

Diplomarbeit

Höhere Technische Bundes- Lehr- und Versuchsanstalt Salzburg
Abteilung für Elektrotechnik

Entwicklung eines emissionsfreien Sportmotorrades

Entwicklung der Zentralsteuerung / Projektleitung

Martin Kronberger 5AHET Betreuer: Dipl.-Ing. (FH) Johannes Ferner

Entwicklung des Antriebssystems

Jakob Lackner 5AHET Betreuer: Prof. Dipl.-Ing. MBA Adolf Reinhart

Entwicklung des Akkusystems

Simon Kern 5AHET Betreuer: Prof. Dipl.-Ing. Reinhold Benedikter

Entwicklung der mechanischen Komponenten

Tobias Schmeisser 5AHET Betreuer: Prof. Dipl.-Ing. Peter Lindmoser

Höhere Technische Bundeslehr-
und Versuchsanstalt Salzburg
Itzlinger Hauptstraße 30
A-5022 Salzburg
www.htl-salzburg.ac.at



Eidesstaatliche Erklärung

Wir erklären an Eides statt, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht haben. Wir versichern, dass wir dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin oder einem Beurteiler) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt haben.

Gendererklärung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Diplomarbeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewendet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

Martin Kronberger

Ort, Datum

Jakob Lackner

Ort, Datum

Simon Kern

Ort, Datum

Tobias Schmeisser

Ort, Datum

Vorwort

In immer mehr Großstädten werden Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren verboten. Viele Motorräder und Autos können nicht mehr produziert werden, da sie die immer strenger werdenden Abgasnormen nicht mehr einhalten können und das Thema der Klimaerwärmung wird immer präsenter und immer mehr Menschen versuchen ihren „carbon footprint“ zu verkleinern.

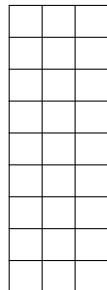
Doch leider gibt es für Motorradfahrer zumeist keine wirklichen alternativen, um für ihr Hobby auf eine emissionsfreie Alternative umzusteigen. Denn zumeist ist das Preis-Leistungsverhältnis, oder auch das Produkt selbst, nicht sehr einladend. Daher ist unser Ziel die Entwicklung in diesem Bereich voranzutreiben und dadurch den Markt zu vergrößern, wodurch immer mehr und bessere Produkte angeboten werden können.

Danksagung

TEXT DANKSAGUNG

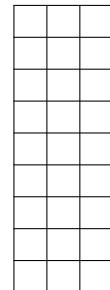
DIPLOMARBEIT

DOKUMENTATION



DIPLOMA THESIS

DOCUMENTATION



Erklärung

Die unterfertigten Kandidaten haben gemäß §34 (3) SchUG im Verbindung mit §22 (1) Zi. 3 lit. b der Verordnung über die abschließenden Prüfungen in den berufsbildenden mittleren und höheren Schulen, BGBl. II Nr. 70 vom 24.02.2000 (Prüfungsordnung BMHS), die Ausarbeitung einer Diplomarbeit mit der umseitig angeführten Aufgabenstellung gewählt. Die Kandidaten nehmen zur Kenntnis, dass die Diplomarbeit in eigenständiger Weise und außerhalb des Unterrichtes zu bearbeiten und anzufertigen ist, wobei Ergebnisse des Unterrichtes mit einbezogen werden können. Die Abgabe der vollständigen Diplomarbeit hat bis spätestens

03.04.2020

beim zuständigen Betreuer zu erfolgen. Die Kandidaten nehmen weiters zur Kenntnis, dass gemäß §9 (6) der Prüfungsordnung BMHS nur der Schulleiter bis spätestens Ende des vorletzten Semesters den Abbruch einer Diplomarbeit anordnen kann, wenn diese aus nicht beim Prüfungskandidaten / bei den Prüfungskandidaten gelegenen Gründen nicht fertiggestellt werden kann.

Kandidaten / Kandidatinnen	Unterschrift
Martin Kronberger	
Jakob Lackner	
Simon Kern	
Tobias Schmeisser	

