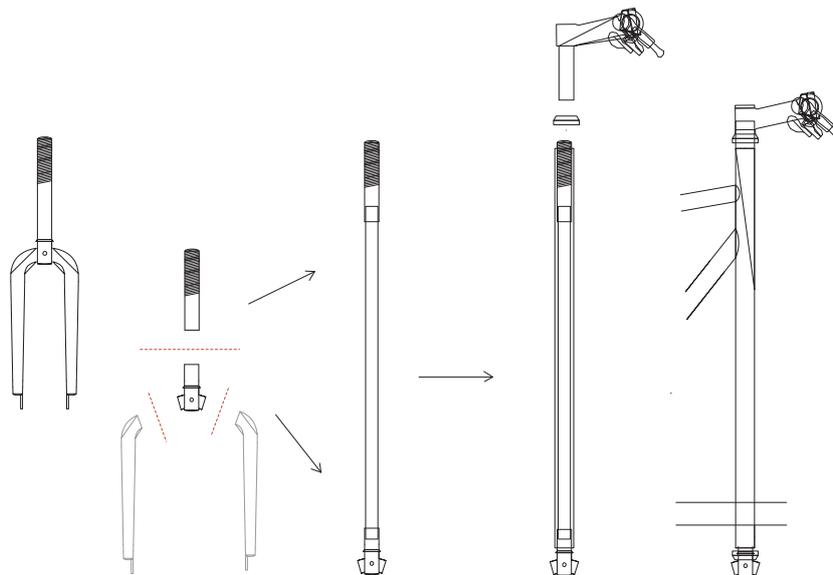
Zuerst soll erläutert werden wie der erste Teil der Lenkung zusammengesetzt wird. Der Lagersitzkonus und der Gabelschaft wird aus einer alten 1"-Fahrradvordergabel gewonnen. Dazu wird diese in drei Teile zerlegt. Die Trennstellen sind in im oberen, rechten Bereich der Teilabbildung 5.16a zu sehen. Die Teilabbildung 5.16b der Abbildung 5.16 zeigt dabei einen Überblick über den generellen Zusammenbau des Lenkerschaftes. Die Länge  $u$  (siehe Teilabbildung 5.16a) muss so bestimmt sein, dass die Befestigungsmutter die darauf geschraubt wird, alle Gewindegänge abdeckt. Der Lagersitzkonus (11) wird anschließend durch abtrennen der Gabelarme gewonnen. Beim abtrennen der Teile muss darauf geachtet werden, dass der Lagersitz an der Gabel nicht beschädigt wird.

Des Weiteren ist es äußerst wichtig zuerst Lagersitzkonus und Gabelschaft (09) zu herauszuarbeiten und erst anschließend die Länge der Schaftverlängerung (10) zu bestimmen. Andernfalls ist es möglich, dass die Schaftverlängerung zu kurz ist und der gesamte Lenkersschaft nicht passend ist.

Eine genaue Einstellung bzw. Länge der Schaftverlängerung kann dadurch geschehen, dass zuerst der Lagersitzkonus an die Schaftverlängerung geschweißt wird (genauere Hinweise nachfolgend) und der Gabelschaft auf die Schaftverlängerung geschoben wird. Durch ein verschieben des Gabelschaftes ist eine genaue Bestimmung der Schweißstelle möglich. Einen Eindruck des Sachverhaltes gibt Teilabbildung 5.17a der Abbildung 5.17.



(a) Zusammensetzung des ersten Teils der Lenkung aus der Zerlegung einer Fahrradvordergabel; Quelle: [1]

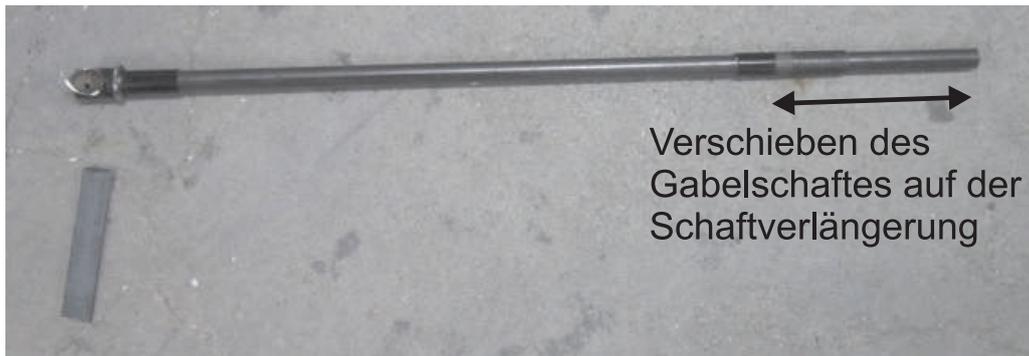


(b) Genereller Zusammenbau des ersten Teils der Lenkung; Quelle: [1]

