

RDF

Projektarbeit

an der Rudolf-Diesel-Fachschule Nürnberg

Fachrichtung Mechatroniktechnik

Abschlussjahr 2022



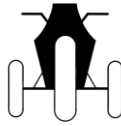
vorgelegt von:

Michael Braunschläger

Paul Hollerbach

Tim Hähnlein

Simon Graßler



Allgemeine Informationen zum Projekt

Projektarbeit

E-XTREM3

Durchführungsort

Rudolf-Diesel- Fachschule
Fachrichtung Mechatronik
Äußere Bayreuther Straße 8
90491 Nürnberg

Projektteam

Michael Braunschläger
Himmelgartenstraße 7
91220 Schnaittach

Paul Hollerbach
Zeulenrodaer Straße 4
91207 Lauf an der Pegnitz

Tim Hähnlein
Weinbergstraße 40
90613 Großhabersdorf

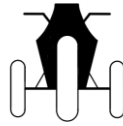
Simon Graßler
Tolstoistraße 43a
90475 Nürnberg

Fachbetreuer

StD Dipl.-Ing. (FH) Martin Hoffmann

Abgabetermin

Nürnberg, den 08.04.2022



Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichern wir, dass die vorliegende Projektarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt haben, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer anderen Prüfungsleistung war.

Nürnberg, den 08.04.2022

Michael Braunschläger

Nürnberg, den 08.04.2022

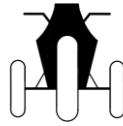
Paul Hollerbach

Nürnberg, den 08.04.2022

Tim Hähnlein

Nürnberg, den 08.04.2022

Simon Graßler



Vorwort

Im Rahmen der Weiterbildung zum Mechatronik-Techniker an der Rudolf-Diesel-Fachschule in Nürnberg sollen die zukünftigen Absolventinnen und Absolventen ihr erlerntes Wissen in der Praxis durch eine Projektarbeit nachweisen.

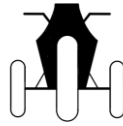
Die Projektarbeit erfolgt fächerübergreifend und wird im dritten und vierten Semester durchgeführt.

Sie beinhaltet die Planung, praktische Durchführung und schriftliche Dokumentation eines selbst gewählten Projektthemas. Der zeitliche Rahmen pro Teammitglied soll ca. 260 Stunden betragen. Unser Team besteht aus 4 Mitgliedern.

Das Ziel dieser Projektarbeit ist, berufliche sowie erworbene fachliche Kompetenzen einzusetzen, auszubauen und weiterzuentwickeln.

Einen weiteren Bestandteil des Projektes bildet eine Meilensteinsitzung in englischer Sprache. Diese Meilensteinsitzung wird in Form eines Vortrags vor der Klasse und dem Kollegium gehalten. In diesem Vortrag wird ein Überblick über den Istzustand sowie über den noch zu erledigenden Sollzustand des Projekts gegeben. Dort muss auch bekannt gegeben werden, ob die Projektziele eingehalten werden können und ob bei gewissen Vorgaben nachgebessert werden muss.

Zum Abschluss der Projektarbeit werden die einzelnen Projekte auf der Technikerbörse vorgestellt. Zudem wird es eine Abschlusspräsentation geben, in der das jeweilige Projektteam ihre abgeschlossene Projektarbeit vor den Mitschüler*innen, Lehrkräften und Sponsoren präsentiert. Außerdem tritt unser Projekt während des gesamten Ablaufs auch auf diversen Social-Media-Kanälen wie Instagram und YouTube auf. Des Weiteren wird die Projektarbeit mit einem Verweis auf unsere Website auf der Homepage der Rudolf-Diesel-Fachschule veröffentlicht.



Projektvereinbarung

E-XTREM3 Three Wheels - One Vision



Motivation

Durch unser großes Interesse am Mountainbiken und der E-Mobilität wollen wir beide Themen in einem Fahrzeug vereinen.

Projektbeschreibung:

Es wird ein elektrisch motorisiertes Trike entwickelt. Die Lenkung wird über zwei Räder auf der Vorderachse realisiert. Der Antrieb erfolgt am Hinterrad über einen Nabenmotor, dessen Stromversorgung über Akkus sichergestellt wird. Das Trike soll eine Person bis zu 120kg, eine halbe Stunde bzw. 20km im Gelände befördern können.

Neben einer Dokumentation werden folgende Punkte erarbeitet:

Mechanik:

- Gestell fertigen
- Federung der Hinterachse beschaffen
- Lenkung fertigen
- Bremsen beschaffen
- CAD-Modell konstruieren

Medienpräsenz:

- Webseite, Social Media (Instagram, Youtube)

Optional:

- Rekuperation durch Bremsen des Nabenmotors
- Touch-Display
- Umfeldbeleuchtung
- Federung der Vorderachse beschaffen

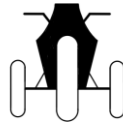
Elektrik:

- Akku mit Ladegerät beschaffen
- Motorsteuerung beschaffen
- Sicherheitskreis (Not-Aus, Totmannschalter)

Software:

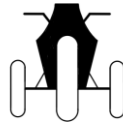
- Motorcontroller beschaffen

Display programmieren (Geschwindigkeit, Akkustand)

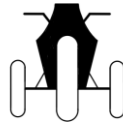


Inhaltsverzeichnis

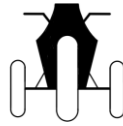
1 Projektzusammenfassung	1
2 Vorbild	2
3 Projektplanung	3
4 Prototypen	4
5 Planung der Mechanik	7
5.1 Schweißverfahren.....	7
5.2 Rahmen.....	7
5.3 Berechnung des Rahmens.....	8
5.4 Hinterradaufhängung und Dämpfung	12
5.5 Lenkung.....	12
5.6 Achse	12
5.7 Berechnung der Achse	13
5.8 Vorderradaufhängung.....	15
5.9 Bremssystem	15
6 Planung der Elektrik	16
6.1 Stromspeicher	16
6.2 Berechnung der Akkukapazität	17
6.3 Motor	18
6.4 Motorcontroller	19
6.5 Daumengas	19
6.6 DCDC-Wandler 48 V auf 12 V	20
6.7 DCDC-Wandler 12 V auf 5 V	20
6.8 Schlüsselschalter	20
6.9 Not-Aus-Schalter	21
6.10 Lüfter.....	21
6.11 Sicherungen.....	21
6.12 Berechnung der Feinsicherungen.....	22
7 Planung der Software	25
7.1 Arduino Uno	25
7.2 Steuerung Arduino Uno.....	25
7.3 Temperatursensor	26
7.4 Timer	26



6.11 Sicherungen.....	21
6.12 Berechnung der Feinsicherungen	22
7 Planung der Software.....	25
7.1 Arduino Uno.....	25
7.2 Steuerung Arduino Uno	25
7.3 Temperatursensor	26
7.4 Timer	26
7.5 Display	26
7.6 Displaygehäuse	27
7.7 Planung der Software	27
8 Durchführung Mechanik	28
8.1 Rahmen	28
8.2 Hinterradaufhängung und Dämpfung.....	30
8.3 Vorderachse.....	31
8.4 Lenkung	32
8.5 Vorderradaufhängung.....	33
8.6 Bremssystem.....	34
8.7 Finales Trike	35
9 Durchführung Elektrik.....	36
9.1 Schaltkasten	36
9.2 Stromspeicher	37
9.3 Motor	37
9.4 Motorcontroller.....	37
9.5 Daumengas	38
9.6 DCDC-Wandler 48 – 12 V	38
9.7 DCDC-Wandler 48 – 5 V	39
9.8 Sicherungen.....	39



9.9 Schlüsselschalter	40
9.10 Not-Aus-Schalter	40
10 Durchführung Software.....	41
10.1 Temperatursensor.....	41
10.2 Displaygehäuse	41
10.3 Display.....	42
10.4 Software	43
11 Inbetriebnahme.....	44
11.1 Mechanik.....	44
11.2 Elektrik	44
11.3 Software	44
12 Bedienungsanleitung	45
13 Zeitlicher Projektverlauf.....	52
14 Übersicht Projektkosten	54
14.1 Materialkosten	54
14.2 Projektkostenplan	54
15 Soll-Ist-Analyse.....	55
Kritische Reflexion	57
Danksagung	58
Abbildungsverzeichnis	59
Tabellenverzeichnis.....	61
Literaturverzeichnis.....	62



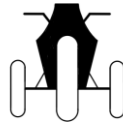
1 Projektzusammenfassung

Bei der Projektarbeit handelt es sich um ein Reverse-E-Trike, welches sich rein elektrisch auf zwei Vorderrädern und einem Hinterrad bewegt. Das Fahrzeug wird durch einen Nabenmotor, der sich am Hinterrad befindet, angetrieben. Die hierfür benötigte elektrische Versorgung stellt ein Lithium-Ionen-Akku bereit. Alle elektrischen Komponenten, die zur Steuerung und Versorgung des Fahrzeuges dienen, befinden sich in den Schaltkästen links und rechts neben dem Sitz.

Die Regelung der Geschwindigkeit wird durch ein elektrisches Daumengas am Lenker gesteuert. Aus rechtlichen Gründen wird die Höchstgeschwindigkeit auf 6 km/h begrenzt. Der Motorcontroller misst den Akku-Stand, die Geschwindigkeit und gibt diese über ein Display aus.

Außerdem ist ein weiteres Display verbaut, welches Auskunft über die Außentemperatur gibt. Auf Wunsch kann dort auch ein Timer (Stoppuhr) gestartet werden.

Ein Teil der mechanischen Komponenten wurden mit SolidWorks konstruiert, die anderen konnten mit dem Trial-and-Error Prinzip umgesetzt werden. Mithilfe eines Schutzgasschweißgeräts wurde der Rahmen und andere tragende Teile gefertigt.



2 Vorbild

Als geschichtliches Vorbild für das Projekt dient der „Messerschmitt Kabinenroller“, nur dass dieses Vorhaben elektrisch, ohne Verkleidung und für Geländefahrten geeignet sein soll.

Die Firma Bowhead Corp. aus Kanada bietet ein Trike für Menschen an, die von der Hüfte abwärts gelähmt sind, aber dennoch gerne weiter das „Downhill fahren“ ausüben möchten (siehe Abbildung 1).

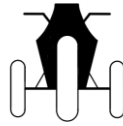
Es bietet folgende Vorteile:

- Kompakte Ausführung
- Lage der Füße über der Vorderachse
- Betreiben des Hinterrads über eine Verbindung des Motors mit Kette
- Eine für Geländefahrten optimierte Lenkung und Dämpfung

Während des gesamten Projekts werden Bilder und Videos des Bowhead Trikes immer wieder als Vorlagen verwendet, um die Visionen des Teams umsetzen zu können. Das Ziel ist es, an die Qualität und die Leistungsfähigkeit des Trikes heranzukommen.



Abbildung 1: Bowhead Trike



3 Projektplanung

Am Anfang der Vorbereitung steht die Definitionsphase, die für Projekte eines solchen Umfangs essenziell ist. Ohne ein umfangreiches Sponsoring, die fachkundige Unterstützung von Firmen und unseren Lehrern wäre dies nur schwer zu bewältigen gewesen.

Es gibt viele Möglichkeiten unterstützende Prozesse für die Projektplanung zu finden. Aus diesem Grund werden verschiedene Arten der Ideenfindung genutzt. So kamen unter anderem das Brainstorming und das Recherchieren zu anderen ähnlichen Projekten zum Einsatz. Es wird außerdem ein Strukturplan erstellt. Der Planungsprozess ist insgesamt ein Vorgang, der mit Hilfe ständiger Online- oder Live-Besprechungen kontinuierlich angepasst, verbessert und ausgebaut wird, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen.

Auf Grundlage des V-Modells und der regelmäßigen Eigenschaftsabsicherung können alle Anforderungen realisiert werden. Das V-Modell ist eine Vorgehensweise zur Planung, Entwicklung und Durchführung von Projekten (siehe Abbildung 2).

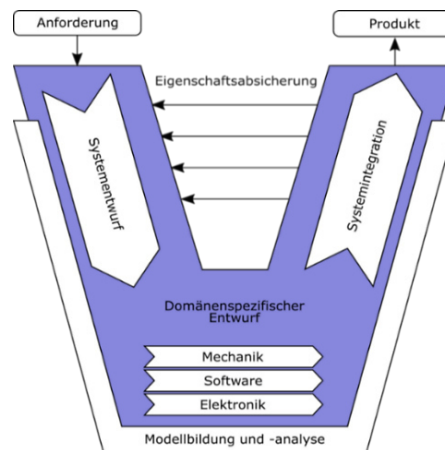
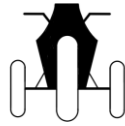


Abbildung 2: V-Modell

Für die Umsetzung werden viele Bauteile und Materialien benötigt. Die Bereitstellung dieser Teile wird durch Sponsoring von Firmen und Privatpersonen gefördert.

Die Kontaktaufnahme zu Firmen bei Messen, Veranstaltungen sowie engagierte Eigeninitiative ermöglichen es uns, für fast alle Komponenten Sponsoren zu finden.



4 Prototypen

Prototyp V1



Abbildung 3: Prototyp V1

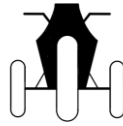
Der erste Prototyp hat ein leichtes Gestell, allerdings wenig Stabilität und durch die kleinen Vorderräder kaum Bodenfreiheit. Generell ist er zu lang.

Prototyp V2



Abbildung 4: Prototyp V2

Der zweite Prototyp ist kürzer und damit wendiger.



Prototyp V3



Abbildung 5: Prototyp V3

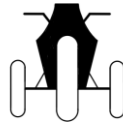
Der dritte Prototyp wird mit einer Hinterraddämpfung und einem Nabenmotor aufgewertet. Der Rahmen ist jedoch nicht stabil genug, so kommt es zu Verwindungen.

Prototyp V4



Abbildung 6: Prototyp V4

Der vierte Prototyp unterscheidet sich vom Vorherigen durch seine geeigneteren Vorderräder. Durch das zu große Lenkspiel ist das Kurvenverhalten mangelhaft.

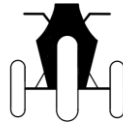


Prototyp V5



Abbildung 7: Prototyp V5

Der fünfte und letzte Prototyp wird mit einer Fußablage und einem Sitz ergänzt. Die Stabilität und das Kurvenverhalten sind optimiert.



5 Planung der Mechanik

5.1 Schweißverfahren

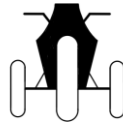
Es wird das Schutzgasschweißgerät Rehm Magnum 180 mit einem 0,8 mm verkupfertem Stahl SG3 Schweißdraht und dem Schutzgas Corgon 18 verwendet.

5.2 Rahmen

Funktionalität, Stabilität und Nachhaltigkeit sind die Eigenschaften, die das Trike im Bereich der Mechanik, erfüllen muss. Deshalb wird der Rahmen selbst entwickelt und konstruiert. Inspiration der Projektarbeit ist das Reach Adventure-E Bike der Firma Bowhead Corp.

Den Kern des Trikes bildet der Rahmen. An diesem werden alle Bauteile wie z.B. die Lenkung, der Nabenmotor und die Elektronik befestigt. Außerdem muss er den Anforderungen im Gelände standhalten. Der Rahmen der Firma Bowhead Corp. besteht aus zwei Titan Rohren, an denen die bewegliche Achse und die Hinterradaufhängung angebracht sind. Um nachhaltig zu sein und Material wieder zu verwenden, werden Vierkantrohre des ehemaligen SimRacers als Grundgerüst eingesetzt. Durch diese ist der Rahmen leicht, verliert jedoch nicht an Stabilität.

Der Rahmen besteht aus der Vorderachse, den Fußrasten und dem Grundgestell. Am Grundgestell werden der von der Firma Driftwerk gesponserte Sitz, die Elektroboxen und der Akku angebracht.



5.3 Berechnung des Rahmens

Legende

F_{\max} = maximale Kraft in N

F_A = Kraft an Punkt A in N

F_B = Kraft an Punkt B in N

M_{\max} = Maximales Drehmoment in Nm

I_{xg} = Gesamtes Flächenträgheitsmoment in mm^4

I_{x1} = Flächenträgheitsmoment in mm^4

I_{x2} = Flächenträgheitsmoment in mm^4

I_{E1} = Einzelträgheitsmoment in mm^4

H = Länge in mm

h = Länge in mm

I_{S1} = Steiner Anteil in mm^4

a_1 = Abstand in mm

A_1 = Fläche in mm^2

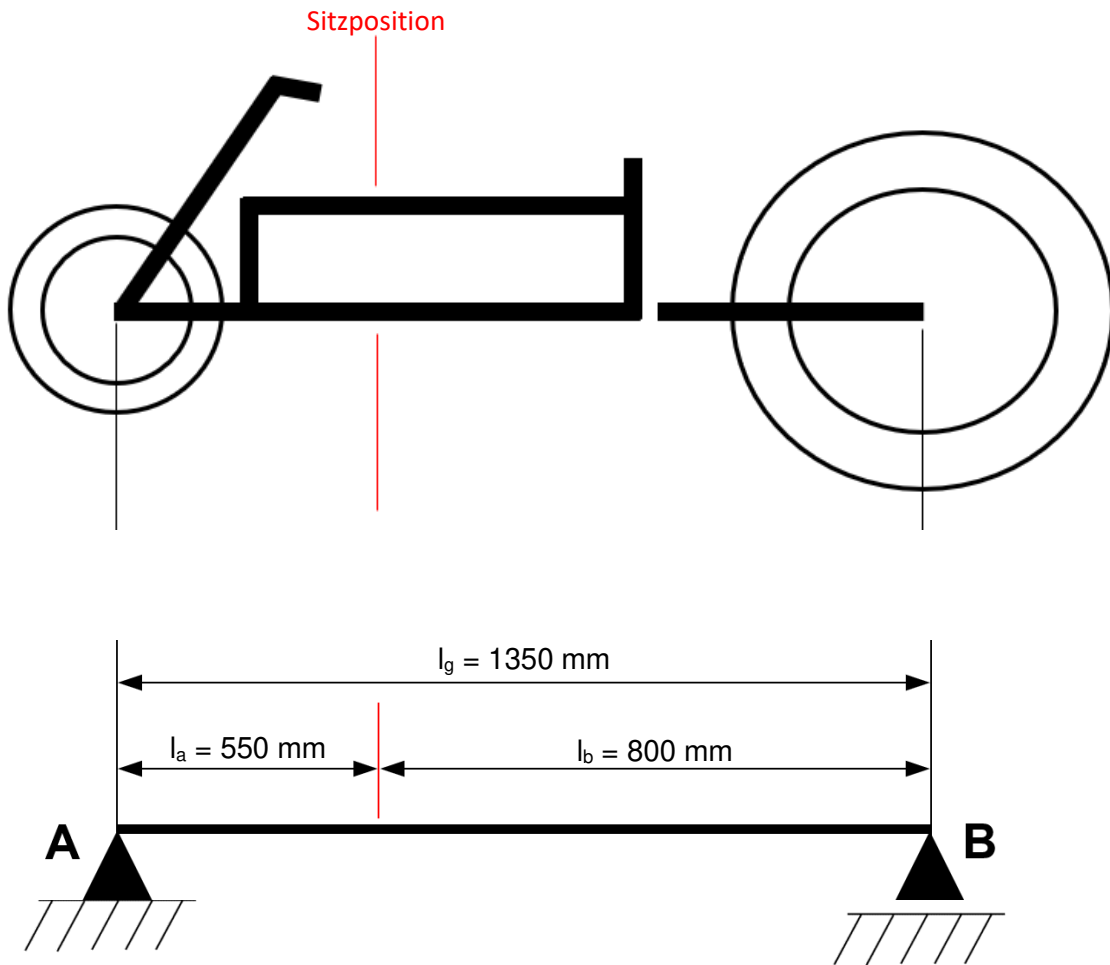
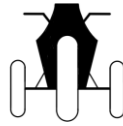
W_x = Widerstandsmoment in mm^3

a_3 = Abstand in mm

$\sigma_{b \text{ vorh}}$ = Vorhandene Biegespannung in $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$\sigma_{bW \text{ zul}}$ = Zulässige Biegewechselspannung in $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

v = Sicherheit



Auftretende Kräfte

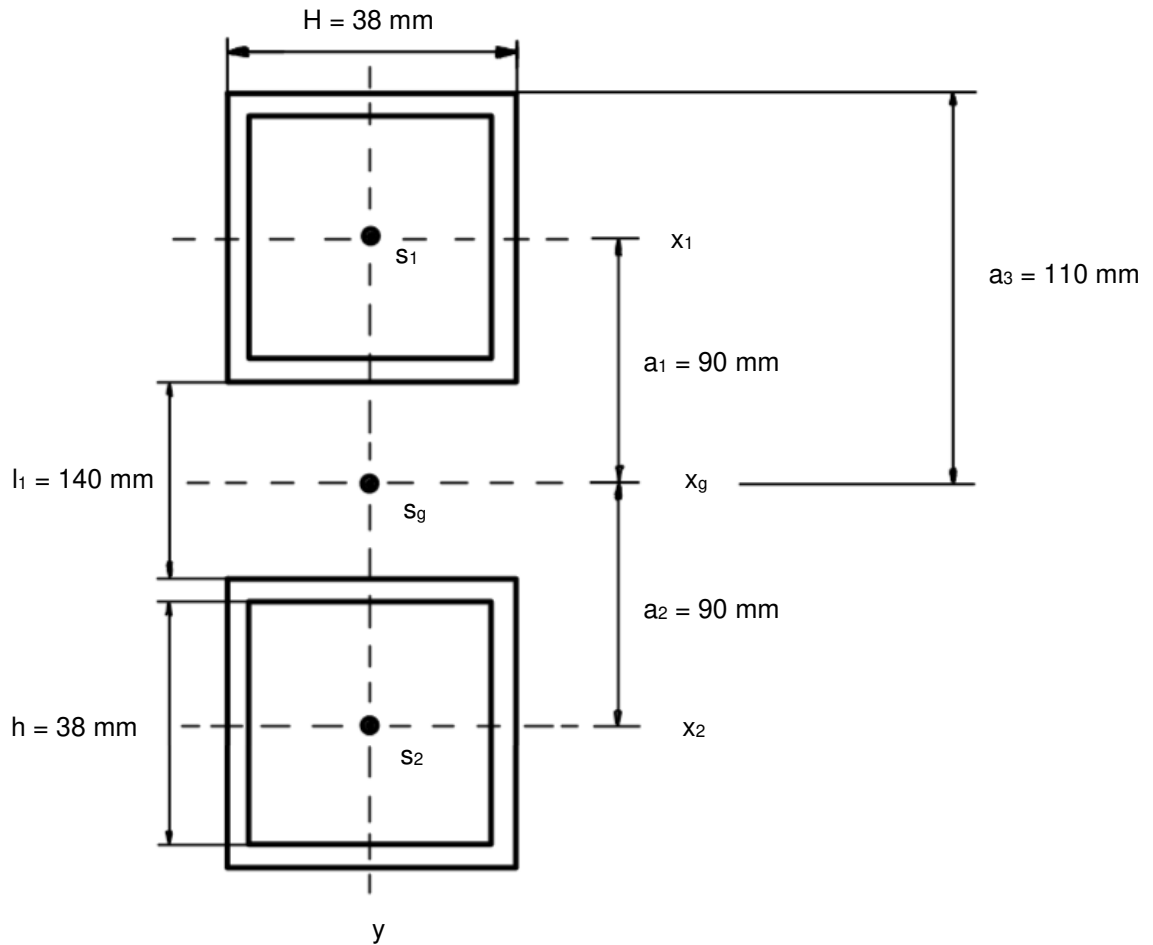
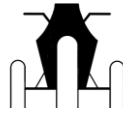
$$F_{\max} = \frac{120 \text{ kg}}{2} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 589 \text{ N}$$

$$F_A = \frac{F_{\max} * l_b}{l} = \frac{589 \text{ N} * 800 \text{ mm}}{1350 \text{ mm}} = 349,0 \text{ N}$$

$$F_B = \frac{F_{\max} * l_a}{l} = \frac{589 \text{ N} * 550 \text{ mm}}{1350 \text{ mm}} = 240,0 \text{ N}$$

Maximal auftretendes Biegemoment

$$M_{\max} = F_{\max} * \frac{l_a * l_b}{l} = 589 \text{ N} * \frac{550 \text{ mm} * 800 \text{ mm}}{1350 \text{ mm}} = 191970 \text{ Nmm} = 191,97 \text{ Nm}$$



Flächenträgheitsmomente

$$I_{xg} = I_{x1} + I_{x2}$$

$$I_{x1} = I_{E1} + I_{S1}$$

$$I_{E1} = \frac{H^4 + h^4}{12} = \frac{(40 \text{ mm})^4 - (38 \text{ mm})^4}{12} = 39572 \text{ mm}^4$$

$$I_{S1} = a_1^2 \cdot A_1$$

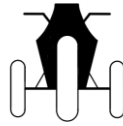
$$A_1 = H^2 - h^2 = (40 \text{ mm})^2 - (38 \text{ mm})^2 = 156 \text{ mm}^2$$

$$I_{S1} = (90 \text{ mm})^2 \cdot 156 \text{ mm}^2 = 1263600 \text{ mm}^4$$

$$I_{x1} = 39572 \text{ mm}^4 + 1263600 \text{ mm}^4 = 1303172 \text{ mm}^4$$

$$I_{x1} = I_{x2}$$

$$I_{xg} = I_{x1} \cdot 2 = 1303172 \text{ mm}^4 \cdot 2 = \mathbf{2606344 \text{ mm}^4}$$



Widerstandsmoment

$$W_x = \frac{I_{xg}}{a_3} = \frac{2606344 \text{ mm}^4}{110 \text{ mm}} = \mathbf{23694 \text{ mm}^3}$$

Vorhandene Biegespannung

$$\sigma_{b \text{ vorh}} = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{191970 \text{ Nmm}}{23694 \text{ mm}^3} = \mathbf{8,10 \frac{N}{\text{mm}^2}}$$

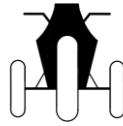
Zulässige Biegespannung

Bei S235JR zulässige Biegewechselspannung $\sigma_{bW \text{ zul}} = \mathbf{190 \frac{N}{\text{mm}^2}}$

Sicherheit

$$V = \frac{\sigma_{b \text{ zul}}}{\sigma_{b \text{ vorh}}} = \frac{190 \frac{N}{\text{mm}^2}}{8,10 \frac{N}{\text{mm}^2}} = \mathbf{23,46}$$

➔ Mit dem ausgewählten Material besteht eine **23 - fache Sicherheit**



5.4 Hinterradaufhängung und Dämpfung

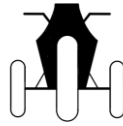
Um die Geländegängigkeit zu gewährleisten, wird die Hinterradaufhängung gedämpft. Diese wird über zwei Dämpfer, die zwischen dem Grundrahmen und einer Schwinge befestigt sind, realisiert. Durch die Umsetzung einer abschraubbaren Hinterradaufhängung bleibt das Trike trotzdem transportabel.

5.5 Lenkung

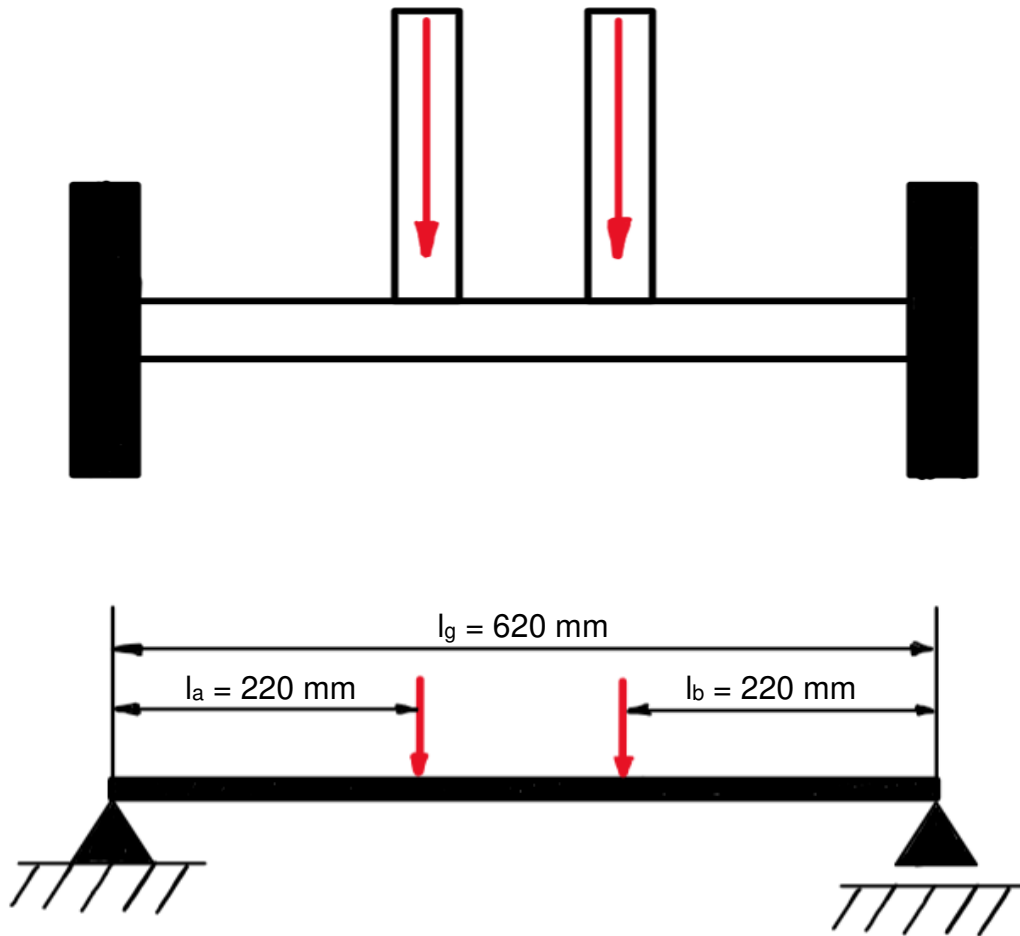
Die verwendete Lenkung ist ebenfalls aus dem Aufsitzrasenmäher ausgebaut. Sie besteht unter anderem aus einem gebogenen Lenker, an dem das Display und andere Bedienelemente befestigt werden. Dieser ist an einem Verbindungsstück befestigt, welches die Lenkbewegungen des Fahrers direkt an das Lenkgestänge und somit an die Vorderradaufhängung überträgt.

5.6 Achse

Die Nachhaltigkeit spielt im kompletten Projekt eine große Rolle, deshalb wird die Vorderachse eines Aufsitzrasenmäher verwendet. Die Achse ist fest mit dem Rahmen verschweißt und bietet somit die für das Gelände notwendige Stabilität. An beiden Enden der Achse befinden sich Halterungen, an denen die Vorderradaufhängungen angebracht werden.



5.7 Berechnung der Achse



Auftretende Kräfte

$F_A = 349,0 \text{ N}$ (siehe 5.2.1 Berechnung Rahmen)

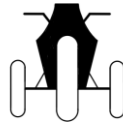
$F_{A1} = 349,0 \text{ N}$

$F_{A2} = 349,0 \text{ N}$

$l_a = l_b = 220 \text{ mm}$

Maximal auftretendes Biegemoment

$M_{\max} = F_A \cdot l_a = 349,0 \text{ N} \cdot 220 \text{ mm} = 76780 \text{ Nmm} = 76,78 \text{ Nm}$



Widerstandsmoment

$$W_x = \frac{H^4 - h^4}{6 * H} = \frac{(40 \text{ mm})^4 - (38 \text{ mm})^4}{6 * 40 \text{ mm}} = \mathbf{1978,6 \text{ mm}^3}$$

Vorhandene Biegespannung

$$\sigma_{b \text{ vorh}} = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{76780 \text{ Nmm}}{1978,6 \text{ mm}^3} = \mathbf{38,81 \frac{N}{\text{mm}^2}}$$

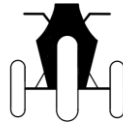
Zulässige Biegespannung

Bei S235JR zulässige Biegewechselspannung $\sigma_{bW \text{ zul}} = \mathbf{190 \frac{N}{\text{mm}^2}}$

Sicherheit

$$v = \frac{\sigma_{b \text{ zul}}}{\sigma_{b \text{ vorh}}} = \frac{190 \frac{N}{\text{mm}^2}}{38,81 \frac{N}{\text{mm}^2}} = \mathbf{4,90}$$

➔ Mit unserem ausgewählten Material haben wir eine **5 - fache Sicherheit**



5.8 Vorderradaufhängung

Die Vorderradaufhängungen (siehe Abbildung 8) sind an die Halterungen der Vorderachse und an die Steckachsen der neuen Vorderräder angepasst. Die Konstruktion der Bauteile orientiert sich stark an der Radaufhängung des Aufsitzrasenmähers. Damit sie den Belastungen besser standhalten kann, wird die Aufhängung aus einem Stück gefertigt. An der Vorderseite befinden sich Sacklochbohrungen mit Gewinden, um die Halterung für die Bremssättel zu montieren. An der Rückseite ist ein Lenkwinkel angeschweißt, der die Vorderradaufhängung mit dem Lenkgestänge verbindet. Als Material für die Lenkwinkel dient ein Vierkantrohr.

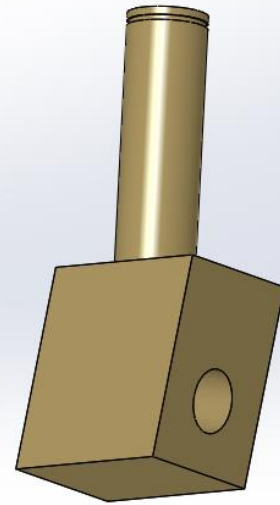


Abbildung 8: Vorderradaufhängung

5.9 Bremssystem

Eines der wichtigsten Teile, um die Sicherheit auf dem Trike zu garantieren, ist die Bremse. Da es zurzeit bei hydraulischen Fahrradbremsen zu Lieferschwierigkeiten kommt, wird eine Seilzugbremse am Hinterrad verwendet. Diese ist für solch eine Belastung nicht ausgelegt. Deswegen werden zwei hydraulische Bremsen an den Vorderrädern eingebaut. Das Bremssystem besteht aus zwei Bremsscheiben mit jeweils einem Durchmesser von 180 mm, den Shimano XT Bremsen und den konstruierten Bremshalterungen. Die Halterungen sind so entworfen, dass sie an den Vorderradaufhängungen (siehe Abbildung 9) befestigt werden können und die Bremssättel mit der richtigen Neigung zu den Bremsscheiben stehen.

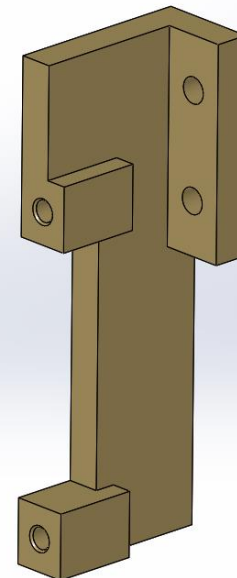
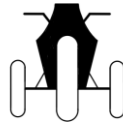


Abbildung 9: Halterung Bremssattel



6 Planung der Elektrik

6.1 Stromspeicher

Discharge curve : Lithium-Ion vs Lead Acid

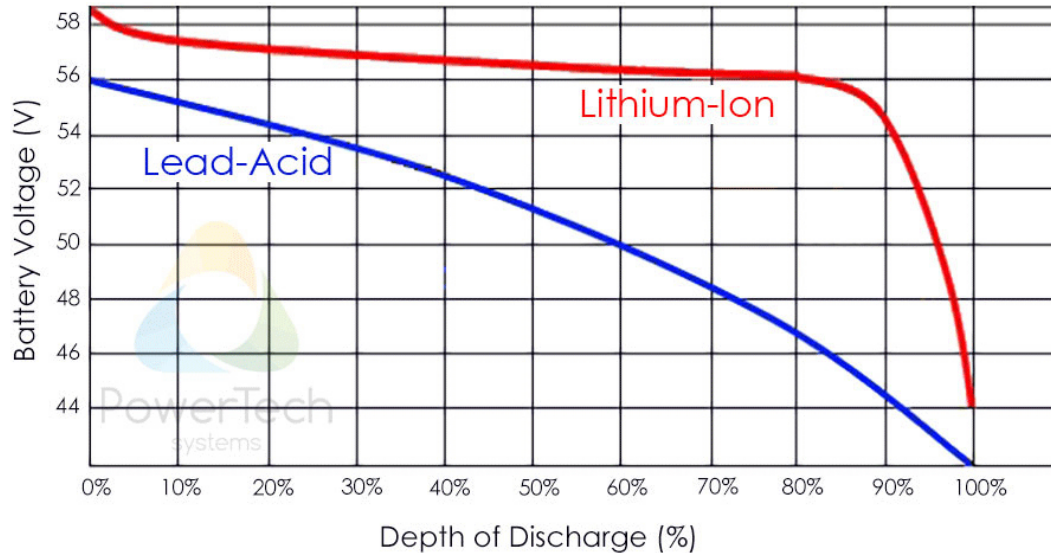
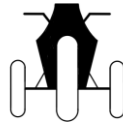


Abbildung 10: Batterie-Vergleich

Um längere Fahrten gewährleisten zu können, ohne dass der Akku davon Schaden nimmt, wird ein Lithium-Ionen-Akku verbaut. Im Bereich von 20 – 80 % Entladung bleibt die Spannung nahezu stabil (siehe Abbildung 10). Dies gewährleistet eine gleichbleibende Stromstärke und die Möglichkeit, das Trike über einen längeren Zeitraum zu fahren. Durch die kleinere Bauform des Akkus wird viel Platz und Material beim Bau eingespart. Das geringere Gewicht ist ebenfalls ein großer Vorteil, da die Batterie einfacher ausgebaut und aufgeladen werden kann.



6.2 Berechnung der Akkukapazität

Um den richtigen Lithium-Ionen-Akku zu wählen, wird die benötigte Akkukapazität berechnet.

Die Kapazität berechnet sich aus dem Verbrauch aller eingesetzten Bauteile.