Abbildung 5.16: Zusammenbau des ersten Teils der Lenkung

Eine Abfolge des Zusammenbaus ist in Abbildung 5.17 gegeben. Die Teilabbildung 5.17a wurde bereits vorhergehend als Einstellungsmöglichkeit beschrieben. Die Teilabbildung 5.17b zeigt nochmals die zertrennte Fahrradvordergabel, aus der der Lagersitzkonus und der Gabelschaft erhalten werden. Ist die genaue Länge der Schaftverlängerung bestimmt, kann diese an der entsprechenden Länge

abgeschnitten werden und der Gabelschaft fixiert werden - Teilabbildung 5.17c. Bevor dies geschieht, sollte jedoch erst der Fuß des Lenkerschaftes geschweißt werden. Hierbei muss der Lagersitzkonus auf die richtige Länge gebracht (unterer Bereich in Teilabbildung 5.17e) und so bearbeitet werden, dass er frei von Lack und Fett ist (Teilabbildung 5.17e). Anschließend kann der Lagersitzkonus auf die die Schaftverlängerung geschweißt werden. Die entsprechenden Schweißpunkte sind in Teilabbildung 5.17d skizziert. Dabei nicht vergessen, den durch das Schweißen erhaltene Verzug wieder auszugleichen - abwechselndes schweißen oder mit einem Hammer leicht nachrichten. Ist dies geschehen bietet es sich an, die untere Lagerschale in das lange Steuerrohr (02) zu pressen und den Lagersitzkonus samt Schaftverlängerung einzusetzen um die Position des Gabelschaftes zu bestimmen. Ist die Position definiert, kann auch der Gabelschaft an die Schaftverlängerung geschweißt werden. Der Verzug durch Wärmeeintrag muss auch hier ausgeglichen werden. zum Abschluss kann der lange Lenkhebel angeschweißt werden - Teilabbildung 5.17f und 5.17g.



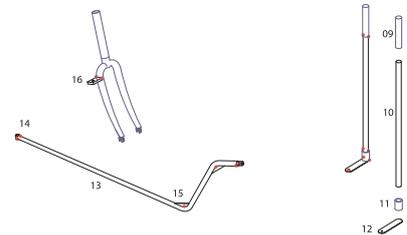
(a) Zusammengesetzter Lenkschaft; Quelle: [1]



(b) Zerlegte Fahrradvordergabel mit den Teilen: Lagersitzkonus und Gabelschaft; Quelle: [1]



(c) Einstellung des Gabelschaftes; Quelle: [1]



(d) Schweißpunkte an der Lenkung; Quelle: [1]



(e) Bearbeiteter Lagersitzkonus; Quelle: [1]



(f) Lagersitzkonus mit langem Lenkhebel; Quelle: [1]



(g) Eingebauter Lagersitzkonus mit langem Lenkhebel; Quelle: [1]

Abbildung 5.17: Abfolge des Zusammenbaus des Lenkschaftes

Der zweite Teil der Lenkung wird durch die Lenkstange (13) und den kurzen Lenkhebel (16) bestimmt. Als erstes muss das Rohr für die Lenkstange gebogen werden. Die Abmaße sind in Abbildung 5.18 dargestellt. Ist keine Biegevorrichtung vorhanden, kann das Rohr an den entsprechenden Stellen

auch winklig abgeschnitten und wieder zusammenschweißt werden (**Abbildung von unserer Lenkstange**). Die Lenkstange nicht auf Länge abschneiden - siehe Abbildung 5.19. Zum zweiten den kurzen Lenkhebel an die Vorderradgabel nur leicht anpunkten.

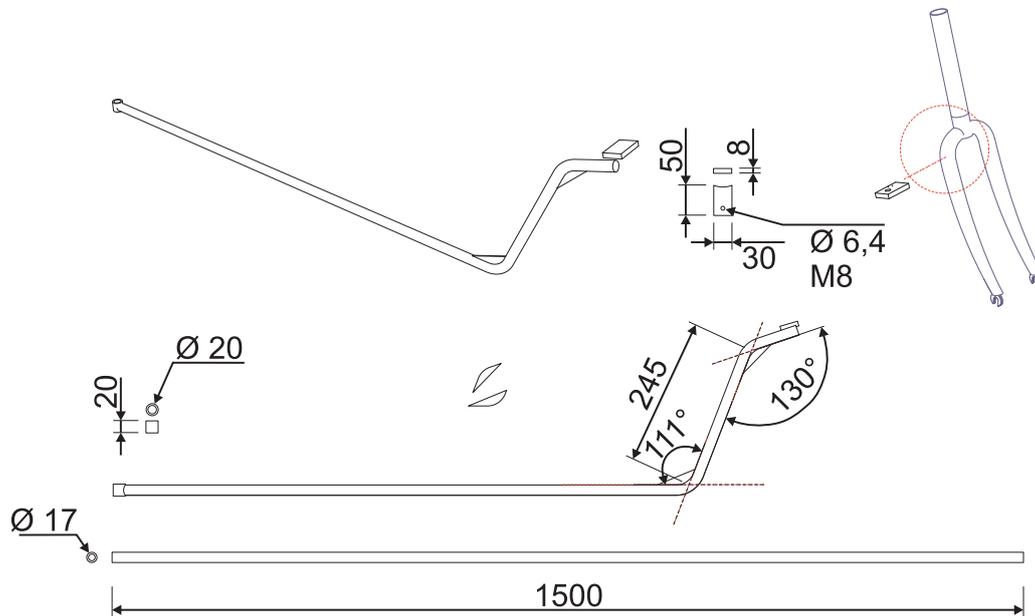


Abbildung 5.18: Aufbau der Lenkstange und des kurzen Lenkhebels; Quelle: [1]

Als nächster Schritt ergibt sich die Einstellung der Lenkung. Mit eingebauten Lenkschaft die Lenkstange ungefähr positionieren und provisorisch am langen Hebel befestigen. Den kurzen Hebel ebenfalls mitsamt Lenkstange provisorisch an der eingebauten Vorderradgabel und Rad montieren. Wichtig ist, dass das Rad samt aufgepumpten Reifen eingebaut ist. Anschließend kann durch lenken in jede mögliche Richtung überprüft werden, ob die Lenkstange am Reifen oder am Rahmen anschlägt. Gegebenenfalls die Position des kurzen Lenkhebels oder die Länge der Lenkstange anpassen. Ist eine einwandfreie Lenkung ermöglicht, kann die Lenkstange auf die festgelegte Länge gekürzt und der kurze Lenkhebel fertig angeschweißt werden.

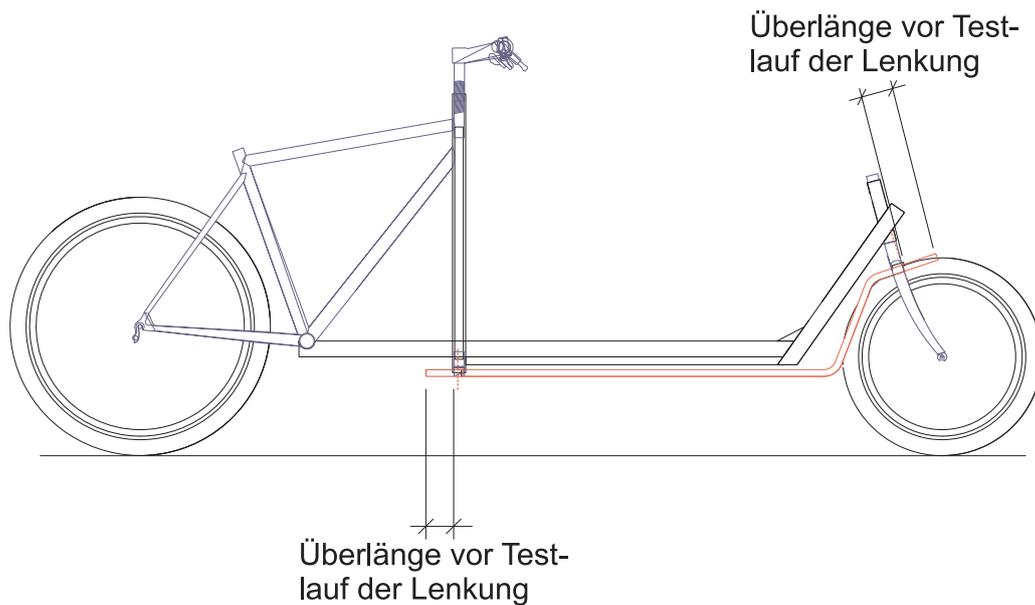
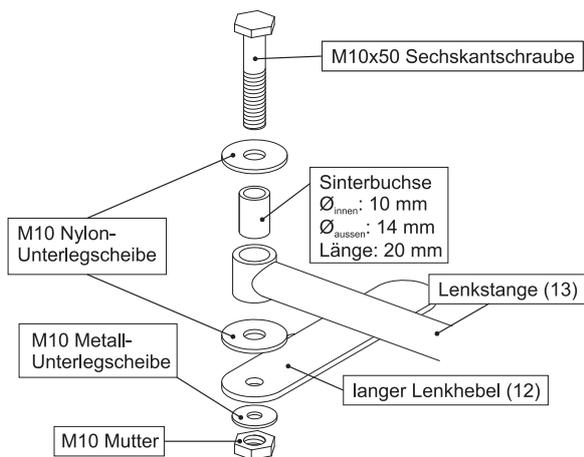


Abbildung 5.19: Anpassung der Lenkstange; Quelle: [1]

Abschließend kann das Sinterlagergehäuse (14) an das Ende der Lenkstange geschweißt werden, an der der lange Lenkhebel montiert wird (Teilabbildung 5.20b in Abbildung 5.20). Das Gleiche kann mit der Langmutter auf der gegenüberliegenden Seite der Lenkstange geschehen. In unserer Variante wurde statt einer Langmutter eine handelsübliche Sechskant-Mutter (5.20d) verwendet und eingeschweißt. Auch wurde statt einer Sinterbuchse ein hochwertiges Lager aus Plastik eingebracht, welches langlebiger als die Sinterbuchse sein soll. Da es den entsprechenden Durchmesser nicht gab, wurden zwei Buchsen so kombiniert, dass sie letztendlich den geforderten Durchmesser ergeben. In Abbildung 5.20b ist der Zusammenbau zu sehen. Für den Gelenkkopf ist eine Metall-Variante zu wählen (Abbildung 5.20d).

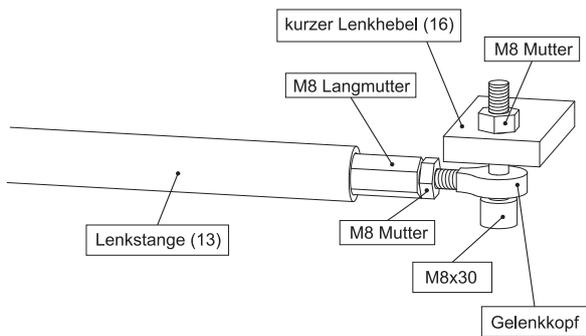
Anschließend kann die Montage der Lenkstange an den langen (Abbildung 5.20a) sowie an den kurzen (Abbildung 5.20) Lenkhebel geschehen. Ist die Lenkung montiert und eingestellt, kann eine erste leichte Probefahrt durchgeführt werden. Eventuelle Korrekturarbeiten bzw. -einstellungen an der Lenkung sind durchzuführen.