Legende

I_L = Stromstärke Laststromkreis in A

I_S = Stromstärke Steuerstromkreis in A

I_G = Stromstärke gesamt in A

P = Leistung in W

U = Spannung in V

S = Sicherheit = 1,3

t = Einsatzdauer in h

W = Kapazität in Ah

η = Wirkungsgrad = 0,91

$$I_L = \frac{P_{Motor}}{U} = \frac{750 \text{ W}}{48 \text{ V}} = 15,63 \text{ A}$$

*bei begrenzter Motorleistung

$$I_L = \frac{P_{Motor}}{U} = \frac{3000 \text{ W}}{48 \text{ V}} = 62,5 \text{ A}$$

$$I_{S1} = \text{DCDC Wandler } 48 \text{ V} \rightarrow 12 \text{ V} = 2,5 \text{ A}$$

*Datenblatt

$$I_{S2} = \text{DCDC Wandler } 48 \text{ V} \rightarrow 5 \text{ V} = 1,5 \text{ A}$$

*Datenblatt

$$I_{S3} = \text{Arduino Uno} = 0,5 \text{ A}$$

*Datenblatt

$$I_{S4} = \text{Lüfter } 12 \text{ V} = 0,12 \text{ A}$$

*Datenblatt

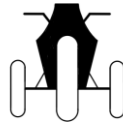
$$I_G = I_L + I_{S1} + I_{S2} + I_{S3} + I_{S4}$$

$$I_G = 62,5 \text{ A} + 2,5 \text{ A} + 1,5 \text{ A} + 0,5 \text{ A} + 0,12 \text{ A} = \mathbf{67,12 \text{ A}}$$

$$W = I_G * t * \eta * S$$

$$W = 67,12 \text{ A} * 1 \text{ h} * 0,8 * 1,3$$

$$W = \mathbf{69,80 \text{ Ah}}$$



Ein Lithium-Ionen-Akku mit einer geringeren Kapazität von 40 Ah und einer Nennspannung von 48 V (siehe Abbildung 11). Unter realen Bedingungen wird der maximale Entladestrom nicht dauerhaft benötigt. Beim Fahren im Gelände beträgt die geschätzte Fahrzeit somit ca. 1,5 bis 2 Stunden.

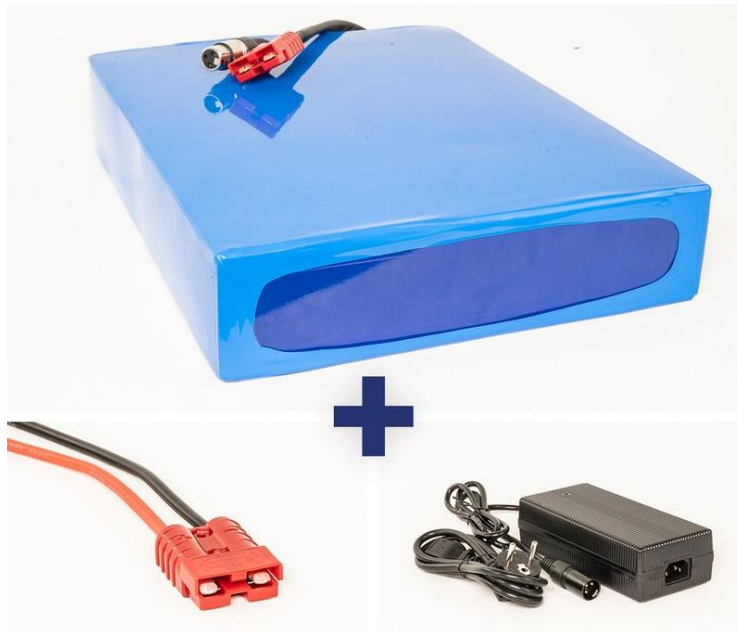
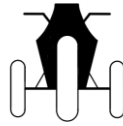


Abbildung 11: Lithium-Ionen-Akku

6.3 Motor

Aufgrund des begrenzten Bauraums fallen klassische Elektromotoren für diese Anwendung weg. Hinsichtlich der kompakten Bauweise und einer direkten Kraftübertragung soll ein Radnabenmotor verbaut werden. Dieser befindet sich in einem 26-Zoll-Fatbike-Hinterrad und verbraucht somit keinen unnötigen Platz.

Um das Trike im Gelände zu beschleunigen, wird ein 48 V Radnabenmotor mit einer Nennleistung von 3000 W verbaut. Unter idealen Umständen wird dieses auf eine maximale Geschwindigkeit von ca. 60 km/h beschleunigt. Die Geschwindigkeit lässt sich beliebig über das Display einstellen.



6.4 Motorcontroller

Es wird ein Gesamtpaket mit Nabenmotor und Motorcontroller verbaut, da in diesem alle Komponenten wie ein Gasgriff, ein 48 V Ausgang, ein Display und die Schubunterbrechung bereits vorhanden sind. Für diese Komponenten werden folgende Anschlüsse am Motorcontroller benötigt:

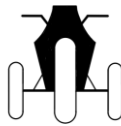
- 48-Volt-Betriebsspannung
- Gasgriff
- Motorlaufrichtung
- Schubunterbrechung
- 48-Volt-Ausgang
- Displayausgang

6.5 Daumengas

Zur Regelung der Geschwindigkeit wird ein Daumengas (siehe Abbildung 12) verwendet. Bei Quads werden diese ebenfalls verbaut, um im Gelände sicherer fahren zu können. Das Daumengas steht in direkter Verbindung mit dem Motorcontroller. Entsprechend der Betätigung beschleunigt der Motor stärker oder schwächer. Um eine gewisse Sicherheit zu gewährleisten, spricht das Daumengas mechanisch verzögert an.



Abbildung 12: Daumengas



6.6 DCDC-Wandler 48 V auf 12 V

Für die Beleuchtung und den Lüfter wird eine Spannung von 12 V benötigt. Die Versorgungsspannung von 48 V muss somit auf 12 V verringert werden. Dafür wird ein DCDC-Wandler eingesetzt (siehe Abbildung 13). Der Strom wird bei einer Eingangsspannung von 9,5 V – 75 V auf 12 V mit einem maximalen Strom von 2,5 A und einem Wirkungsgrad von 85 % transformiert.



Abbildung 13: DC/DC-Wandler 48 – 12 V

6.7 DCDC-Wandler 12 V auf 6 V

Für den Arduino-Uno-Microcontroller und das 2x16-Zeichen-Arduino-LCD-Display wird eine Spannung von 5 V benötigt. Um die Versorgungsspannung von 48 V, auf 5 V zu reduzieren, wird ein DCDC-Wandler verbaut (siehe Abbildung 14).



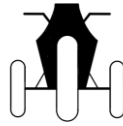
Abbildung 14: DC/DC-Wandler 12 – 5 V

6.8 Schlüsselschalter

Um das Fahrzeug vor unbefugtem Zugriff zu schützen, wird ein Schlüsselschalter verwendet (siehe Abbildung 15). Dieser ist in den Kreislauf der Schubunterbrechung eingebunden. Damit wird ermöglicht, dass alle sicherheitstechnischen Einrichtungen wie das Vorder- und Rücklicht sowie die Kühlung des Motorcontrollers in Betrieb bleiben, während das Trike abgestellt ist.



Abbildung 15: Schlüsselschalter



6.9 Not-Aus-Schalter

Zum Schutz des Fahrers soll ein Not-Aus-Schalter (siehe Abbildung 16) verbaut werden. Dieser dient dazu den Laststromkreis zu unterbrechen, sodass der Nabenmotor nicht mehr angetrieben werden kann. Der Not-Aus-Schalter wird in den Kreislauf der Schubunterbrechung eingebunden.



Abbildung 16: Not-Aus-Schalter

6.10 Lüfter

Um den Motorcontroller zu kühlen, wird ein Lüfter (siehe Abbildung 17) benötigt. Dieser soll durch ein Gitter geschützt werden. Eine zusätzliche Filtermatte wird benötigt, um den Schaltkasten vor Staub und Dreck zu schützen.



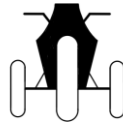
Abbildung 17: Lüfter

6.11 Sicherungen

Zum Schutz der verwendeten Komponenten im Steuerstromkreis werden Sicherungen benötigt. Beide DCDC-Wandler, die Lampen und der Lüfter werden mit entsprechenden Feinsicherungen (siehe Abbildung 18) gegen Kurzschluss und Überlast abgesichert.



Abbildung 18: Feinsicherung



6.12 Berechnung der Feinsicherungen

Um die richtigen Feinsicherungen zu wählen, werden folgende Rechnungen benötigt:

Sicherung F1 für Batterie (Verbraucher: DCDC-Wandler 48 V – 5 V und Arduino)

DCDC-Wandler: 5 V eingestellt / 3 A max. Strom am Ausgang

$$\frac{55 \text{ V}}{5 \text{ V}} = 11$$

$$I_{\text{DCDC5}} = \frac{1,5 \text{ A}}{11} = \mathbf{0,14 \text{ A}}$$

→ DCDC-Wandler hat bei 55 V = **0,14 A**

Arduino max. Strom = 0,5 A

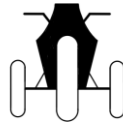
$$I_{\text{ges}} = I_{\text{DCDC5}} + I_{\text{Arduino}} = 0,14 \text{ A} + 0,5 \text{ A} = 0,64 \text{ A}$$

→ Sicherung **2 A** ausgewählt

Sicherheitsfaktor:

$$\frac{2 \text{ A}}{0,64 \text{ A}} = \mathbf{3,13}$$

→ **3,13 – fache Sicherheit**



Sicherung F2 für Motorcontroller (Verbraucher: DCDC-Wandler 48 V – 12 V und Licht P3)

DCDC-Wandler: 12 V / 2,5 A max. Strom am Ausgang

$$\frac{55 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 4,6$$

$$I_{\text{DCDC12}} = \frac{2,5 \text{ A}}{4,6} = \mathbf{0,543 \text{ A}}$$

→ DCDC-Wandler hat bei 55 V = **0,543 A**

Licht P3:

$$I_{\text{P3}} = \frac{P}{U} = \frac{16 \text{ W}}{55 \text{ V}} = \mathbf{0,291 \text{ A}}$$

→ Vorderlicht P3 hat bei 55 V = **0,291 A**

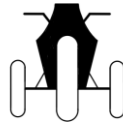
$$I_{\text{ges}} = I_{\text{DCDC12}} + I_{\text{P3}} = 0,543 \text{ A} + 0,291 \text{ A} = 0,834 \text{ A}$$

→ Sicherung **2 A** ausgewählt

Sicherheitsfaktor:

$$\frac{2 \text{ A}}{0,834 \text{ A}} = \mathbf{2,4}$$

→ **2,4 – fache Sicherheit**



Sicherung F2 für DC/DC-Wandler 48 V – 12 V (Verbraucher: Lichter P1 + P2 und Lüfter)

DCDC-Wandler: 12 V / 2,5 A max. Strom am Ausgang

Licht P1 + P2:

$$I_{Px} = \frac{P}{U} = \frac{5 \text{ W}}{55 \text{ V}} = 0,091 \text{ A}$$

$$I_{P1,2} = I_{Px} * 2 = 0,091 \text{ A} * 2 = \mathbf{0,182 \text{ A}}$$

→ Vorderlicht P1 + P2 haben bei 55 V = **0,182 A**

Lüfter max. Strom = 0,12 A

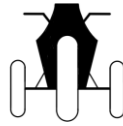
$$I_{\text{ges}} = I_{\text{DC/DC12}} + I_{P3} = 0,182 \text{ A} + 0,12 \text{ A} = 0,302 \text{ A}$$

→ Sicherung **1,6 A** ausgewählt

Sicherheitsfaktor:

$$\frac{1,6 \text{ A}}{0,302 \text{ A}} = \mathbf{5,3}$$

→ **5,3 – fache Sicherheit**



7 Planung der Software

7.1 Arduino Uno

Es wird ein Arduino Uno Microcontroller verwendet.

Der Arduino Uno (siehe Abbildung 19) ist ein Open-Source-Microcontroller-Board, das auf dem von Arduino.cc entwickelten Microchip ATmega328P-Microcontroller basiert. Dieser verfügt über ausreichend digitale und analoge Ein- und Ausgänge. Zudem besteht die Möglichkeit, ein LCD-Display anzuschließen.

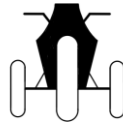


Abbildung 19: Arduino

Passende Bibliotheken für die Einbindung in ein C-Programm werden aus dem Internet bezogen. Die Kommunikation mit dem Display, dem Temperatursensor und dem Taster zum Starten des Timers, findet über die digitalen und analogen Ein- und Ausgänge statt.

7.2 Steuerung Arduino Uno

Der Arduino Uno wird auf der Arduino Programmieroberfläche Sketch programmiert. Sketch wird kostenlos von der Firma Arduino für Entwickler*innen bereitgestellt. Die Programmierung erfolgt in der Programmiersprache C. Diese Programmieroberfläche ist erweiterbar, was unter anderem den Vorteil der möglichen Einbindung fertiger Bibliotheken bietet.



7.3 Temperatursensor

Um die Außentemperatur zu messen, wird ein Temperatursensor benötigt (siehe Abbildung 20). Dieser führt mit Thermoelementen eine vergleichende Messung durch und erhält als Ausgangssignal eine geringe, stöempfindliche Thermospannung. Platin- und Thermistor-Messelemente liefern über die Messung eines Spannungsabfalls einen Widerstandswert, der für die Berechnung der absoluten Temperatur herangezogen wird.

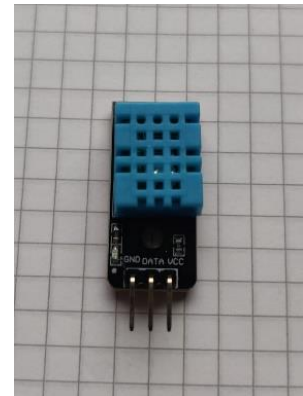


Abbildung 20: Temperatursensor

7.4 Timer

Die Zeitmessung spielt bei Wettkämpfen eine große Rolle. Aus diesem Grund wird ein Timer programmiert, der dazu dient die eigenen Fahrzeiten zu messen. Die Stoppuhr wird mit einem Taster gestartet.

7.5 Display

Um eine grafische Visualisierung der Temperatur und der Stoppuhr zu ermöglichen, wird sich für einen 2x16-Zeichen-Arduino-LCD-Display entschieden (siehe Abbildung 21).

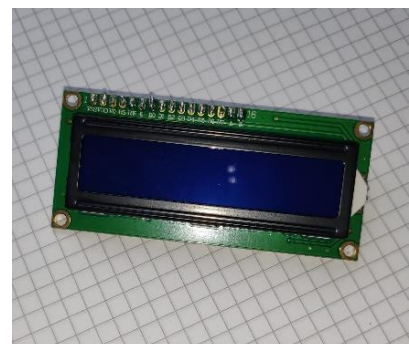
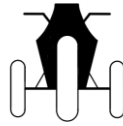


Abbildung 21: Display unverbaut



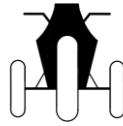
7.6 Displaygehäuse

Das Display und der Arduino sind in einem Kunststoffgehäuse untergebracht. Ebenfalls werden Notaus- und Schlüsselschalter im gleichen Gehäuse verbaut. Das Gehäuse wurde unterhalb des Lenkers angebracht, da man dieses während der Fahrt nicht zwingend ablesen muss.

7.7 Planung der Software

Zur Planung der Software gehört die Analyse der verwendeten Bauteile mit entsprechenden Programmanforderungen.

Um die Funktion aller Bauteile testen zu können, werden zuerst einfachere Programme auf den Arduino gespielt. Im Laufe der Softwareplanungsphase stellt sich heraus, welcher Arduino speziell benötigt wird. Die Wahl fällt auf den oben gezeigten Arduino Uno R3 mit ATmega328P Microchip.



8 Durchführung Mechanik

8.1 Rahmen

Die entwickelten Prototypen werden durch die bei den Testfahrten erworbenen Kenntnisse fortgehend verbessert und angepasst. Dadurch kann im Bereich der Mechanik das V-Modell angewendet werden.

Die Prototypen werden aus Vierkantrohren (S235 JR) mit den Außenmaßen 40 x 40 x 2 mm gefertigt.

Dieses Material stammt vom dem ehemaligen Technikerprojekt SimRacer (siehe Abbildung 22).



Abbildung 22: Rahmen SimRacer

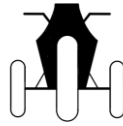
Um herauszufinden, wie sich das Trike bei der Fahrt verhält, wird ein Prototyp gefertigt. Dafür wird die Vorderachse mit dem Lenkgestell an das Grundgerüst geschweißt (siehe Abbildung 23) und an der Hinterseite des Gestells ein 26-Zoll-Fahrradreifen montiert.

Da der Rahmen sehr lang ist und die Vorderachse mit einer Neigung eingebaut wird, ergibt sich daraus, dass der Schwerpunkt des Fahrers weit von der Vorderachse entfernt ist und das Trike in den Kurven leicht umkippt.

Aus diesem Grund wird der Rahmen um ca. einen Meter gekürzt und die Vorderachse geradegestellt. Der Prototyp V2 verhält sich dadurch in den Kurven um einiges stabiler.



Abbildung 23: Grundgerüst V1



Hinsichtlich des stabileren Kurvenverhaltens werden die folgenden Prototypen mit einer ähnlichen Länge gefertigt. Der Rahmen des Prototypen V2 ist zu breit, deshalb wird dieser auf die finale Breite von 27 cm abgeändert. Durch Anbringen der Hinterradaufhängung an den neuen Grundrahmen entsteht der Prototyp V3 (siehe Abbildung 24).

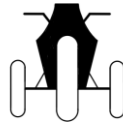
Die Stabilität des Rahmens ist jedoch nicht ausreichend, da er in den Kurven hohen Torsionskräften ausgesetzt ist. Um die seitlichen Kräfte besser aufnehmen zu können, wird eine zweite Ebene auf das Grundgestell des Rahmens geschweißt. Durch die neue Hinterradaufhängung ist der Rahmen jedoch zu lang, deshalb muss dieser erneut um 20 cm gekürzt werden.



Abbildung 24: Rahmen V3

Es werden passende Fußablagen aus den 40 x 25 x 2 mm Vierkantrohren und den Fußrasten des Aufsitzrasenmähers gefertigt. Diese sind an den Sitz angepasst, sodass eine Person mit einer Körpergröße von 170 – 190 cm auf dem Trike sitzen kann.

Der Rahmen des Prototypen V5 erfüllt bei der Testfahrt alle Erwartungen und hält den Belastungen im Gelände stand. Dieser stellt nun den finalen Rahmen dar.

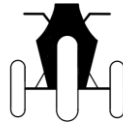


8.2 Hinterradaufhängung und Dämpfung

Da eine starre Hinterachse wie bei V2 für ein Geländefahrzeug nicht in Frage kommt, wird die Hinterradaufhängung vom restlichen Rahmen getrennt und ein Federgelenk, welches aus dem ehemaligen Technikerprojekt Kettcar stammt, angebracht. Für die neue Hinterradaufhängung werden Vierkantrohre mit den Maßen 40 x 25 x 2 mm verwendet. Diese wird auf den Nabenmotor angepasst. An die Hinterradaufhängung werden zwei Dämpferhalterungen geschweißt, an denen die Unterseite der Dämpfer angebracht ist (siehe Abbildung 25). Die obere Seite wird an Halterungen befestigt, die aus zwei Vierkantrohren bestehen, an denen jeweils eine Metallöse angebracht ist. Diese Halterungen sind im 90° Winkel auf die Hinterseite des Grundrahmens geschweißt. Die zwei Dämpfer stammen aus gebrauchten Mountainbikes und werden für den Prototyp V3 wiederverwendet.