(a) Montage des langen Lenkhebel mit der Lenkstange; Quelle: [1]



(b) Lager für die Lenkstange (Plastikbuchse anstatt einer Sinterbuchse)



(c) Montage des kurzen Lenkhebel mit der Lenkstange; Quelle: [1]



(d) Gelenkkopf

Abbildung 5.20: Verbindung der Lenkhebel mit der Lenkstange

Sind alle Einstellarbeiten geschehen, können die endgültigen Schweißnähte gezogen werden. In Teilabbildung 5.21a der Abbildung 5.21 sind diese nochmal aufgezeigt. Alle Schweißstellen müssen vor dem schleifen blank geschliffen werden. Beim schweißen darauf achten, lange Schweißnähte nicht in einem Zug zu schweißen. Dadurch entsteht ein hoher Wärmeeintrag in das Material, welches sich anschließend durch den Abkühlvorgang stark verzieht. Deshalb immer nur ca. 10 cm schweißen und dann auf eine andere Stelle wechseln und diese schweißen.

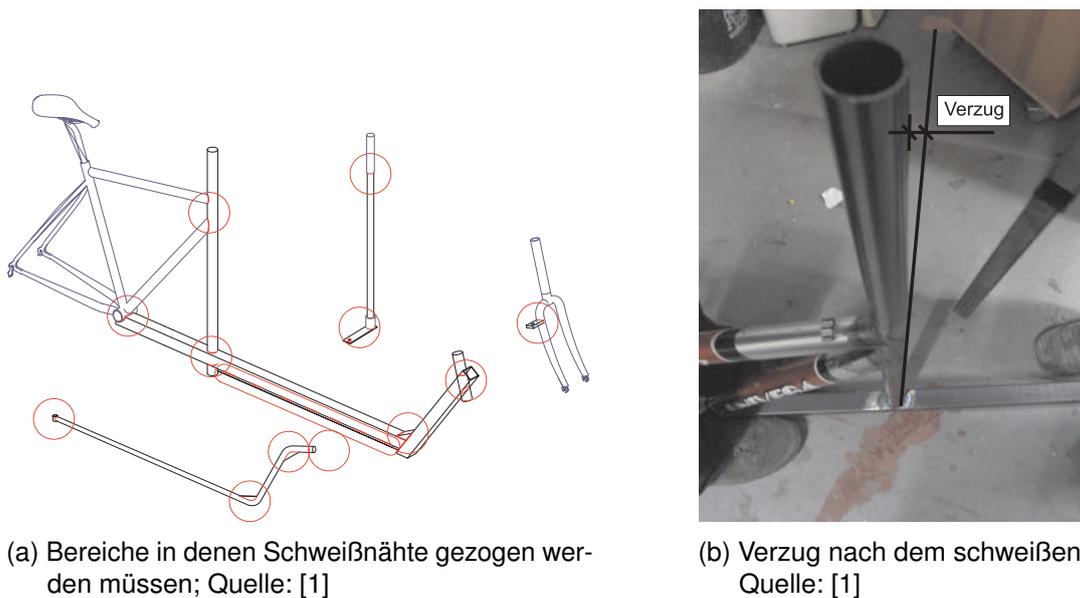


Abbildung 5.21: Endgültiges setzen der Schweißnähte sowie das Ausrichten nach dem schweißen

Wurden die Schweißnähte gesetzt, müssen bei Bedarf an den Stellen, an denen Schweißnähte gesetzt wurden, Ausrichtarbeiten durchgeführt werden. Aufgrund des Verzuges, der durch das Schweißen entsteht, ist dies oftmals unumgänglich. Von besonderer Wichtigkeit sind die Ausrichtarbeiten an der Lenkstange. Beispielhaft ist dies in Teilabbildung 5.21b angedeutet. Der Verzug kann durch einen erneuten Wärmeeintrag mittels eines Schweißbrenners oder durch eine Kaltumformung geschehen. Bei der Kaltumformung ist eine größere Kraft nötig und oftmals nicht genau genug, hier jedoch völlig ausreichend. Um eine Kaltumformung bei der Lenkstange zu erreichen, kann ein langes Rohr oben in das Lenkrohr eingesteckt und über die Hebelwirkung gerade gebogen werden.

### 5.2.6 Probefahrt

Ist das Lastenrad aufgebaut, können alle für eine Probefahrt benötigten Teile montiert werden und endlich eine erste Probefahrt stattfinden (Abbildung 5.22).



Abbildung 5.22: Das aufgebaute Lastenrad und die erste Probefahrt

## 5.3 Fahrradtechnik, Anbauteile und Aufbau

### 5.3.1 Fahrradausstattung

- 11-Gang Nabenschaltung - Alfine 11*times*2-Nabenschaltung (Abbildung 5.23a, 5.23b, 5.23c in Abbildung 5.23), inklusive Zubehör wie z.B. Gripshift-Schalter am Lenker.
- 20“-Vorderrad; 26“-Hinterrad, inklusive Schläuche, Mantel, Speichen, ...
- empfohlen wird eine Pulverbeschichtung, da diese stabiler als eine normale Lackierung ist. Wir hatten uns jedoch dazu entschlossen, dass Rad eine Lackierung bekommt, die Aufmerksamkeit hervorruft, um in der Stadt oder bei Filmvorführungen mehr zur Geltung zu kommen. **BILD von Lackierung einbringen**
- Magura-Bremssystem

- Nabendynamo, inklusive der Vorder- und Rückstrahler
- Schutzbleche für ein 20“-Rad un ein 26“-Rad
- einschraubbares Tretlager (es empfiehlt sich bei einem Lastenrad immer hochwertigere Tretlager zu verwenden)
- einen bequemen Lenker, der beim lenken nicht in die Ladefläche hineinragt
- Steuersatz, für ein leichtgängiges lenken (in Abbildung 5.23d ist ein eingefetteter Steuersatz zu sehen)
- bequemer Sattel



(a) Alfine 11-Gang Nabenschaltung



(b) Umwerfer an der Alfine 11-Gang Nabenschaltung



(c) zweiblättrige Tretkurbel



(d) eingefetteter Steuersatz

Abbildung 5.23: Bilder der verwendeten Fahrradteile

### 5.3.2 Elektrischer Antrieb

- Ideen wie man Strom sichtbar macht...
- Aufbau des Generators ...
- Wie wird Strom erzeugt ...

### 5.3.3 Aufbau - Kiste

- Aufbau der Kiste ...
- Wie wird sie aufgebaut ...
- Was ist das alles drin ...

### 5.3.4 Warum wir mit diesem Projekt begonnen haben

- Warum machen wir das, was bringt das ... (Fahrad was gemeinnützig verwendet werden kann, es muß nur die Kiste ausgetauscht werden; ...)
- Wenn wollen wir damit erreichen ...
- Fotos vom ersten Kino-Event ...
- evtl. noch eigenen Namen für unser Rad finden; anstatt Long André irgendwas passenderes für uns - gab es da nicht auch schon mal was?

## 6 Zusammenfassung

### 6.1 Fahrradteile für den Aufbau und zur Gewährleistung der Verkehrstauglichkeit des Lastenrades

Tabelle 6.1: benötigte Fahrradbauteile zur Verkehrstauglichkeit des Lastenrades

Teile	Menge	Abgehakt!?
26“-Stahlrahmen (nicht gemufft, evtl. MTB-Rahmen)	1	<input type="checkbox"/>
26“-Gabel (1“-Steuerrohr $\varnothing$ )	1	<input type="checkbox"/>
20“-Gabel (1“-Steuerrohr $\varnothing$ )	1	<input type="checkbox"/>
Lagerschalen für Steuerrohr (1“-Steuerrohr $\varnothing$ )	2	<input type="checkbox"/>
Bremsen/Bremssystem für 26“-Rad	1	<input type="checkbox"/>
Bremsen/Bremssystem für 20“-Rad	1	<input type="checkbox"/>
Nabendynamo	1	<input type="checkbox"/>
Lichtanlage (Rück- und Vorderlicht)	1	<input type="checkbox"/>
Schaltung mit gesamten Zubehör	1	<input type="checkbox"/>
Schutzbleche (26“ und 20“)	je 1	<input type="checkbox"/>
Fahradkette	je 1	<input type="checkbox"/>
Kurbelgarnitur und Ritzel hinten	je 1	<input type="checkbox"/>
Tretlager	1	<input type="checkbox"/>
Lenker, Lenkervorbau, Lenkergriffe	1	<input type="checkbox"/>
26“ und 20“-Rad, inkl. Bereifung, Speichen, Nippel,...	je 1	<input type="checkbox"/>
Sattel und Sattelstütze	1	<input type="checkbox"/>
Fahrradständer	1	<input type="checkbox"/>
Steuersatz	2	<input type="checkbox"/>

## 6.2 Werkzeuge, Gerätschaften und Maschinen zum Bau des Lastenrades

Tabelle 6.2: benötigte Werkzeuge, Gerätschaften und Maschinen zum Bau des Lastenrades

<b>Werkzeug</b>	<b>Menge</b>	<b>Abgehakt!?</b>
Rohrbiegemaschine für die entsprechenden Rohrdurchmesser (oder die Rohre zuschneiden und aneinander schweißen)	1	<input type="checkbox"/>
Winkelschleifer (mit Schrubbscheiben und Trennscheiben)	1	<input type="checkbox"/>
Große Schraubzwingen	3-4	<input type="checkbox"/>
Brett; Länge 1 m	1	<input type="checkbox"/>
Stahlmaßband oder Meterstab	1	<input type="checkbox"/>
Maulschlüsselsatz	1	<input type="checkbox"/>
Kabeltrommel; Stromanschluß	1	<input type="checkbox"/>
Schweißgerät mit allem Zubehör (genügend Schweißdraht und Schutzgas vorhanden?)	1	<input type="checkbox"/>
Bandsäge die Stahlrohre von mindestens 2 mm bis 40 mm und im Winkel durchsägen kann	1	<input type="checkbox"/>
Ständerbohrmaschine die $\varnothing$ von 33 mm und 40 mm und im Winkel bohren kann	1	<input type="checkbox"/>
Satz Metallfeilen	1	<input type="checkbox"/>
Schraubstock	1	<input type="checkbox"/>
Wasserwaage	1	<input type="checkbox"/>
M6- und M8-Gewindeschneider	je 1	<input type="checkbox"/>
Winkelschmiege	1	<input type="checkbox"/>
Rohrschneider (alternativ: Winkelschleifer)	1	<input type="checkbox"/>

# 7 Elektrischer Antrieb

## 7.1 Grundsätzlicher Aufbau

Das Herzstück des Pedal-Generator ist natürlich der Generator. Dieser ist eine ausrangierte PKW-Lichtmaschine. Sie wurde ausgewählt da sie eine Gleichspannung ausgibt, dank integriertem Gleichrichter, und relativ einfach Drehzahl unabhängig geregelt werden kann. Außerdem lag sie ungenutzt im Regal. Nachteilig ist aber der schlechte Wirkungsgrad aufzuzählen. Warum dieser so schlecht ist, wird im Abschnitt 7.2.2 (Wirkungsweise der PKW-Lichtmaschine) näher erläutert. Als Gestell wird ein Rollentrainer fürs Fahrrad eingesetzt. An ihm ist der Generator Befestigt. Der Antrieb erfolgt über eine Rolle aus Aluminium. Sie ist direkt an den Rotor des Generator geschraubt. Die Steuerung der Leistung erfolgt über eine, für diese Anwendung entwickelte, Steuerbox. In ihr sitzt die Leistungselektronik zur Steuerung und ein Arduino Uno ( $\mu$ -Controller) zur Regelung des Generator. Die folgende Abbildung zeigt ein Blockschaltbild der gesamten Pedal-Generator Einheit. Es ist recht komplex, wird aber in den folgenden Kapiteln näher beschrieben.