Abbildung 25: Hinterrad Dämpfung

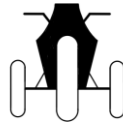


8.3 Vorderachse

Da die Achse nicht alle Anforderungen erfüllt, müssen einige Veränderungen vorgenommen werden. Durch die Erhöhung des Rahmens bei Prototyp V4 ist der Radabstand zu schmal, um im Gelände die nötige Stabilität zu garantieren. Deshalb wird bei der Fertigung von Prototyp V5 die Vorderradachse verbreitert. Zunächst wird ein Vierkantrohr mit den Außenmaßen 40 x 40 x 2 mm auf 35 cm Länge gekürzt und die Vorderachse in der Mitte durchgetrennt. Die beiden Teile der Achse werden pro Seite 10 cm auf das Rohr geschoben und fest geschweißt. Die Vorderachse ist so um 15 cm breiter und gibt dem Trike in den Kurven die nötige Stabilität (siehe Abbildung 26).



Abbildung 26: Vorderachse

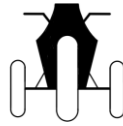


8.4 Lenkung

Da das Lenkgestänge und die Achse aus dem Rasenmäher stammen, müssen nur wenige Anpassungen vorgenommen werden. Die Lenkung hat sehr viel Spiel, was ein unsicheres Fahrgefühl zur Folge hat. Deswegen wird das Verbindungsstück zwischen Lenkerhalterung und Lenkgestänge ausgebaut und durch ein Rohr getauscht. Dieses ist an die Lenkerhalterung geschweißt. Dadurch ist das Problem eliminiert und das Fahrgefühl verbessert. Die Kugelköpfe der alten Lenkung sind abgenutzt und werden durch neue getauscht. Auch die Gewindestangen sind durch die Verbreiterung der Achse zu kurz und müssen getauscht werden. Diese Bauteile werden von der Firma Norelem gesponsert (siehe Abbildung 27).



Abbildung 27: Lenkung



8.5 Vorderradaufhängung

Die Vorderradaufhängungen (siehe Abbildung 28) sind aus zwei Rohteilen (S235 JR) mit den Maßen 120 x 50 x 50 mm gefertigt. Die fertigen Bauteile werden in die Aufnahmen an der Vorderachse gesteckt und mit einem Sicherungsring befestigt. Im unteren Teil der Aufhängung befindet sich eine Bohrung mit einem Durchmesser von 16 mm, durch welche die Steckachse des Vorderrads gesteckt wird. Auf der Vorderseite werden zwei M5 Gewinde geschnitten, an denen die Bremshalterung befestigt wird. Auf der Rückseite des Bauteils sind die Lenkwinkel angebracht. Bei der ersten Testfahrt mit den neuen Aufhängungen bestehen diese aus dünnen Stahlwinkeln, die mit zwei M4 Schrauben befestigt sind. Diese halten der Testfahrt jedoch nicht stand. Deswegen werden neue Lenkwinkel aus Vierkantrohren gefertigt und an die Vorderradaufhängung geschweißt. Diese halten den Belastungen der Testfahrt stand.

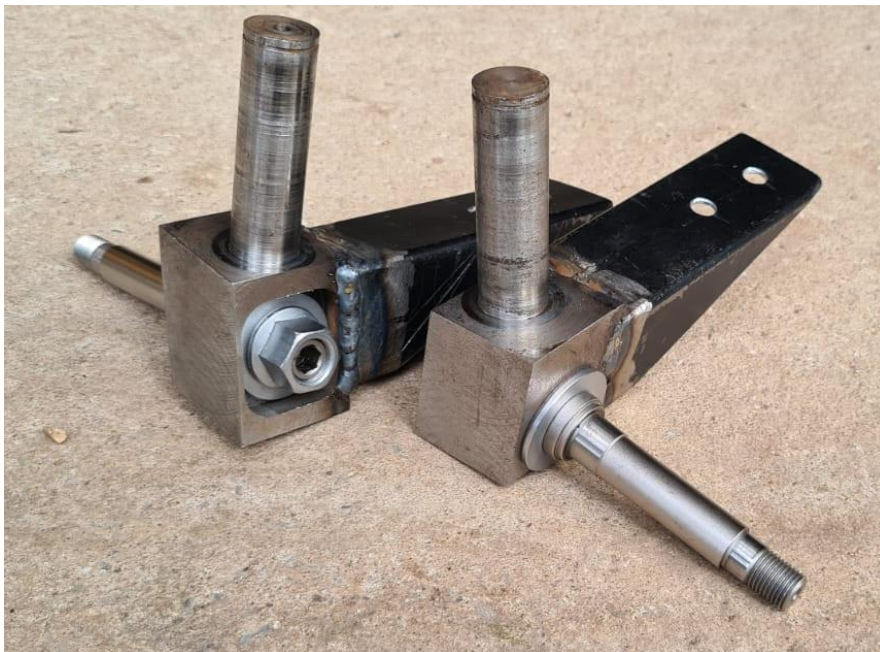
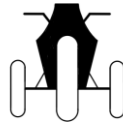


Abbildung 28: Vorderradaufhängung

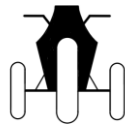


8.6 Bremssystem

Für die Herstellung der Bremshalterungen wird ein S235 JR Flachstahl mit den Maßen 130 x 50 x 50 mm verwendet. Das Rohteil wird der Länge nach durchgesägt und auf die Grundmaße gefräst. Anschließend werden die Konturen, die Bohrungen und die Gewinde (2 x M6) gefertigt. Danach werden die Halterungen an den Vorderradaufhängungen befestigt und die Shimano XT Bremsen angebracht. Da bei einem Mountainbike die Bremssättel links vom Rad sind, muss die Halterung der rechten Bremse nach unten und die Halterung der linken Bremse nach oben zeigen (siehe Abbildung 29). Die Bremshalterung ist so konstruiert, dass sie für beide Seiten verwendet werden kann.



Abbildung 29: Bremssystem



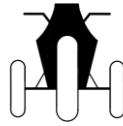
8.7 Finales Trike



Abbildung 30: Finales Trike

Gesamtlänge	210 cm
Länge – Vorderachse bis Hinterachse	132 cm
Spurbreite	78 cm
Höhe	87 cm
Gewicht	67 kg
Batterie Kapazität	40 Ah
Motorleistung	3000 W

Tabelle 1: Technische Daten



9 Durchführung Elektrik

9.1 Schaltkasten

Alle elektrischen Komponenten befinden sich in zwei Schaltboxen (siehe Abbildung 31 u. 33), die am Rahmen des Trikes montiert werden. Jede Box hat die Außenmaße 390 x 140 x 230 mm und besteht aus Kunststoff.

In der rechten Box (siehe Abbildung 33) befindet sich der Motorcontroller mit entsprechender Kühlung und die Klemmleiste XT1, um den Nabenmotor und Akku anzuschließen. Außerdem befindet sich darin eine weitere Klemmleiste XT2 um den Lichtausgang, sowie die Schubunterbrechung zu verteilen.

Die linke Box (siehe Abbildung 31) beinhaltet zwei DCDC-Wandler von 48 V auf 2 V und 5 V. Der Wandler auf 12 V ist mit der Klemmleiste XT4 verbunden und wird von dort aus auf die Rücklichter und den Lüfter verteilt. Der Arduino steht in direkter Verbindung mit dem DCDC-Wandler auf 5 V.



Abbildung 31: Schaltkasten links außen

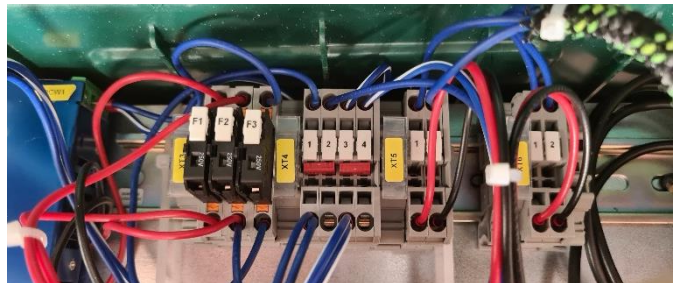


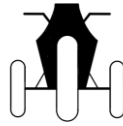
Abbildung 32: Schaltkasten links innen



Abbildung 34: Schaltkasten rechts innen



Abbildung 33: Schaltkasten rechts außen



9.2 Stromspeicher

Der Lithium-Ionen-Akku (siehe Abbildung 35) ist durch einen Blechkasten geschützt und wird mit 3 Spanngurten am Rahmen fixiert.

Der Akku wird per Steckverbindung auf die Klemmen XT1 / 1, 2 angeschlossen. Die Klemmen sind direkt mit dem Motorcontroller verbunden.



Abbildung 35: Lithium-Ionen-Akku verbaut

Durch den nicht fest verbauten Zustand kann der Akku vom Trike entfernt werden und ist somit leicht zu laden. Diese ist über die 70 A Schmelzsicherung abgesichert.

9.3 Motor

Der bereits in der Felge eingespeichte Nabenmotor (siehe Abbildung 36) wird von der Firma TheEbikeMotor hergestellt. Die Zuleitungen und das Steuerkabel werden zusammen am Rahmen entlanggeführt und an den Klemmen XT1 / 3, 4, 5 in der rechten Schaltbox angeschlossen. Das Kabel zur Steuerung des Motors wird direkt mit dem Motorcontroller verbunden.



Abbildung 36: Radnabenmotor

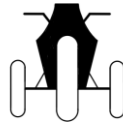
9.4 Motorcontroller

Der Motorcontroller (siehe Abbildung 37) ist auf einem Blech im Schaltkasten montiert.

Die benötigten Anschlüsse, wie der 48 V Ausgang oder die Schubunterbrechung werden über den Motorcontroller gesteuert.



Abbildung 37: Motorcontroller



9.5 Daumengas

Das Daumengas (siehe Abbildung 38) ist durch eine Madenschraube am Lenker fest positioniert. Die Steuerleitungen werden am Rahmen mit Kabelführungen angebracht und auf den Motorcontroller in der linken Schaltbox angeschlossen.



Abbildung 38: Daumengas verbaut

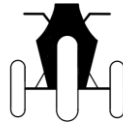
9.6 DCDC-Wandler 48 – 12 V

Die 48 V Versorgungsspannung wird von der Sicherung F2 und der Klemme XT2 / 2 abgegriffen. Diese wird auf $V_i +$ und $V_i -$ des Spannungswandlers angeschlossen. Anschließend wird die umgewandelte Spannung von 12 V auf die Klemmen XT4 / 1, 2, 3, 4 verteilt. Von dort aus werden die beiden Rücklichter mit Spannung versorgt. Das Vorderlicht wird direkt nach der Sicherung parallel zum DCDC-Wandler angeschlossen.

Der DCDC-Wandler (siehe Abbildung 39) wird von der Firma TDK-Lambda zur Verfügung gestellt.



Abbildung 39: DC/DC-Wandler
48 – 12 V



9.7 DCDC-Wandler 48 – 5 V

Die 48 V Versorgung wird direkt von der Klemmleiste XT1, nach dem Akku, entnommen. Die Spannung wird auf die Kontakte IN+ und IN- des Spannungswandlers angeschlossen. Dieser wird durch ein Potentiometer auf 5 V eingestellt. Die transformierte Spannung liegt direkt an dem Eingang des Arduinos an.



Abbildung 40: DC/DC-Wandler 48 – 5 V

Der eingesetzte DCDC-Wandler (siehe Abbildung 40) reduziert die Spannung auf 5 V bei einem maximalen Ausgangsstrom von 3 A.

9.8 Sicherungen

Die Feinsicherungen (siehe Abbildung 41) des Trikes werden auf der unteren Hutschiene im linken Schaltkasten montiert.

Die Sicherung F1 schützt die Batterie und ist vor dem DCDC-Wandler 48 – 5 V geschaltet. Die Sicherung F2 schützt den Motorcontroller und ist vor dem DCDC-Wandler 48 – 12 V geschaltet. Die Sicherung F3 schützt den DCDC-Wandler 48 – 12 V und ist vor die Rücklichter und den Lüfter geschaltet.

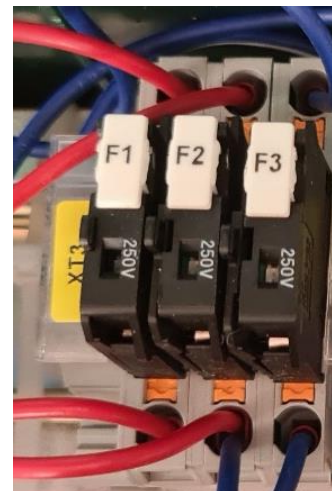
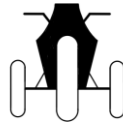


Abbildung 41: Sicherungen verbaut

Die Schmelzsicherung schützt den Akku vor Überlast und Kurzschluss. Diese befindet sich an der Plusleitung zwischen Batterie und der Klemme XT1 / 1. Der Laststromkreis wird durch eine Schmelzsicherung mit einem Nennstrom von 70 A abgesichert, welche bei dem Lithium-Ionen-Akku passend mitgeliefert wird.



9.9 Schlüsselschalter

Der Schlüsselschalter befindet sich in der grünen Box unterhalb des Not-Aus-Schalters. Dieser ist mit der Schubunterbrechung verbunden. Dadurch kann realisiert werden, dass alle sicherheitstechnischen Einrichtungen, wie das Licht und die Kühlung des Motorcontrollers, in Funktion bleiben und somit ein unbefugter Zugriff unterbunden wird.

Der Schlüsselschalter wird auf die Klemmen XT5 / 1, 2 gelegt und geht von dort aus direkt auf den Motorcontroller.

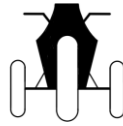
9.10 Not-Aus-Schalter

Der Not-Aus-Schalter befindet sich in der grünen Box unterhalb des Displays (siehe Abbildung 42). Dieser ist direkt mit der Schubunterbrechung verbunden. Dadurch kann realisiert werden, dass alle sicherheitstechnischen Einrichtungen wie das Licht und die Kühlung des Motorcontrollers in Funktion bleiben. Das Daumengas hat keine Funktion mehr.

Der Not-Aus-Schalter wird auf die Klemmen XT6 / 1, 2 gelegt. Das Signal wird an den Motorcontroller übertragen.



Abbildung 42: Gehäuse



10 Durchführung Software

10.1 Temperatursensor

Der Temperatursensor (siehe Abbildung 43) wird im Gehäuse mit Heißkleber auf einem Breadboard angebracht und angeschlossen. Der Sensor misst pro Zyklus, welcher eine Sekunde dauert, die Außentemperatur. Folgende Ein--und Ausgänge werden belegt:



Abbildung 43: Temperatursensor

Modul	Arduino Uno
VCC (5 V)	5 V
DATA	3 V
GND (Ground)	GND

Tabelle 2: Belegung Temperatursensor

10.2 Displaygehäuse

Die benötigten Kabeldurchführungen sowie Ausbrüche werden gebohrt und ausgesägt. Anschließend kann das Display und der Taster (siehe Abbildung 44) mit dem Arduino verbunden werden. Das Display wird an der Innenseite des Deckels angebracht und das Breadboard an den Boden des Gehäuses geklebt.

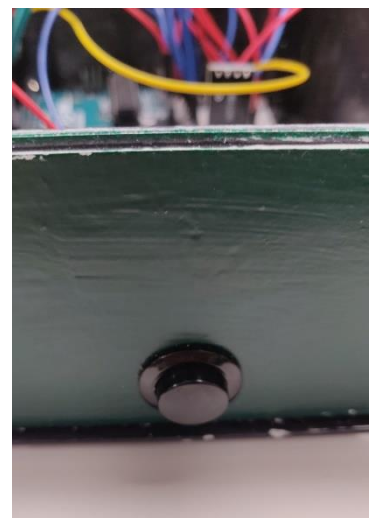
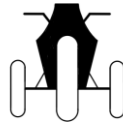


Abbildung 44: Taster

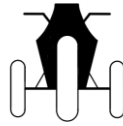


10.3 Display

Das Display für die Temperaturanzeige und die Stoppuhr ist direkt mit dem Arduino verbunden. Folgende Ein- und Ausgänge werden belegt:

2x16 LCD-Display	Arduino Uno R3
VSS	GND
VDD	5 V
V0	GND
RS	PIN 7
R/W	GND
E	PIN 8
DB4	PIN 9
DB5	PIN 10
DB6	PIN 11
DB7	PIN 12
LED+	5 V
LED-	GND

Tabelle 3: Belegung Arduino



10.4 Software

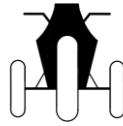
Das Programm ist in drei Teile aufgeteilt. Der erste Teil befasst sich mit der Anzeige eines Slogans. Der Slogan lautet „E-XTREM3 MB PH TH SG“ die Abkürzungen stehen für die Namen der Teammitglieder. Diese Anzeige verschwindet nach 3 Sekunden und es erscheint auf der oberen Reihe „Temp | Timer“ (siehe Abbildung 45).

Der zweite Teil des Programms zeigt die Temperatur in vollen Gradzahlen an. Es wird hierbei aufgerundet.

Der dritte Teil des Programms beinhaltet die Stoppuhr. Diese startet bei 0 Sekunden. Es werden Sekunden und Minuten angezeigt. Eine Anzeige für Stunden ist nicht vorgesehen. Um die Zeit zu starten, wird ein Taster auf der Unterseite des Gehäuses betätigt. Nach erneutem Drücken stoppt die Zeit und wird für 3 Sekunden angezeigt.



Abbildung 45: Display angeschlossen



11 Inbetriebnahme

11.1 Mechanik

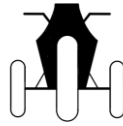
Die Inbetriebnahme der Mechanik beginnt mit dem Aufbocken des Grundrahmens. Anschließend werden die Hinterradaufnahme und die Dämpfer angeschraubt. Danach kann das Hinterrad montiert werden. Die Vorderradaufnahmen werden als Nächstes angebracht und durch Gewindestangen mit der Lenkung verschraubt. Der nächste Schritt ist die Montage der beiden Bremshalterungen und Bremsen. Anschließend werden die beiden Vorderräder angebracht. Danach muss der Lenker auf die Achse gesteckt und verschraubt werden. Bei dem nächsten Schritt wird in der Mitte des Trikes der Sitz mit dem dazugehörigen Gurt angebracht. Als Letztes werden die Elektroboxen mit Hilfe von Winkeln und Blechen montiert.

11.2 Elektrik

Vor Beginn der Inbetriebnahme werden alle Bauteile unter Beachtung der fünf Sicherheitsregeln der Elektronik auf Funktion überprüft. Durch einen Versuchsaufbau werden die Funktionen des Radnabenmotors, Daumengas und Motorcontrollers überprüft. Dies erweist sich als sehr hilfreich bei der Installation und Inbetriebnahme, da die Funktionen und Arbeitsweisen der einzelnen Bauteile bereits bekannt sind. Dadurch werden alle Einstellungsmöglichkeiten, die am Bildschirm veränderbar sind, dokumentiert.

11.3 Software

Zuerst werden alle elektrischen Komponenten auf ihre Funktion getestet. Anschließend wird ein Probelauf für das Programm gestartet. Der letzte Schritt der Inbetriebnahme ist es, das Design am Bildschirm zu konfigurieren.



12 Bedienungsanleitung

Lesen Sie diese Bedienungsanleitung sorgfältig durch, da diese wichtige Informationen zu Sicherheit und Wartung enthält.

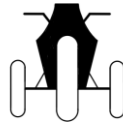
Das Fahren mit einem E-Trike birgt ein gewisses Risiko von schweren Verletzungen oder Tod. Ihre Sicherheit hängt von vielen Faktoren ab, einschließlich Ihrer Fahrkenntnisse, der Wartung Ihres Trikes und den vorhersehbaren Fahrbedingungen. Es gibt auch Faktoren, die nicht kontrollier- oder vorhersehbar sind. Dieses Handbuch macht keine Zusicherungen über den sicheren Gebrauch des Trikes unter allen Bedingungen. Wenn Sie Fragen haben, sollten Sie umgehend das E-XTREM3 Team kontaktieren.