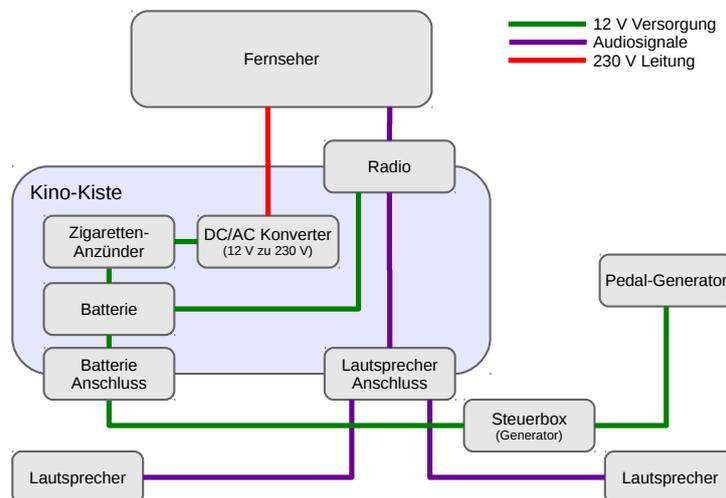


Abbildung 7.1: Blockschaltbild Technik

## 7.2 Aufbau und Funktionsweise des Pedal-Generator

### 7.2.1 Mechanischer Aufbau

Das Grundgestell bildet ein Rollentrainer aus dem Sportbereich. Er wird normalerweise für das winterliche Training von Radsportlern benutzt. An ihm ist der Generator befestigt. Für die Befestigung sind relativ wenig Umbaumaßnahmen notwendig. Es muss lediglich eine kleine Schweißkonstruktion zum Anpressen an den Reifen angefertigt werden. Im Bild 7.2 (Befestigung Generator) ist sie zu erkennen.

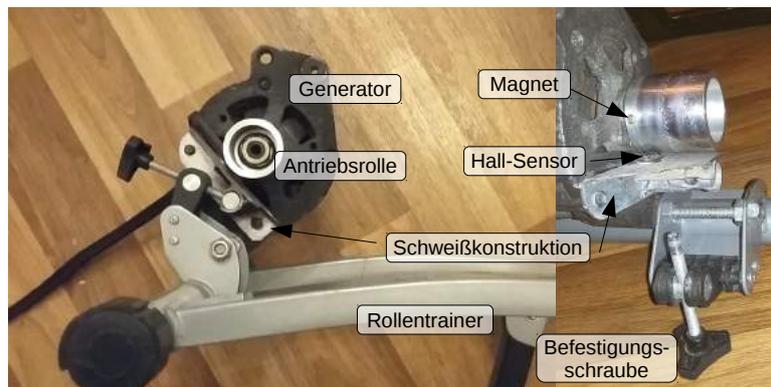


Abbildung 7.2: Befestigung Generator

So kann mit der Befestigungsschraube der Generator an das Hinterrad gepresst werden. Der Antrieb erfolgt dann mit der Antriebsrolle. Sie ist ein spezielles Drehteil und passt direkt auf die originale Welle der Lichtmaschine. Sie hat einen Durchmesser von 5 cm und ist 5 cm Breit. Sie muss für jeden Generator speziell angefertigt werden. Für die Drehzahlerfassung des Generator ist in der Rolle ein Magnet eingeklebt und an der Schweißkonstruktion ein Hall-Sensor montiert. Damit wird später die Drehzahl in eine virtuelle Geschwindigkeit umgerechnet und dient zu Berechnung der Soll-Leistung.

Für die Erregung der Maschine muss der alte Regler der Lichtmaschine umgeändert werden. Da später die Regelung in der Steuerbox stattfindet. Hierfür muss der eigentliche Regler entfernt werden.

An die Anschlüsse werden zwei Kabel gelötet. Wie es im Rechten Teil von der Abbildung 7.3 (Erregung) zu sehen ist.

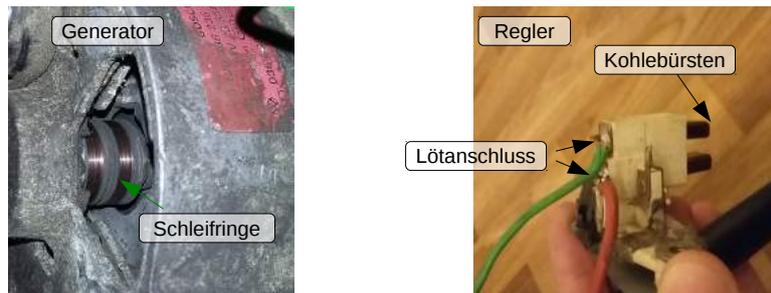


Abbildung 7.3: Erregung

Weiterhin sind die Kohlebürsten und die Schleifringe dargestellt. Über diese beiden Bauteile wird dann der Strom für die Erregerwicklung im Rotor fließen. Warum das notwendig ist, wird im nächsten Abschnitt erklärt.

### 7.2.2 Wirkungsweise der PKW-Lichtmaschine

Prinzipiell ist die PKW-Lichtmaschine eine fremd erregte Drehstrommaschine mit Klauenpollläufer.

Das heißt, dass eigentlich kein Gleichstrom aus dieser Maschine kommt, sondern ein 3-Phasen Wechselstrom. Dieser wird dann aber in einer B6 Gleichrichterbrücke gleichgerichtet. Die Erregung der Maschine erfolgt über eine fremde Energiequelle. Praktisch heißt das: Im Rotor ist eine Spule, welche das notwendige Magnetfeld für die Induktion im Ständer aufbaut. Nach dem Induktionsgesetz wird nämlich nur bei der Änderung des Magnetfeldes eine Spannung in einem Leiter bzw. Spule induziert. Dafür hat der Läufer viele magnetische Pole, Nord und Süd. So wird beim Drehen eine Spannung induziert, aber nur wenn durch den Läufer ein Strom fließt. Das erfolgt über die bereits beschriebenen Kohlebürsten und Schleifringe. Die Höhe der induzierten Spannung im Ständer hängt von der Änderungsgeschwindigkeit des Erregerfeldes ab (Also die zeitliche Ableitung des Erregerfeldes). Hier für gibt es 2 Möglichkeiten. Die Erste ist die Drehzahl erhöhen. So ändern sich schnell Nord- und Südpole ab und die Spannung im Ständer steigt mit steigender Drehzahl. Da eine PKW-Lichtmaschine aber bei jeder Drehzahl 14 V für das Bordnetz im PKW bereitstellen muss, gibt es noch eine 2 Methode. Hier wird die Amplitude des Magnetfeldes erhöht oder reduziert. Dadurch verändert sich auch das Magnetfeld in den Ständerspulen, bei konstanter Drehzahl, schneller. Die Stärke des Erregerfeldes ist vom Strom der Erregerwicklung abhängig und dieser wird durch den Regler der Lichtmaschine gesteuert. Beim Pedal-Generator übernimmt das die Steuerbox. So kann über den Erregerstrom die abgegebene Leistung des Generator gesteuert werden. Das wichtigste dieses Abschnitts ist: Ohne Erregerstrom wird kein Erregerfeld aufgebaut und bei Drehung des Rotor keine Spannung im Ständer induziert. Es kann also kein Strom generiert werden. Somit ist auch klar

das zum starten des Generator ein Strom aus einer externen Batterie notwendig ist. Warum ist der Wirkungsgrad so Schlecht? Der Wirkungsgrad des Generator wird auf 50 % geschätzt. Das Liegt am prinzipiellen Aufbau der Maschine. In der Automobilindustrie wird auf jeden Cent geschaut. Das spiegelt sich auch beim Generator wieder. Der Luftspalt zwischen Rotor und Stator ist groß. So können größere Fertigungstoleranzen in kauf genommen werden und die raue Umgebung im PKW macht einen großen Luftspalt erforderlich. Außerdem ist ein extrem einfach herzustellender Klauenpolläufer verbaut. Bei ihm ist das Streufeld sehr groß und somit steigt auch erforderliche Leistung für die Erregung. Für die Verbesserung des Wirkungsgrads kann der Lüfter entfernt werden. Da die Leistung am Fahrrad nur ein Bruchteil von der im PKW entspricht. Ein weiterer Punkt für den schlechten Wirkungsgrad ist die geringe Drehzahl. Dadurch steigt auch die Leistung für die Erregung.

## 7.3 Beschreibung der Steuerbox

### 7.3.1 Funktionen und Anschlüsse der Steuerbox

An die Steuerbox werden die Verschieden Komponenten angeschlossen.

- Der Generator mit Erregerwicklung, Lastausgang und Drehzahlerfassung
- Die Batterie
- Und ein externes Gerät, wie z.B. einen Mixer

Die Anschlüsse sind in der folgenden Abbildung 7.4 dargestellt.

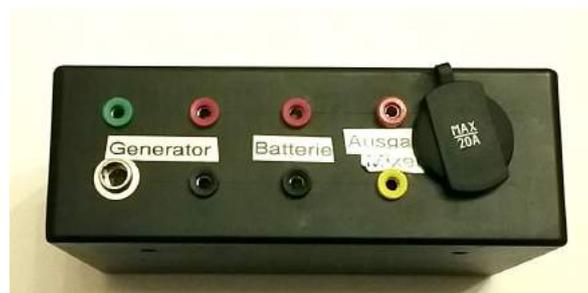


Abbildung 7.4: Steuerbox Anschlüsse

Die Anschlüsse sind mit Baugruppe und Farbe des Anschlusses genau gekennzeichnet. Mit der Steuerbox kann der Pedal-Generator in drei Zuständen betrieben werden. Diese sind:

- Laden der Batterie (Auswahlschalter 0)

- Den Ausgang für die externen Geräte proportional zur Eingangsleistung steuern (Auswahlschalter 1)
- Die Batteriespannung zu 100 % auf den Ausgang für die externen Geräte legen

Der letzte Modus ist für Geräte erforderlich, welche bei einer Unterbrechung der Versorgungsspannung einen Schaden erleiden können. Außerdem stellt die Steuerbox auch die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine dar. Hierfür hat sie verschiedene „Hilfsmittel“.

- Den Auswahlschalter zum auswählen des Modus
- Ein LCD-Display um einige Daten darzustellen
- Und eine Bilanzampel

Dargestellt ist das in der Abbildung 7.5.