Das E-XTREM3 Trike kann als Geländefahrzeug verwendet werden. Machen Sie sich mit allen Gesetzen und Vorschriften vertraut, die den Betrieb dieses Fahrzeugs in Ihrer Region betreffen.

Checkliste vor dem Losfahren

Befolgen Sie vor jeder Fahrt die Sicherheitscheckliste. Wenn Sie einen Fehler an Ihrem Trike feststellen, fahren Sie nicht damit, bis Sie sicher sind, dass dieser behoben ist.

- Ist die Batterie voll aufgeladen?
- Sind alle Leitungen unbeschädigt und alle Stecker eingesteckt?
- Ist der Reifendruck in Ordnung?
 - Vorderräder: 2 – 2,5 Bar
 - Hinterrad: 1,5 – 2 Bar
- Ist der Druck in den Dämpfern richtig eingestellt?
 - Auf Gewicht der fahrenden Person anpassen
- Funktionieren die Bremsen richtig? Testen Sie die Funktion auf einer geraden Fläche. Beachten Sie jedoch, dass die Bremsen bei den ersten Fahrten schleifen können. Das ist in Ordnung und normal.
- Sind alle erreichbaren Schrauben festgezogen?
- Drehen Sie den Lenker vollständig nach links und rechts und stellen Sie sicher, dass dabei keine Kabel oder Drähte gespannt werden.

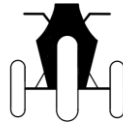


Sicherheitsvorschriften

- Der Sicherheitsgurt muss so angezogen sein, dass er der fahrenden Person Stabilität gibt. Er sollte jedoch auf keinen Fall zu fest angezogen werden.
- Um mit der Benutzung des Trikes vertraut zu werden, sollte zunächst in leichten, flachen Geländen geübt werden (z. B. Wiesen).
- Setzen Sie kein Teil des elektrischen Systems Feuchtigkeit aus. Sobald ein Bauteil nass wird, muss es sofort getrocknet werden und die Gehäuse der Elektroboxen sollten geöffnet werden.
- Wie ein normales Fahrrad braucht das Trike regelmäßige Aufmerksamkeit. Es wird dringend empfohlen, vor jeder Fahrt eine allgemeine Inspektion durchzuführen, um sicherzustellen, dass das Trike die beste Leistung bringen kann.

Feinabstimmung der Bremshebelposition

Der Winkel der Bremshebel kann so eingestellt werden, dass die Hände in einer möglichst bequemen Position liegen. Lösen Sie dazu die Schraube der Bremshebelklemmung, stellen Sie den Winkel ein und ziehen Sie die Schraube anschließend wieder fest. Unabhängig davon, wie Sie Lenker- und Bremshebel einstellen, versichern Sie sich, dass Sie Ihren Lenker bis zum Anschlag nach links und rechts drehen können, ohne dass der Lenker oder die Bremshebel Ihren Körper oder den Rahmen berührt. Vergewissern Sie sich, dass alle Kabel genügend Spiel haben, um den Lenker vollständig in jede Richtung drehen zu können, ohne dass die Kabel gespannt werden.



Batterie

Der Akku sollte nach jedem Gebrauch wieder vollständig aufgeladen werden. Auf diese Weise erhalten Sie die maximale Reichweite und verringern das Risiko einer Entladung der Batterie, was ihre Lebensdauer verkürzen kann. Bei diesem Batterietyp gibt es keinen Memory-Effekt, so dass das Aufladen nach kurzen Fahrten keinen Schaden verursacht.

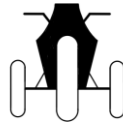
Das Aufladen der Batterie nach einer Fahrt dauert im Allgemeinen 3 bis 8 Stunden. In seltenen Fällen kann der Ladevorgang länger dauern, damit das Batteriemanagementsystem die Zellen der Batterie ausbalancieren kann. Bauen Sie die Batterie zum Laden immer aus.

Lagern und benutzen Sie das Ladegerät an einem sicheren Ort. Halten Sie es fern von Kindern, direktem Sonnenlicht, Schmutz, Schutt, Stolperfallen (einschließlich Stromkabeln) oder anderen Materialien, die sich im unwahrscheinlichen Fall einer Fehlfunktion des Ladegeräts oder des Akkus entzünden könnten. Platzieren Sie das Ladegerät und den Akku so, dass diese nicht durch Stürze oder andere Einwirkungen gefährdet sind.

Ausbauen der Batterie

Um die Batterie auszubauen, schalten Sie zunächst Ihr Trike aus und trennen Sie den Akku vom Anschlusskabel. Achten Sie darauf, die Batterie nicht fallen zu lassen oder zu beschädigen. Lösen Sie alle Spanngurte, mit denen der Akkupack befestigt ist und ziehen Sie diesen vorsichtig aus dem Rahmen. Öffnen Sie nun den Deckel der Box und Achten sie beim Herausnehmen der Batterie darauf die Anschlusskabel und die Batterie selbst nicht zu beschädigen.

Die Verwendung eines beschädigten Akkus oder Ladegeräts kann das Trike beschädigen, die fahrende Person verletzen oder eine Brandgefahr darstellen.



Schutz vor Rost, Wasserschäden und Korrosion

Wie jedes Fahrzeug, das im Freien benutzt wird, braucht auch das E-XTREM3 Trike Pflege, damit es nicht durch Witterungseinflüsse beschädigt wird. Befolgen Sie diese Schritte, um dem Trike ein langes, gesundes Leben zu ermöglichen:

- Lagern Sie es unter einem Dach. Lassen Sie es nicht im Regen stehen oder an Orten, an denen es korrosiven Substanzen wie Wasser oder Salz ausgesetzt ist.
- Bei Reinigung des Trikes, schalten Sie es aus und entfernen Sie den Akkupack. Wischen Sie den Rahmen mit einem sauberen, feuchten Tuch ab. Falls erforderlich, geben Sie eine milde, nicht ätzende Reinigungsmittelmischung auf das feuchte Tuch und wischen Sie den Rahmen ab. Anschließend wischen Sie den Rahmen mit einem sauberen, trockenen Tuch trocken. Verwenden Sie niemals Hochdruckwasser für Ihr Trike.
- Wenn lackierte Metallteile zerkratzt oder abgeplatzt sind, verwenden Sie Ausbesserungslack, um Rost zu verhindern.
- Tauchen Sie das Fahrrad oder Teile davon niemals in Wasser oder anderen Flüssigkeiten ein.

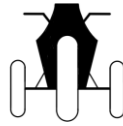
Steuerung

Machen Sie sich mit den Tastenpositionen vertraut, bevor Sie mit dem Trike fahren. Ziehen Sie den Schlüssel nach dem Fahren immer ab und bewahren Sie diesen an einem sicheren Ort auf.

Dieses Trike ist mit einem Daumengas ausgestattet, um den Motor zu steuern.

Das Daumengas befindet sich auf der rechten Seite des Lenkers. Die fahrende Person kann mit einer Bewegung des Hebels das Trike beschleunigen. Um das Daumengas während der Fahrt zu betätigen, drücken Sie es langsam und vorsichtig von sich weg. Sobald Sie das Daumengas loslassen, wird das Trike nicht mehr angetrieben. Halten Sie immer beide Hände am Lenker und seien Sie darauf vorbereitet, die Bremshebel bei Bedarf zu betätigen.

Sobald der Schlüssel nicht in der richtigen Position ist oder der Not-Aus-Schalter betätigt wurde, wird das Trike nicht angetrieben.



Unsachgemäßes Abbiegen

Vermeiden Sie scharfe Kurven. Wenden Sie niemals bei dem Beschleunigen. Machen Sie keine abrupten Lenkmanöver. Üben Sie das Abbiegen bei niedrigen Geschwindigkeiten.

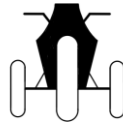
Reichweite

Die Reichweite mit einer Akkuladung hängt stark von verschiedenen Umständen ab, wie z. B.:

- Wetterbedingungen wie Umgebungstemperatur und Wind
- Straßenbedingungen wie Höhenlage und Straßenbelag
- Zustand des Trikes, wie Reifendruck und Wartungszustand
- Nutzung des Trikes, z. B. Beschleunigung
- Gewicht der fahrenden Person und Gepäck
- Lade- und Entladezyklen

Nach jeder Fahrt

- Lagern Sie Ihr Trike und den Akku an einem trockenen Ort
- Schützen Sie das Trike vor Schäden durch Witterungseinflüsse
- Laden Sie Ihre Batterie an einem temperaturgeregelten Ort zwischen 10 – 25 °C



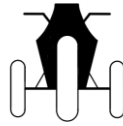
Sicherheit

WARNUNG

Schwere Verletzungen oder Tod können die Folge sein, wenn Sie diese Anweisungen und Verfahren nicht befolgen.

Lesen Sie die gesamte Bedienungsanleitung sorgfältig durch. Befolgen Sie die beschriebenen Bedienungsverfahren.

- Erlauben Sie niemals einer Person unter 18 Jahren, dieses Trike zu bedienen.
- Der Fahrer muss zu jeder Zeit einen Helm, Augenschutz, Handschuhe, ein langärmeliges Hemd, eine lange Hose, Socken über den Knöcheln tragen und den montierten Beckengurt anlegen.
- Halten Sie während des Betriebs immer beide Hände fest am Lenker und beide Füße auf den Fußrasten.
- Erlauben Sie niemals einer anderen Person, dieses Fahrzeug zu bedienen, wenn dieser nicht diese Bedienungsanleitung gelesen hat.
- Dieses Fahrzeug ist nur für den Einsatz im Gelände geeignet. Fahren Sie niemals auf öffentlichen Straßen.
- Nehmen Sie vor oder während des Betriebs dieses Fahrzeugs niemals Alkohol oder Drogen zu sich.
- Fahren Sie niemals mit überhöhter Geschwindigkeit. Fahren Sie immer mit einer Geschwindigkeit, die dem Gelände, den Sichtverhältnissen und Betriebsbedingungen sowie Ihrer Erfahrung angemessen ist.
- Versuchen Sie niemals Sprünge oder andere Stunts.
- Überprüfen Sie das Fahrzeug vor jedem Einsatz, um sicherzustellen, dass es sich in einem sicheren Betriebszustand befindet.
- Fahren Sie immer langsam und seien Sie besonders vorsichtig, wenn Sie sich auf unbekanntem Terrain bewegen. Seien Sie aufmerksam auf wechselndem Terrain.
- Wenden Sie niemals mit überhöhter Geschwindigkeit.

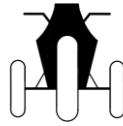


- Lassen Sie dieses Fahrzeug immer von einem autorisierten E-XTREM3-Mitarbeiter oder einem anderen qualifizierten Techniker überprüfen, wenn es in einen Unfall verwickelt war.
- Verwenden Sie immer die richtige Größe und den richtigen Typ der in diesem Dokument angegebenen Reifen. Halten Sie immer den richtigen Reifendruck ein.
- Verändern Sie das Fahrzeug niemals durch unsachgemäßen Einbau oder Verwendung von Zubehör.
- Ziehen Sie immer den Schlüssel ab, wenn das Trike nicht benutzt wird, um eine unbefugte Benutzung durch Personen unter 18 Jahren, die nicht entsprechend geschult sind, oder ein versehentliches Starten zu verhindern.

Display Modi

Um in die Einstellungen zu kommen, Pfeiltaste nach oben und Pfeiltaste nach unten lange drücken.

1. Display Helligkeit
2. Einheiten einstellen km/h oder mp/h
3. Batterie Spannung einstellen (48 V)
4. Zeit bis Display sich in Standby versetzt
5. Anzahl von PAS-Stufen (Paddle Assist System) einstellen 0 = 3, 1 = 5, 2 = 9
6. Rad Größe in Zoll
7. Magnetsensor für Geschwindigkeit Standard Einstellung 46.0
(Wenn der Tacho zu viel Geschwindigkeit anzeigt, dann erhöhen, wenn zu wenig dann verringern)
8. Geschwindigkeitsbegrenzung 0 - 100 km/h
9. Zerostart oder Non-Zerostart (kurze Verzögerung von Gashebel zu Motor)
10. PAS-Mode 0 = PAS steuert keine Steuerung über Gasgriff, 1 = komplett über Gashebel kein PAS, 2 = Kombination Gasgriff und PAS
11. Empfindlichkeit von PAS Sensor einstellen
12. Stärke PAS Unterstützung
13. PAS Magnet
14. Strom Begrenzung vom Kontroller



13 Zeitlicher Projektverlauf

Durch das Erstellen eines Projektnetzplans (siehe Anhang A5) ist das Projekt in verschiedene Vorgänge unterteilt und neben den benötigten Stunden auch die voraussichtliche Fertigstellung geschätzt.

Zur Kontrolle der Arbeitsstunden werden diese für jede Arbeit dokumentiert.

Die folgende Tabelle und Diagramme zeigen die Gesamtstunden des Projektteams von August 2021 bis März 2022 (siehe Tabelle 4).

Gesamtstunden von August 2021 bis März 2022

Name:	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	Gesamt
Simon Graßler	4	14	23	16	41	31	36	72	237
Paul Hollerbach	16	19	17	18	47	29	60	82	288
Michael Braunschläger	4	14	26	22	46	30	59	67	268
Tim Hähnlein	4	17	26	23	44	24	50	73	261
Gesamt	28	64	92	79	178	114	205	294	1054

Tabelle 4: Gesamtstunden

Des Weiteren werden Diagramme aufgeführt, welche die Zeiterfassung der Gesamtstunden pro Teilgebiet, die Stunden des Projektteams pro Monat und die Stunden der Teammitglieder pro Monat darstellen.

Gesamtstunden pro Teilgebiet

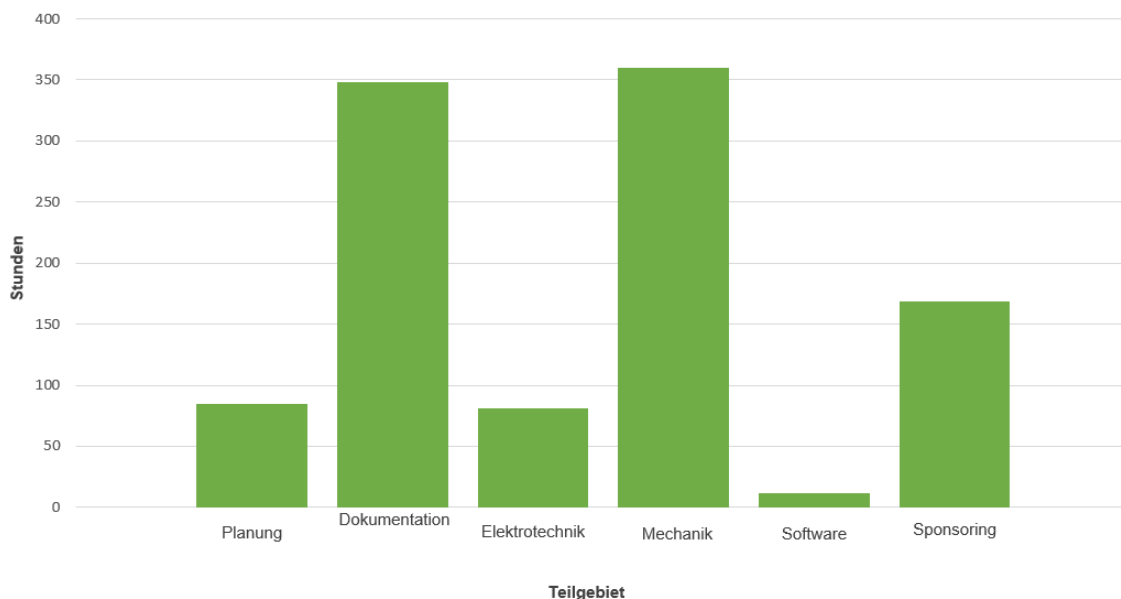
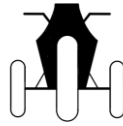


Abbildung 46: Gesamtstunden pro Teilgebiet



Gesamtstunden Gruppe

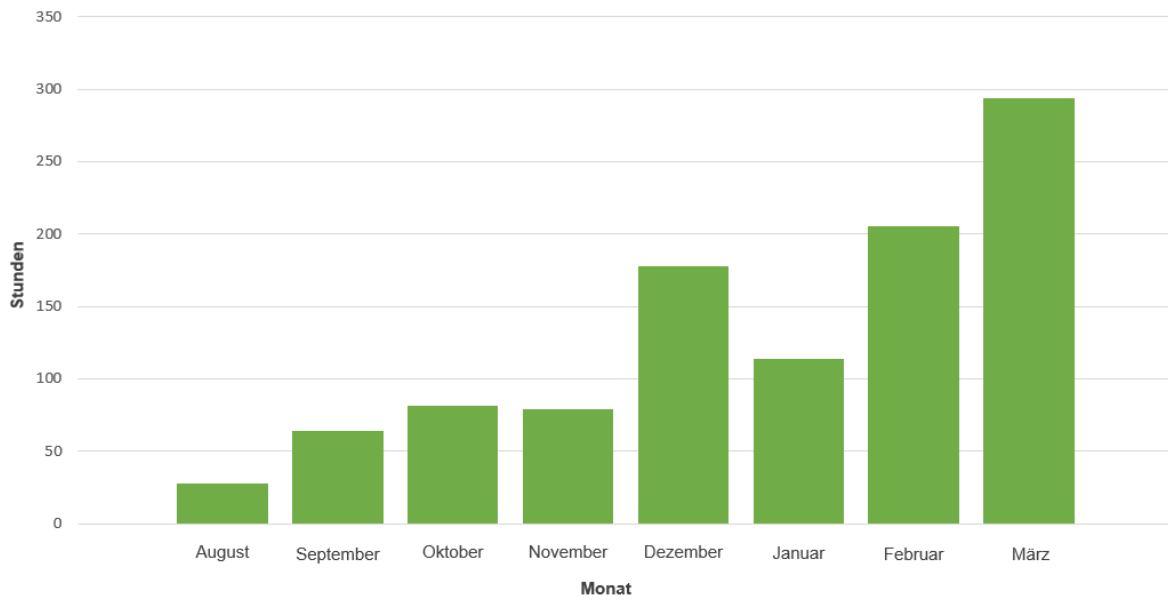


Abbildung 47: Gesamtstunden Gruppe

Gesamtstunden pro Person

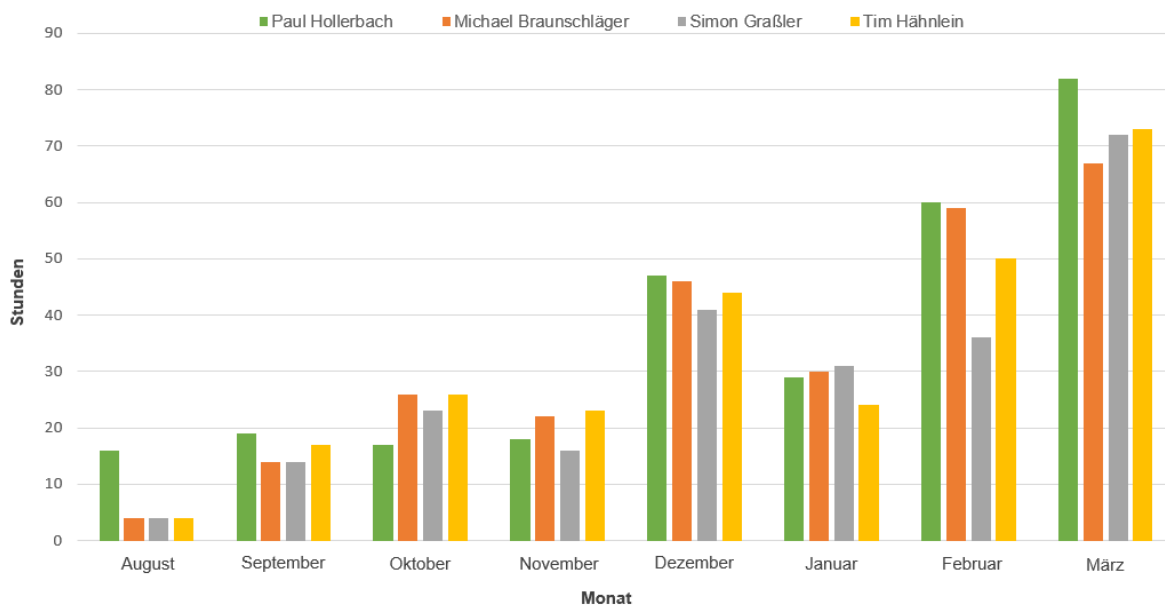
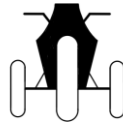


Abbildung 48: Gesamtstunden pro Person



14 Übersicht Projektkosten

14.1 Materialkosten

Ein Großteil der Materialien wird von Restbeständen aus alten Projekten bezogen.

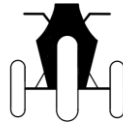
Andere Kosten jeder Art konnten durch Sponsoren finanziell beglichen werden.

Die Materialkosten insgesamt belaufen sich auf: 3.197,00 €.

14.2 Projektkostenplan

Der Projektkostenplan wird bei der Erstellung in acht Vorgänge untergliedert. Dadurch erhält man eine gesamte Kostenübersicht der Projektarbeit. (siehe Anhang A4)

Die Projektgesamtkosten belaufen sich auf **6.607,00 €**.



15 Soll-Ist-Analyse

In der Projektvereinbarung wurden Ziele vereinbart, die zum Ende des Projektes erreicht werden sollen. Diese konnten zum 8. April 2022 im Bereich Mechanik vollständig erreicht werden. Im Bereich Elektrik und Software blieben einige Punkte offen. Alle getanen Arbeiten oder neu aufkommenden Ideen wurden mit Herrn Hoffmann abgeklärt.

Sollzustand = Istzustand -> ✓

Sollzustand ≠ Istzustand -> ✗

Mechanik:

Gestell/Rahmen fertigen	✓
Federung der Hinterachse	✓
Lenkung fertigen	✓
Bremsen beschaffen	✓
CAD-Modelle konstruieren	✓

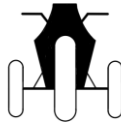
Elektrik:

Akku mit Ladegerät beschaffen	✓
Motorsteuerung beschaffen	✓
Not-Aus	✓
Totmannschalter	✗

Software:

Motorcontroller beschaffen	✓
Display programmieren	✓
Geschwindigkeit, Akkustand programmieren*	✗
Timer und Temperatur programmieren	✓

*Wird über das mitgelieferte Display des Motors ausgegeben.



Medienpräsenz:

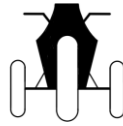
Website, Social Media Accounts	✓
--------------------------------	---

Optional:

Rekuperation durch Bremsen	X
Touch-Display programmieren	X
Umfeldbeleuchtung anbringen	X
Federung der Vorderachse beschaffen	X

Zusätzlich:

Abendlicht vorne anbringen	✓
Positionsleuchten hinten anbringen	✓
Sicherheitsgurt anbringen	✓
Hupe anbringen	✓
Daumengas anbringen	✓
Lackierung mit Streifen auftragen	✓



Kritische Reflexion

Wir können rückblickend sagen, dass wir im Rahmen der Projektarbeit, die Aufgaben im Projektmanagement sehr gut kennenlernen konnten. Die Projektarbeit war dienlich, um die Funktionen aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten.

Die in der Projektvereinbarung vereinbarte Inhalte im festgelegten zeitlichen Rahmen umzusetzen war zeitintensiver als wir uns es am Anfang vorgestellt haben. Hier wäre eine grobe Abschätzung der Dauer der einzelnen Arbeitsschritte mit den Lehrkräften von Nutzen gewesen.

Auch die Vorstellung unser Trike komplett selbst zu konstruieren und zu fertigen war unrealistisch. Nach Besprechungen mit unseren Lehrkräften wurde klar, dass die Vorderachse selbst zu entwickeln zu komplex wäre und hier auf eine Alternative zurückgegriffen werden muss.

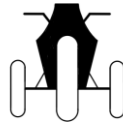
Während der mechanischen Arbeitsphasen haben wir unter anderem viel auf die eigenen Erfahrungen und Abschätzungen vertraut und oft auch nach dem Prinzip Trial-and-Error gearbeitet. Hier wären eine Berechnung und Planung im Voraus hilfreich gewesen, um beispielsweise Zeit und Material zu sparen.

Sehr zu bedauern ist, dass unser ausgewählter Totmannschalter für unser Trike elektrisch nicht umgesetzt werden kann.

Ein herber Rückschlag war, dass unsere gewünschte Lackierung trotz Beratung nicht so widerstandsfähig war, wie wir wollten.

Durch die hervorragende Kommunikation und die große Einsatzbereitschaft der Gruppe konnten wir aber auf viele auftretenden Probleme schnell reagieren und Lösungen für diese Situationen erarbeiten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Projektteam durch Engagement, Einsatz und hohen Zeitaufwand stolz ist auf die Umsetzung und das Fertige Produkt. Auch konnte das gesamte Team viele Erfahrungen im technischen und sozialen Bereich sammeln. Die Projektarbeit war eine sehr gute Vorbereitung für die zukünftig gestellten Anforderungen an einen Techniker.



Danksagung

Hier möchten wir uns gerne bei allen Personen und Firmen, die uns die Realisierung, Planung und Umsetzung unseres Projektes ermöglicht haben, sehr herzlich bedanken.

Unter anderem möchten wir einen großen Dank bei unseren Sponsoren, den Firmen Würth Elektronik, Ganter Norm, Oovis, Driftwerk, Sport Weber, Speck Pumpen, akkushop24, Euchner, Juizz, Streetbooster, Abacom, Bike Boutique, TDK, Hendel Michael, Busch + Müller, Jochen Kiesel, Viablue, Fliesen Fischer, dem Technikerverband Nürnberg und dem Förderverein der Rudolf-Diesel-Fachschule aussprechen. Ohne die bereitgestellten Komponenten und die finanzielle Unterstützung hätten wir unser Projekt nicht verwirklichen können.

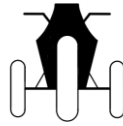
Ein herzlicher Dank geht auch an Herrn Schwarz von der Berufsschule 2. Die Kooperation zwischen Berufsschule und Rudolf-Diesel-Fachschule war neu und lieferte hervorragende Ergebnisse.

Ebenfalls möchten wir uns bei dem gesamten Kollegium der Rudolf-Diesel-Fachschule bedanken, hier wurde uns viel Freiraum zur Entfaltung unserer Ideen gegeben. Die fachliche Unterstützung war immer hervorragend.

Ein besonderes Dankeschön geht an Herrn Hoffmann und Herrn Schneider, die uns mit viel Geduld, Interesse und Hilfsbereitschaft zur Seite standen. Bedanken möchten wir uns für die zahlreichen interessanten Debatten und Ideen, die maßgeblich dazu beigetragen haben, dass unsere Projektarbeit in dieser Form abgegeben wurde.

Ebenfalls möchte wir uns bei Herrn Freymann bedanken, der uns bei Fragen und hilfreichen Tipps im Bereich Mechanik weitergebracht hat.

Außerdem möchten wir uns bei Herrn Köppel für seine Hilfe im Bereich Projektplanung und Dokumentation bedanken.



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bowhead Trike	2
Abbildung 2: V-Modell	3
Abbildung 3: Prototyp V1	4
Abbildung 4: Prototyp V2	4
Abbildung 5: Prototyp V3	5
Abbildung 6: Prototyp V4	5
Abbildung 7: Prototyp V5	6
Abbildung 8: Vorderradaufhängung	15
Abbildung 9: Halterung Bremssattel	15
Abbildung 10: Batterie-Vergleich	16
Abbildung 11: Lithium-Ionen-Akku	18
Abbildung 12: Daumengas	19
Abbildung 13: DC/DC-Wandler 48 – 12 V	20
Abbildung 14: DC/DC-Wandler 12 – 5 V	20
Abbildung 15: Schlüsselschalter	20
Abbildung 16: Not-Aus-Schalter	21
Abbildung 17: Lüfter	21
Abbildung 18: Feinsicherung	21
Abbildung 19: Arduino	25
Abbildung 20: Temperatursensor	26
Abbildung 21: Display unverbaut	26
Abbildung 22: Rahmen SimRacer	28
Abbildung 23: Grundgerüst V1	28
Abbildung 24: Rahmen V3	29
Abbildung 25: Hinterrad Dämpfung	30
Abbildung 26: Vorderachse	31
Abbildung 27: Lenkung	32
Abbildung 28: Vorderradaufhängung	33
Abbildung 29: Bremssystem	34
Abbildung 30: Finales Trike	35
Abbildung 31: Schaltkasten links außen	36
Abbildung 32: Schaltkasten links innen	36

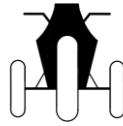
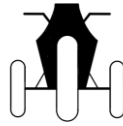
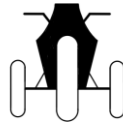


Abbildung 34: Schaltkasten rechts außen	36
Abbildung 33: Schaltkasten rechts innen.....	36
Abbildung 35: Lithium-Ionen-Akku verbaut.....	37
Abbildung 36: Radnabenmotor	37
Abbildung 37: Motorcontroller	37
Abbildung 38: Daumengas verbaut	38
Abbildung 39: DC/DC-Wandler 48 – 12 V.....	38
Abbildung 40: DC/DC-Wandler 48 – 5 V	39
Abbildung 41: Sicherungen verbaut.....	39
Abbildung 42: Gehäuse	40
Abbildung 43: Temperatursensor	41
Abbildung 44: Taster	41
Abbildung 45: Display angeschlossen	43
Abbildung 46: Gesamtstunden pro Teilgebiet.....	52
Abbildung 47: Gesamtstunden Gruppe	53
Abbildung 48: Gesamtstunden pro Person.....	53



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Daten	35
Tabelle 2: Belegung Temperatursensor	41
Tabelle 3: Belegung Arduino	42
Tabelle 4: Gesamtstunden.....	52



Literaturverzeichnis

Abbildung 1: Bowhead Trike, gesehen am 20.02.2022, online unter:

<https://ep1.pinkbike.org/p4pb19847409/p4pb19847409.jpg>

Abbildung 2: V-Modell, gesehen am 20.02.2022, online unter:

<https://dewiki.de/Lexikon/V-Modell>

Abbildung 10: Batterie Vergleich, gesehen am 20.03.2022, online unter:

<https://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-ion-state-of-charge-soc-measurement/>

Abbildung 11: Lithium-Ionen-Akku, gesehen am 20.03.2022, online unter:

<https://www.akkushop-24.de/Lithium-Ionen-Akku-48V-40Ah-1920Wh-Akkupack-incl-60A-BMS-Ladegeraet-fuer-Scooter-E-Bike-Pedelec>

Abbildung 12: Daumengas, gesehen am 20.03.2022, online unter:

https://www.amazon.de/dp/B07DBNQRW4/ref=cm_sw_r_apan_glt_i_ACCV33SNJ6YJSMSKV0FG

Abbildung 13: DC/DC-Wandler 48 – 12 V gesehen am 20.03.2022, online unter:

<https://de.farnell.com/tdk-lambda/dpx-30-48wd-12/dc-dc-wandler-12v-o-p-30w/dp/1995992>

Abbildung 14: DC/DC-Wandler 48 – 5 V, gesehen am 20.03.2022, online unter:

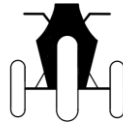
https://www.amazon.de/gp/product/B07MMD6M6P/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o08_s01?ie=UTF8&psc=1

Abbildung 16: Not-Aus-Schalter, gesehen am 20.03.2022, online unter:

<https://www.euchner.de/de-de/produkte/not-halt-es/>

Abbildung 17: Lüfter, gesehen am 22.03.2022, online unter:

https://www.amazon.de/gp/product/B07ZBRZ5RB/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o01_s00?ie=UTF8&psc=1



Weitere Hilfsmittel:

Europa Verlag: Tabellenbuch Metall (47.Auflage)

Europa Verlag: Tabellenbuch Elektrotechnik (29.Auflage)

Westermann Verlag: Tabellenbuch Mechatronik (8.Auflage)

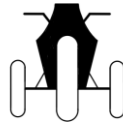
Alfred Böge: Technische Mechanik (32.Auflage)

Alfred Böge: Formeln und Tabellen Technische Mechanik (25.Auflage)

Roloff/Matek Maschinenelemente (23.Auflage)

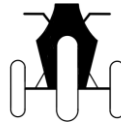
Mechanik für IngenieurInnen: Einführung in die Technische Mechanik (Version 1.8)

Mathematik für Techniker (6.Auflage)



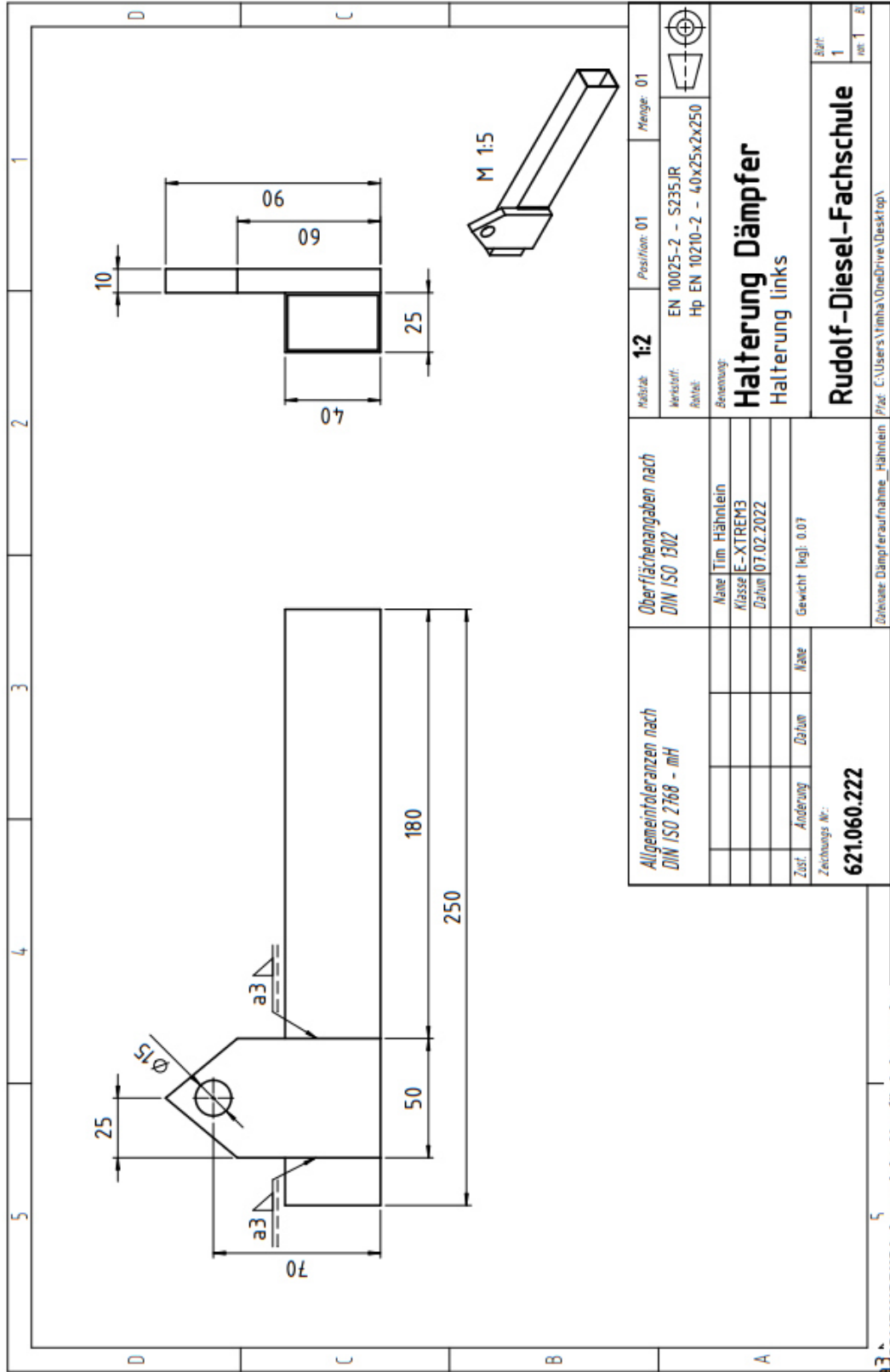
Anhangsverzeichnis

A1 Technische Zeichnungen	1
A1.1 Halterung Dämpfer	1
A1.2 Aufhängung Vorderrad.....	2
A1.3 Lager-Buchse.....	3
A1.4 Halterung Hinterrad	4
A1.5 Aufhängung Vorderradbremse.....	5
A2 Schaltplan.....	6
A3 Quellcode.....	9
A4 Projektkostenplan.....	11
Netzplan A5.....	13

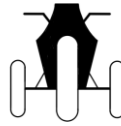


A1 Technische Zeichnungen

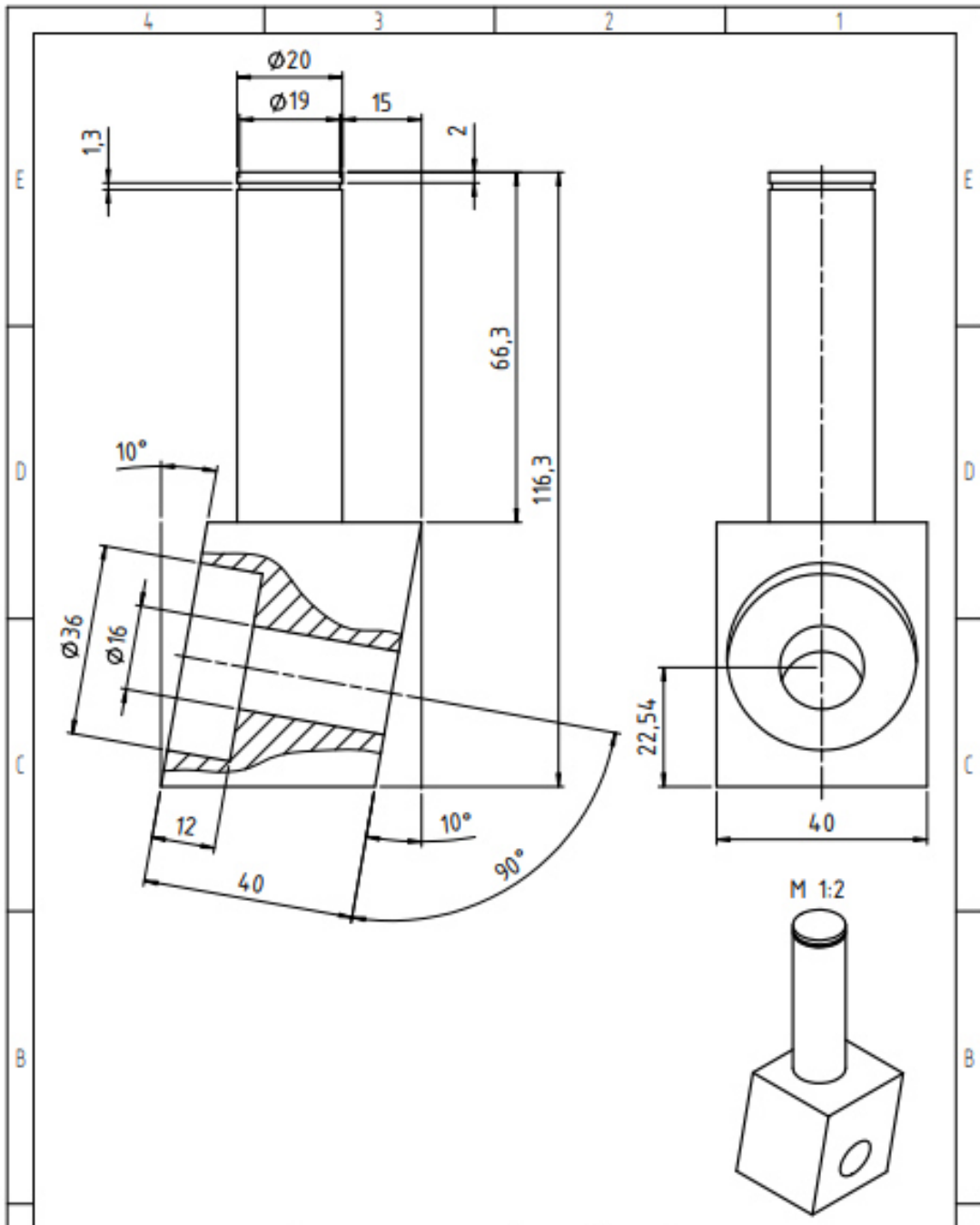
A1.1 Halterung Dämpfer



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.