Abbildung 7.5: Steuerbox Draufsicht

Im Anzeige Display wird die theoretische Geschwindigkeit angezeigt, welche sich bei der entsprechenden Raddrehzahl auf der Straße einstellen würde. Außerdem zeigt es die Batteriespannung und die erzeugte Leistung des Generator. Die Bilanzampel zeigt an, ob die erzeugte Leistung größer, gleich oder kleiner der abgegeben Leistung am Ausgang ist. Die Steuerung beginnt aber erst ab einer Geschwindigkeit von mindestens 4 km/h zu arbeiten. Unter dem wäre der Erregerstrom zu Hoch. Die abgegeben Leistung steigt dann aber proportional zur Geschwindigkeit. So das bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h eine elektrische Leistung von 100 W erzeugt wird. Wie das gemacht wird, erfahrt ihr im nächsten Kapitel.

### 7.3.2 Das Innenleben der Steuerbox

Die Hauptaufgabe der Steuerbox ist es, die abgegebene Leistung des Generators zu steuern. Dafür sind einige Sensoren, Aktoren und ein Arduino Uno als Herzstück verbaut. Dargestellt ist das in der Abbildung 7.6. Zum erfassen des Ist-Zustand sind folgende Sensoren verbaut:

- Hall-Sensor zur Drehzahlerfassung
- Stromsensor zur Erfassung des Strom vom Generator
- Spannungsmessung um die Batteriespannung zu erfassen

Mit dem Drehzahlsensor und dem Durchmesser der Rolle kann die Umfangsgeschwindigkeit berechnet werden. Sie ist auch gleich die virtuelle oder auch theoretische Geschwindigkeit des Fahrrad. Mit ihr und einer Konstanten wird dann der Luftwiderstand berechnet. Es kommt eine Soll-Leistung heraus. Mit Strom und Spannung vom Generator wird die Ist-Leistung berechnet. Durch einen programmierten PID-Regler wird nun die Ist auf die Soll-Leistung eingeregelt. Das erfolgt über die Stellung des Erregerstrom mit einem Pulssteller. Für die Steuerung des externen Ausgang ist ebenfalls ein Pulssteller verbaut. Regelung hiervon erfolgt ebenfalls mit einem PID-Regler. Wobei hier die Regelgröße die Batteriespannung ist. Hierbei ist die Annahme, dass in die Batterie kein Strom rein oder raus fließt. Das bedeutet das die Batteriespannung konstant bleibt. Um aber immer die Batterie etwas zu laden wird die Batteriespannung auf 13,2 V geregelt. So fließt ein geringer Strom in die Batterie und der Rest wird zum externe Gerät geleitet. Voraussetzung ist hierfür eine voll geladene Batterie. Mit einem Zusätzlichen Stromsensor ist eine schnellere und genauere Regelung möglich.

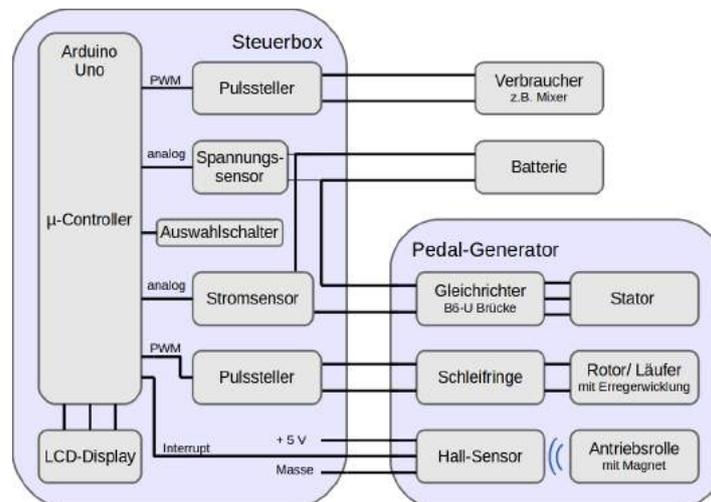


Abbildung 7.6: Blockschaltbild des Pedal-Generators

## 8 Quellenverzeichnis

- [1] Wikipedia.org: „Long-André: ausführliche Bauanleitung“, unter:  
[http://www.werkstatt-lastenrad.de/index.php?title=Long-Andr%C3%A9:\\_ausf%C3%BChrliche\\_Bauanleitung&oldid=11959](http://www.werkstatt-lastenrad.de/index.php?title=Long-Andr%C3%A9:_ausf%C3%BChrliche_Bauanleitung&oldid=11959) (abgerufen Februar bis Mai 2016)
- [2] bikester.ch: unter: <http://www.bikester.ch/fileadmin/mediapool/ch/laufraeder-naben.jpg> (abgerufen Februar 2016)
- [3] ebay.com: unter:  
[https://ssli.ebayimg.com/00/s/NzY4WDEwMjQ=/z/kmwAAOSwEOxXPyqg/\\$\\_9.JPG](https://ssli.ebayimg.com/00/s/NzY4WDEwMjQ=/z/kmwAAOSwEOxXPyqg/$_9.JPG) (abgerufen Februar 2016)
- [4] arcor.de: unter: <http://home.arcor.de/ebay.folder/grimvr1.jpg> (abgerufen Februar 2016)
- [5] DerFahradladenAltona.de: unter:  
<http://www.derfahradladenaltona.de/demo/userfiles/files/Thema%20Nabe-Kette.pdf> (abgerufen Februar 2016)



# 9 Galerie