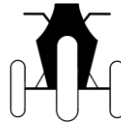


A1.2 Aufhängung Vorderrad

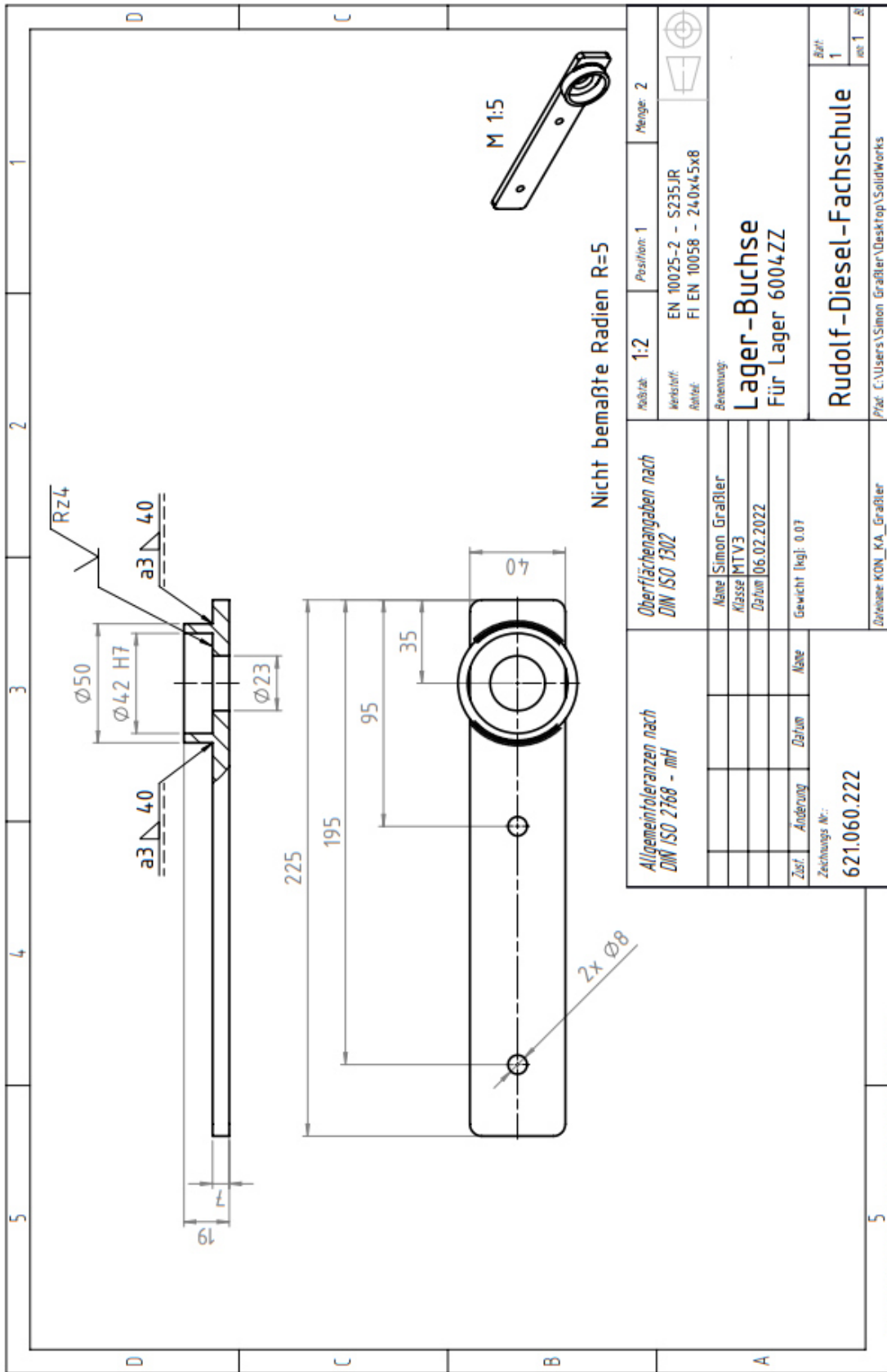


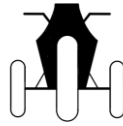
Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768 - mH		Oberflächenangaben nach DIN ISO 1302		Maßstab: 1:1	Position: 01	Menge: 02
		Name: Michael Braunschläger		Werkstoff: EN 10025-2 - S235JR		
		Klasse: MTV 3/4		Rohr: 4kt EN 10059 - 50x50x120		
		Datum: 26.03.2022		Benennung:		
		Gewicht (kg): 0,08		Aufhängung Vorderrad		
				Vorderachse		
Zust. Änderung Datum Rate				Rudolf-Diesel-Fachschule		
Zeichnungs Nr.: 621.060.222				Blatt 01		
				var 01		
		Dateiname: Aufhängung Vorderräder		Pfad: E:\Users\mich\Desktop\Schule\2. Jahr\E-XTREMBKonstruktion\K0...		

SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.

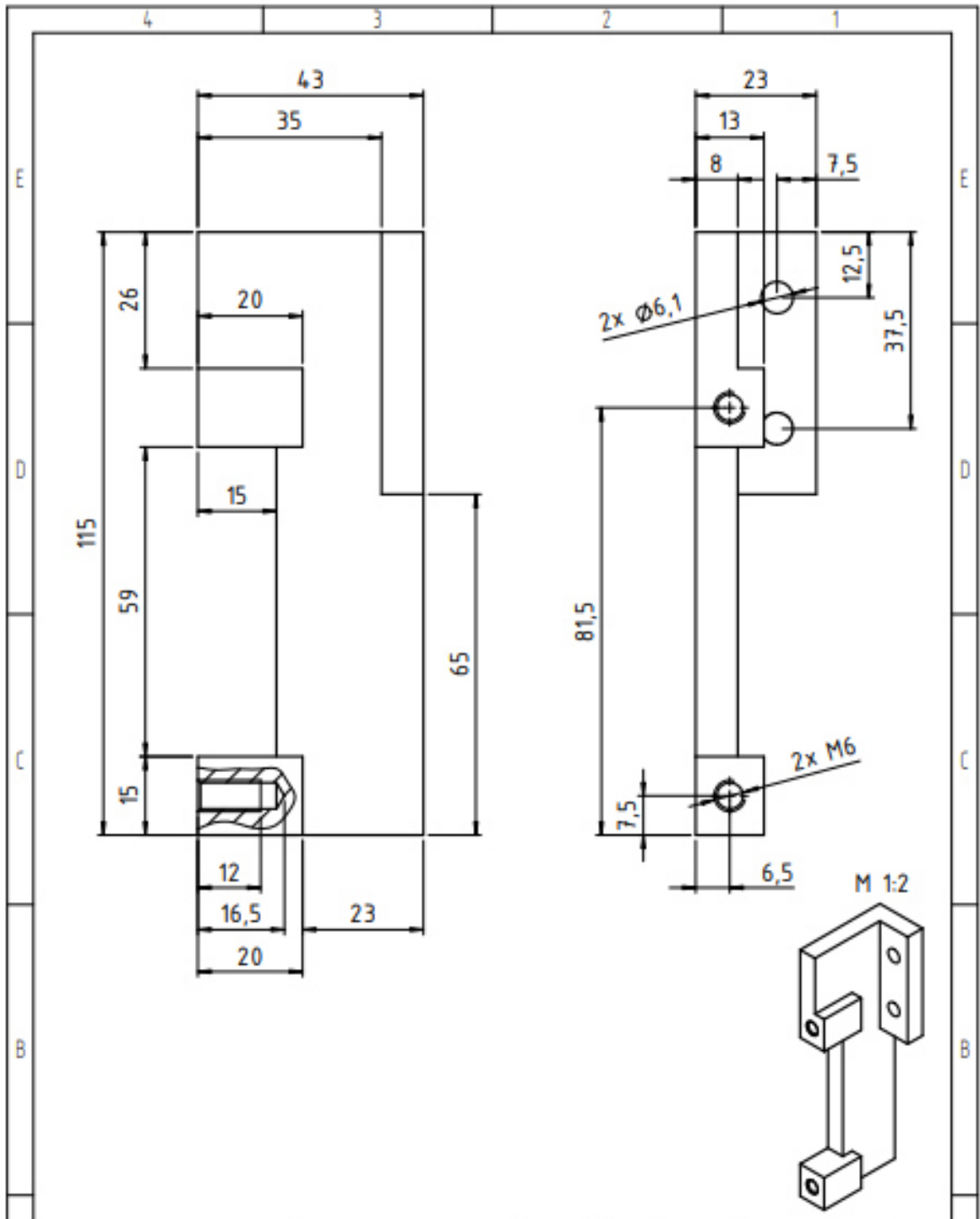


A1.3 Lager-Buchse

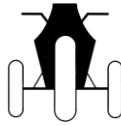




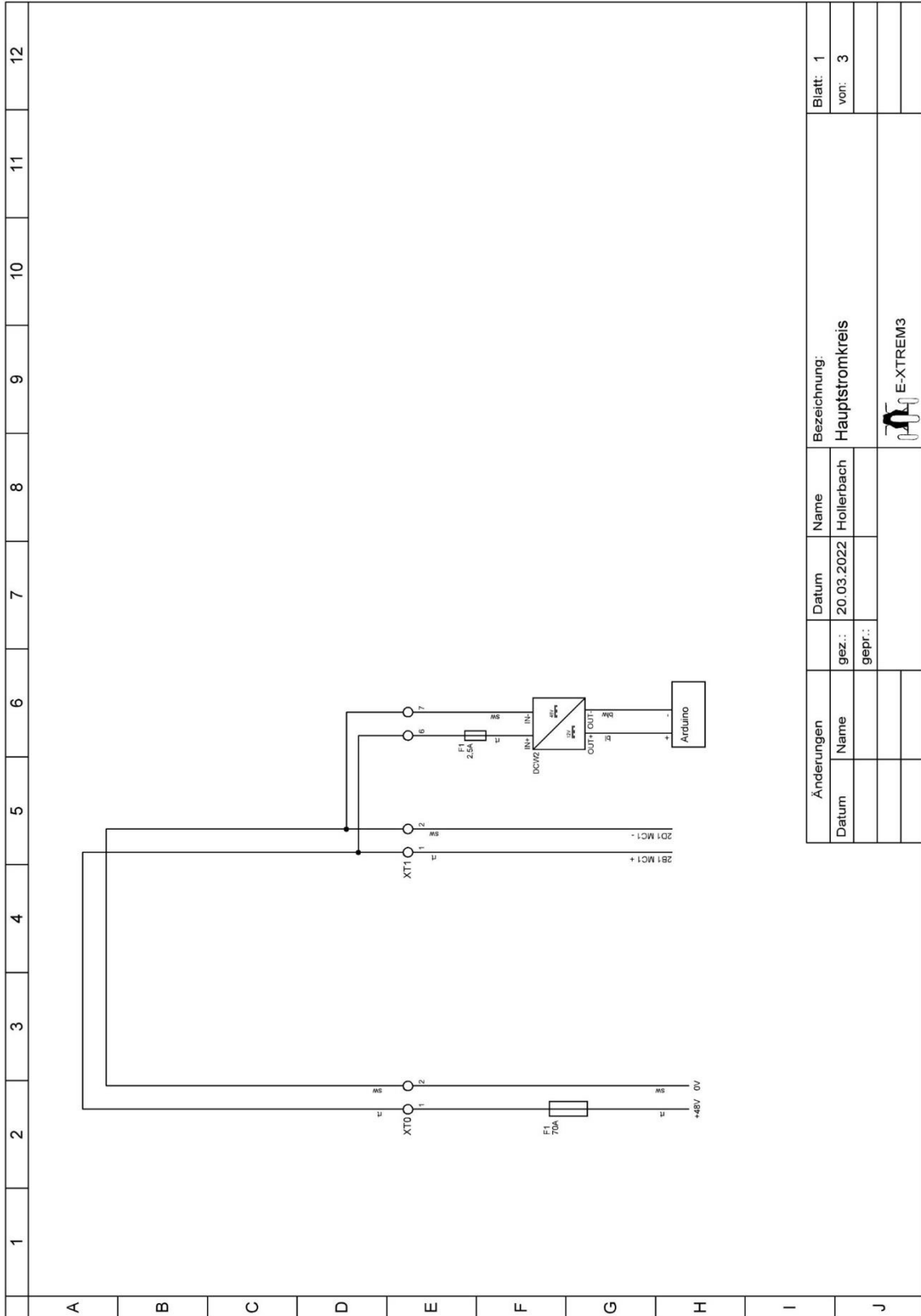
A1.5 Aufhängung Vorderradbremse




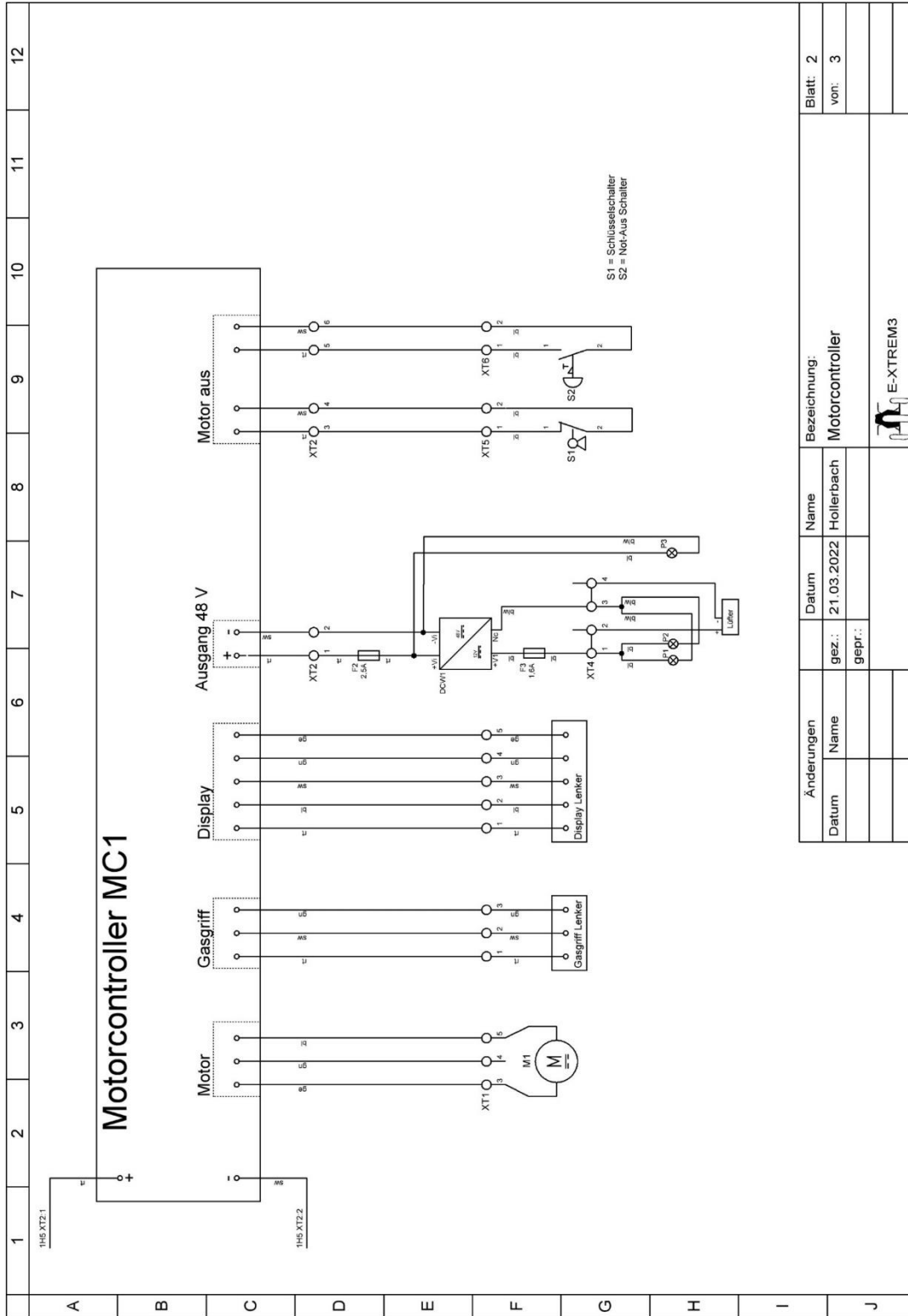
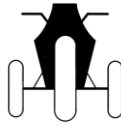
Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768 - mH		Oberflächenangaben nach DIN ISO 1302		Kaßzahl: 1:1	Position: 00	Menge: 02	
				Werkstoff: EN 10025-2 - S235JR	4kt EN 10059 - 25x50x115		
		Name: Michael Braunschläger		Bezeichnung:			
		Klasse: MTV 3/4		<h3>Aufhängung Vorderradbremse</h3> <p>Vorderradbremse</p>			
		Datum: 26.03.2022					
Zust.	Änderung	Datum	Name	Gewicht (kg): 0.04		Rudolf-Diesel-Fachschule	
Zeichnungs-Nr.: 621.060.222						Blatt 01 von 01	



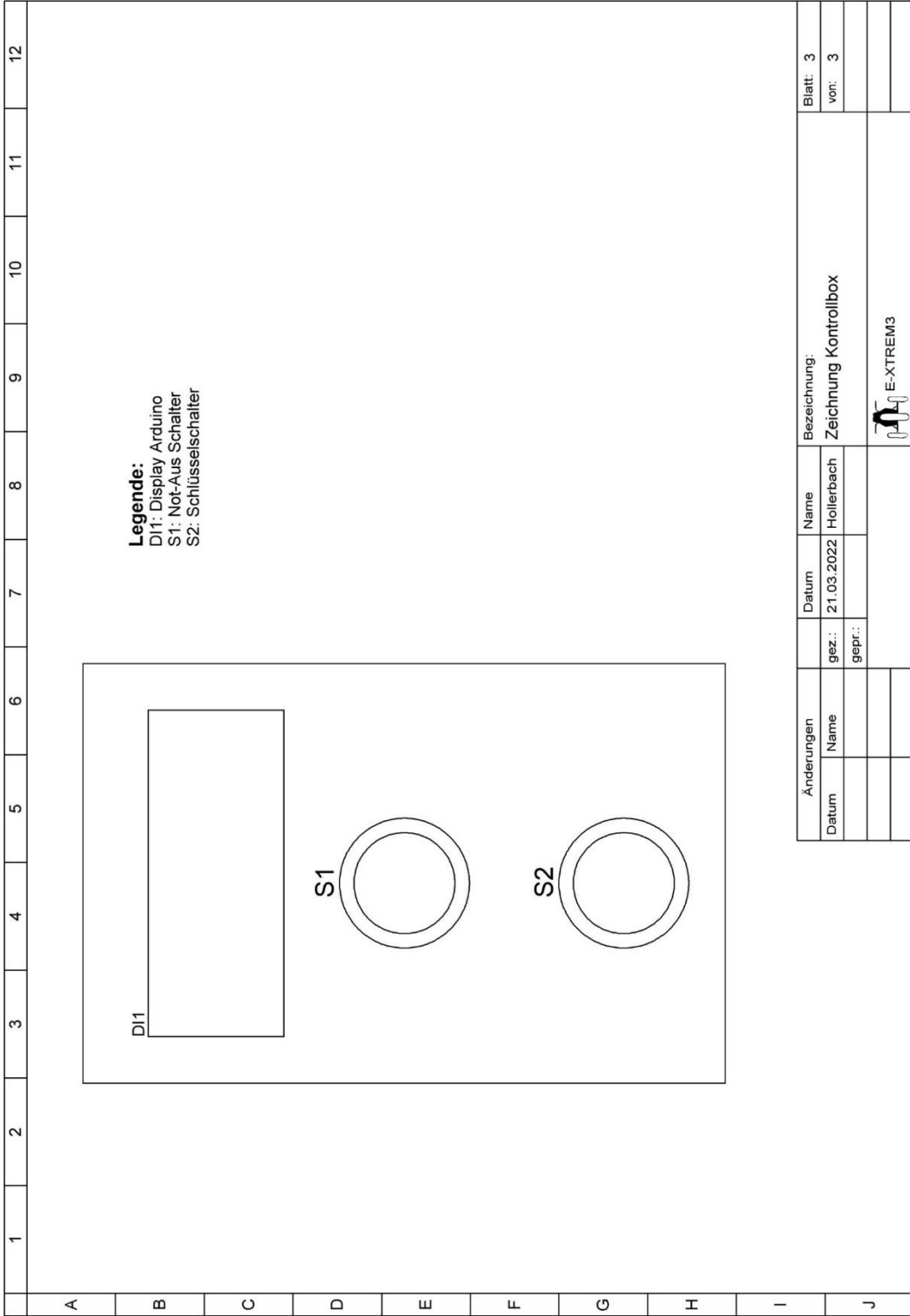
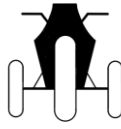
A2 Schaltplan



Änderungen		Datum	Name	Bezeichnung:	Blatt: 1
Datum	gez.:	20.03.2022	Hollerbach	Hauptstromkreis	von: 3
	gepr.:			 E-XTREM3	

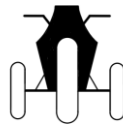


Änderungen		Datum	Name	Bezeichnung:		Blatt: 2
Datum	Name	gez.: 21.03.2022	Hollerbach	Motorcontroller		von: 3
		gepr.:				



Änderungen		Datum	gez.:	Name	Datum	Name	Bezeichnung:		Blatt:
					21.03.2022	Hollerbach	Zeichnung Kontrollbox		3
			gepr.:						von: 3





A3 Quellcode

```

//Projektteam: E-Xtrem3
//Teil 1: Anzeige Anfangstext
//Teil 2: Timer
//Teil 3: Temperatur

#include <LiquidCrystal.h> //Einbinden der Bibliotheken Display
#include <DHT.h> //Einbinden der Bibliotheken Sensor

#define DHTPIN 3 //Der Temperatursensor wird an PIN 2 angeschlossen
#define DHTTYPE DHT11 // Es handelt sich um einen DHT11 Sensor
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //Der Sensor wird ab jetzt mit „dht“ angesprochen
#define button 2 //Definition des Buttons
//Variablen Anlegen in und long (Gleitkommazahlen)

int timerMode = 0; //TimerMode
long startTime=0; //Die Zeit ansich
int seconds = 0; //Sekunden
int minutes = 0; //Minuten
int minute = 1; //Minute die rauf gezählt wird wenn eine volle Sekunde voll ist

LiquidCrystal lcd(7,8,9,10,11,12); //Einbinden der PINS auf dem Arduino
-----TEIL 1-----

void setup() {
  //Hier läuft der Code einmal durch
  lcd.begin(16,2); //LCD 16 Zeichen auf Zwei Reihen (Reihe 1 = 0 Reihe 2 = 1)
  lcd.clear(); //LCD beim start "cleanen" um Fehler zu vermeiden
  pinMode(button, INPUT_PULLUP); //Der Button wird eingelesen
  lcd.setCursor(4,0); //Ab Zeichen 4 in der ersten Reihe
  lcd.print("E-XTREM3"); //”E-Xtrem3 wird angezeigt”
  lcd.setCursor(3,1); //Ab Zeichen 3 in der zweiten Reihe
  lcd.print("MB PH TH SG"); //Unsere Anfangsbuchstaben
  delay(3000); //Es wird 3 Sekunden gewartet
  lcd.clear(); //Danach ist der Display wieder leer
  dht.begin(); //DHT11 Sensor starten

  lcd.setCursor(0, 0); //Startposition: Erstes Zeichen in der oberen Zeile
  lcd.print("Temp | Timer"); // Das soll permanent in der oberen Zeile angezeigt werden
}

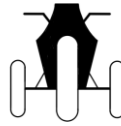
//-----Hauptprogramm-----

void loop() {
  //Hier wird der Code immer wieder wiederholt
  -----TEIL 2-----
  //Wenn der Button ein LOW Signal bekommt startet diese Schleife
  {
    startTime = millis(); //Der Timer startet
    timerMode++; //Es wird rauf gezählt
    delay(400); //Es wird 0,4 Sekunden gewartet biss es weiter geht
  }
  if(timerMode ==1) //Sobald der Timer startet hat auch der
  {
    lcd.setCursor(5,1); //Hier wird der Strich gesetzt
    lcd.print("|");
    lcd.print(" ");

    //Umrechnung von Millisekunden in Sekunden und in Minuten

    seconds = (round(((millis()-startTime)/1000.0))); //Milli in Sekunden
    seconds = round(seconds - minutes * 60); //Sekunden gerundet
    minutes = (round(((millis()-startTime)/1000.0)))/60; //Sekunden in Minuten
    //Hier werden Sekunden und Minuten angezeigt
  }
}

```



```

    if(minutes <10)
    {
        if(seconds <10)
        {
            lcd.print("0");
            lcd.print(minutes);
        }
        lcd.print(":");
        lcd.print("0");
        lcd.print(seconds);

    lcd.print(" ");
    }
    else
    {
        lcd.print("0");
        lcd.print(minutes);
        lcd.print(":");
        lcd.print(seconds);
        lcd.print(" ");
        lcd.print(" ");
    }
    else
    {
        if(seconds <10)
        {
            lcd.print(minutes);
            lcd.print(":");
            lcd.print("0");
            lcd.print(seconds);

        lcd.print(" ");
        }
        else
        {
            lcd.print(minutes);
            lcd.print(":");
            lcd.print(seconds);
            lcd.print(" ");
            lcd.print(" ");
        }
    }
}

```

```

//Hier werden Sekunden und Minuten angezeigt/Bei s und min das gleiche: nach 9 sollen Sie 10 usw. anzeigen können
//Wenn Sekunden kleiner sind als 10 dann schreib z.B. 00:08
//Print-Befehle die sein müssen um nach den Sekunden die Minuten anzeigen zu können
//Print-Befehle für Minuten die unter 10 sind also z.B. 09:08
//Print-Befehle für Doppelpunkt
//Print-Befehle für 0
//Print-Befehle für Sekunden
//Print-Befehle für Leerzeichen
//Wenn nicht führe diese Befehle aus
//Print-Befehle für 0
//Print-Befehle für Minuten
//Print-Befehle für Doppelpunkt
//Print-Befehle für Sekunden
//Print-Befehle für Leerzeichen
//Print-Befehle für Leerzeichen
//das else von oben wenn also Minuten größer sind also hier kleiner 10
//Wenn Sekunden kleiner sind als 10
//Print-Befehle für Minuten
//Print-Befehle für Doppelpunkt
//Print-Befehle für 0
//Print-Befehle für Sekunden
//Print-Befehle für Leerzeichen
//Wenn Sekunden kleiner 10 sind
//Print-Befehle für Minuten
//Print-Befehle für Doppelpunkt
//Print-Befehle für Sekunden
//Print-Befehle für Leerzeichen
//Print-Befehle für Leerzeichen

```

-----TEIL 3-----

```

if(timerMode >1)
{
    delay(2000);
    timerMode =0;
    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Temp | Timer");
}

```

delay(000); //Eine Sekunde Vorlaufzeit bis zur Messung (der Sensor ist etwas träge)

```

float Temperatur = dht.readTemperature();
//die Temperatur auslesen / speichern

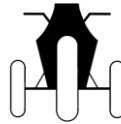
// Ausgabe auf LCD
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(ceil(Temperatur));
lcd.print("\337C ");

```

```

//Temperatur immer Aufrunden
// \337 -> Gradsymbol " ° "

```



A4 Projektkostenplan

E-XTREM3			Berechnung für die Plankosten									
Arbeitspaket / Vorgang			Kostenermittlung je Ressource			Kosten je Kostenart in €						
			Aufwandschätzung	Verrechnungssatz/Preis	Kosten je Ressource in €	Personal	Betriebsmittel	Werkstoffe/Materialien	Sonstige	Gesamt		
Vorgang 1	Prototyp Rahmen	mechanisch	Schweißgerät	4 h	100,00 €/h	400,00 €						
			Wikelschleifgerät	2 h	20,00 €/h	40,00 €		440,00 €				
			4-Kant-Stahl (40 x 40 x 1000 mm)	9 St	10,00 €/m	90,00 €						
			Vorderachse Rasenmäher	1 St	0,00 €/St	0,00 €						
			26" MTB Hinterrad	1 St	80,00 €/St	80,00 €						
			Kettcar-Räder	2 St	25,00 €/St	50,00 €						
			Kettcar-Sitz	1 St	45,00 €/St	45,00 €			265,00 €			
			Montage Techniker	7 h	90,00 €/h	630,00 €	630,00 €					
			Summe					630,00 €	440,00 €	265,00 €	0,00 €	1.335,00 €

Projektkostenplan Vorgang 1

E-XTREM3			Berechnung für die Plankosten									
Arbeitspaket / Vorgang			Kostenermittlung je Ressource			Kosten je Kostenart in €						
			Aufwandschätzung	Verrechnungssatz/Preis	Kosten je Ressource in €	Personal	Betriebsmittel	Werkstoffe/Materialien	Sonstige	Gesamt		
Vorgang 2	Antriebsinheit	mechanisch	Montage Techniker	3 h	90,00 €/h	270,00 €	270,00 €					
		elektrisch	Nabenmotor	1 St	250,00 €/St	350,00 €						
			Motor Controller	1 St	100,00 €/St	100,00 €						
			LCD-Display	1 St	50,00 €/St	50,00 €						
			Gasgriff	1 St	30,00 €/St	30,00 €						
			Akkumulator mit BMS	1 St	400,00 €/St	400,00 €						
Schnellladegerät	1 St	49,00 €/St	49,00 €			979,00 €						
Summe					270,00 €	0,00 €	979,00 €	0,00 €	1.249,00 €			

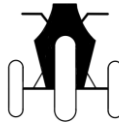
Projektkostenplan Vorgang 2

E-XTREM3			Berechnung für die Plankosten								
Arbeitspaket / Vorgang			Kostenermittlung je Ressource			Kosten je Kostenart in €					
			Aufwandschätzung	Verrechnungssatz/Preis	Kosten je Ressource in €	Personal	Betriebsmittel	Werkstoffe/Materialien	Sonstige	Gesamt	
Vorgang 3	Bremsanlage	mechanisch	Hydraulische Bremse	2 St	90,00 €/St	180,00 €					
			Seilzug Bremse	1 St	30,00 €/St	30,00 €					
			Halterung Bremssattel vorne	2 St	20,00 €/St	20,00 €					
			Halterung Bremssattel hinten	1 St	15,00 €/St	15,00 €					
			Bremsscheibe 180 mm	2 St	19,00 €/St	38,00 €					
		elektrisch	Bremsscheibe 160 mm	1 St	16,00 €/St	16,00 €			299,00 €		
			Montage Techniker	2 h	90,00 €/h	180,00 €	180,00 €				
			Bremskontakt	2 St	15,00 €/St	30,00 €			30,00 €		
			Summe				180,00 €	0,00 €	329,00 €	0,00 €	509,00 €

Projektkostenplan Vorgang 3

E-XTREM3			Berechnung für die Plankosten								
Arbeitspaket / Vorgang			Kostenermittlung je Ressource			Kosten je Kostenart in €					
			Aufwandschätzung	Verrechnungssatz/Preis	Kosten je Ressource in €	Personal	Betriebsmittel	Werkstoffe/Materialien	Sonstige	Gesamt	
Vorgang 4	Federung	mechanisch	MTB Dämpfer 120 mm	2 St	150,00 €/St	300,00 €					
			Halterung	2 St	5,00 €/St	10,00 €			300,00 €		
			Montage Techniker	2 h	90,00 €/h	180,00 €	180,00 €				
			Summe				180,00 €	0,00 €	300,00 €	0,00 €	480,00 €

Projektkostenplan Vorgang 4



E-XTREM3			Berechnung für die Plankosten								
Arbeitspaket / Vorgang			Kostenermittlung je Ressource			Kosten je Kostenart in €					
			Aufwand-schätzung	Verrech-nungssatz/ Preis	Kosten je Ressource in €	Personal	Betriebsmittel	Werkstoffe/ Materialien	Sonstige	Gesamt	
Vorgang 5	Elektrik	mechanisch	Schaltkasten	2 St	20,00 €/St	40,00 €					
			Hutschienen	3 m	3,50 €/m	10,50 €					
			Reihenklennen PE	4 St	2,50 €/St	10,00 €					
			Reihenklennen 0,14mm ² - 2,5mm ²	50 St	1,00 €/St	50,00 €					
			Leitungen	10 m	1,00 €/St	10,00 €					
			XT90 Stecker	1 St	1,50 €/St	1,50 €					
			Steckkontaktschalter	1 St	40,00 €/St	40,00 €					
			Kippschalter	1 St	6,00 €/St	6,00 €					
			Taster	1 St	6,00 €/St	6,00 €					
			Not-Aus Schalter	1 St	10,00 €/St	10,00 €			184,00 €		
		elektisch	Montage Techniker	5 h	90,00 €/h	450,00 €	450,00 €				
			Feinsicherung	3 St	2,00 €/St	6,00 €					
			DC-DC Wandler 48 V - 12 V	1 St	80,00 €/St	80,00 €					
			Arduino	1 St	30,00 €/St	30,00 €					
			Sicherung 70 A	1 St	4,00 €/St	4,00 €			120,00 €		
Summe						450,00 €	0,00 €	304,00 €	0,00 €	754,00 €	

Projektkostenplan Vorgang 5

E-XTREM3			Berechnung für die Plankosten										
Arbeitspaket / Vorgang			Kostenermittlung je Ressource			Kosten je Kostenart in €							
			Aufwand-schätzung	Verrech-nungssatz/ Preis	Kosten je Ressource in €	Personal	Betriebsmittel	Werkstoffe/ Materialien	Sonstige	Gesamt			
Vorgang 6	Rahmenbau	mechanisch	Schweißgerät	3 h	100,00 €/h	300,00 €							
			Wikelschleifgerät	3 h	20,00 €/h	60,00 €		360,00 €					
			4-Kant-Stahl (40 x 40 x 1000 mm)	9 St	10,00 €/m	90,00 €							
			4-Kant-Stahl (40 x 20 x 1000 mm)	2 St	5,00 €/m	10,00 €							
			Vorderachse Rasenmäher	1 St	100,00 €/St	100,00 €							
			Fußablage	2 St	40,00 €/St	80,00 €							
			Aufhängung Vorderrad	2 St	50 €/St	100,00 €			380,00 €				
			Montage Techniker	6 h	90,00 €/h	540,00 €	540,00 €						
			Summe						540,00 €	360,00 €	380,00 €	0,00 €	1.280,00 €

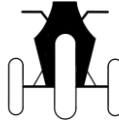
Projektkostenplan Vorgang 6

E-XTREM3			Berechnung für die Plankosten								
Arbeitspaket / Vorgang			Kostenermittlung je Ressource			Kosten je Kostenart in €					
			Aufwand-schätzung	Verrech-nungssatz/ Preis	Kosten je Ressource in €	Personal	Betriebsmittel	Werkstoffe/ Materialien	Sonstige	Gesamt	
Vorgang 7	Zubehör	mechanisch	Schutzblech	3 St	25,00 €/St	75,00 €					
			Griff	1 St	5,00 €/St	5,00 €					
			Gurt	1 St	25,00 €/St	25,00 €			105,00 €		
			Montage Techniker	2 h	90,00 €/h	180,00 €	180,00 €				
		elektisch	Frontscheinwerfer	1 St	100,00 €/St	100,00 €					
			Rücklicht	2 St	25,00 €/St	50,00 €			150,00 €		
			Summe						180,00 €	0,00 €	255,00 €

Projektkostenplan Vorgang 7

E-XTREM3			Berechnung für die Plankosten								
Arbeitspaket / Vorgang			Kostenermittlung je Ressource			Kosten je Kostenart in €					
			Aufwand-schätzung	Verrech-nungssatz/ Preis	Kosten je Ressource in €	Personal	Betriebsmittel	Werkstoffe/ Materialien	Sonstige	Gesamt	
Vorgang 8	Bereifung	mechanisch	Vorderrad	2 St	100 €/St	200,00 €					
			Mantel vorne	2 St	25,00 €/St	50,00 €					
			Mantel hinten	1 St	80,00 €/St	80,00 €					
			Schlauch vorne	2 St	5,00 €/St	10,00 €					
			Schlauch hinten	1 St	10,00 €/St	10,00 €					
			Felgenreifen	1 St	35,00 €/St	35,00 €			385,00 €		
			Montage Techniker	2 h	90 €/h	180,00 €	180,00 €				
			Summe						180,00 €	0,00 €	385,00 €
Gesamtsumme						2.610,00 €	800,00 €	3.197,00 €	0,00 €	6.607,00 €	

Projektkostenplan mit Gesamtsumme Vorgang 8



Netzplan A5