Prof. Dipl.-Ing. Reinhold Benedikter
Prüfer

Dipl.-Ing. (FH) Johannes Ferner
Prüfer

Prof. Dipl.-Ing. MBA Adolf Reinhart
Prüfer

Lindmoser, Prof. Dipl.-Ing. Peter
Prüfer

Prof. Dipl.-Ing. (FH) Roland Holzer
Abteilungsvorstand

Dipl.-Ing. Dr.techn. Franz Landertshamer
Direktor

Inhaltsverzeichnis

I Einführung	2
1 Projektteam	2
2 Projektbetreuer	3
3 Aufgabeneinteilung	3
II Einleitung	5
1 Motivation	5
2 Zielsetzung	6
3 Topologie des Gesamtsystems	7
4 Leitfaden	7
III Stand der Technik	8
1 Steuereinheiten	8
2 Bussysteme	8
3 Kühlung	9
3.1 Thermodynamische Grundlagen	9
3.2 Technische Anwendung	10
3.3 Funktionsweise	10
3.4 Einsatzgebiete	10
3.5 Beispiele	10
3.6 Wasserkühlung	11
3.6.1 Wasserkühlung bei elektronischen Geräten	11
3.6.2 Wasserkühlung in Personal Computern	11
3.7 Luftkühlung	12
3.7.1 Luftkühlung bei Personalcomputern	12
3.8 Ölkühlung	12
3.9 Aktive Kühlung	13
3.9.1 Aufbau	13
3.10 Passive Kühlung	13
4 Schutzarten Elektrischer Betriebsmittel	14
5 Solid Edge	15
5.1 Erklärung	15
IV Mechanische Umsetzung	17
1 Gehäuse	17
1.1 Anforderung an das Gehäuse	17
1.2 Dimensionierung	18
1.3 Gewicht	18
1.4 Gesamtgewicht des Zero-Emission-Power-Bikes:	18
1.5 Festlegung der Maße	18
1.6 Material	18
2 Getriebe	20
2.1 Aufgabe des Getriebes	20
2.2 Das Getriebe	20
3 Akkupacks	31
3.1 Akkupack Vorderseite	31

3.2	Akkupack Motorblock	32
3.3	Akkupack Mitte	32
4	Akkukühlung	33
4.1	Warum eine Kühlung notwendig ist	33
5	Zusammenbau	34
V	Human-Computer Interaction System	36
VI	Antriebsstrang	37
VII	Akku und Ladekonzept	38
VIII	Hergebnis	39
A	Arbeitsnachweis	40
1	Zeitplan	40
2	Kosten	40
B	Programmier-Code	41
C	CAD-Zeichnungen	42
D	Solid Edge Simulationen	54
E	Schaltpläne	69
	Literaturverzeichnis	69
	Abbildungsverzeichnis	70
	Tabellenverzeichnis	72
	Codeverzeichnis	73

Kapitel I

Einführung

1 Projektteam



Martin Kronberger



Jakob Lackner



Simon Kern



Schmeisser Tobias

2 Projektbetreuer

Prof. Dipl.-Ing. Reinhold Benedikter

unterstützte Jakob Lackner bei der Entwicklung des Akku- und Ladesystems

Dipl.-Ing. (FH) Johannes Ferner

unterstützte Martin Kronberger bei der Entwicklung des Human-Computer Interaction Systems

Prof. Dipl.-Ing. MBA Adolf Reinhart

unterstützte Jakob Lackner bei der Entwicklung des Antriebssystems

Lindmoser, Prof. Dipl.-Ing. Peter

unterstützte Tobias Schmeisser bei der Entwicklung der mechanischen Komponenten

3 Aufgabeneinteilung

Martin Kronberger

- Projektleitung
- Projektfindung und Projektplanung
- Projektaufteilung
- Erstellen der Einreichdokumente
- Entwickeln der Hardware des Human-Computer Interaction Systems
- Entwickeln der Software des Human-Computer Interaction Systems
- Planung und Umsetzung der elektrischen Installation
- Verfassen der Dokumentation

Jakob Lackner

- Projektleitung
- Projektfindung und Projektplanung
- Projektaufteilung
- Entwicklung des Antriebssystems
- Entwicklung der Software des Motorsteuergerätes
- Erstellen der Einreichdokumente
- Verfassen der Dokumentation

Simon Kern

- Projektleitung
- Projektfindung und Projektplanung
- Projektaufteilung
- Entwicklung des Akkusystems
- Erstellen der Einreichdokumente
- Verfassen der Dokumentation

Tobias Schmeisser

- Projektleitung
- Projektfindung und Projektplanung
- Projektaufteilung
- Entwicklung der mechanischen Komponenten
- Entwicklung der Getriebemechanik
- Erstellen der Einreichdokumente
- Verfassen der Dokumentation

Kapitel II

Einleitung

1 Motivation

Seit kurzem ist die E-Mobilität unter anderem ein neuer schulautonomer Schwerpunkt in der Abteilung Elektrotechnik, an der HTBLuVA-Salzburg. Passend zu diesem Schwerpunkt ergab sich die Idee ein Projekt zum Bereich E-Mobilität zu realisieren, um zukünftige Schüler daran zu interessieren. Die E-Mobilität umfasst Elemente aus der Mechanik, Elektrotechnik, Kunststofftechnik und Informatik, das Projekt sollte so viele wie möglich davon abdecken und darstellen können. Gleichzeitig soll das Projekt, eine Art von Prototyp für neu entwickelte Elektromotorräder sein und nicht nur als Abschlussprojekt dienen.

Das Umdenken der Gesellschaft von Verbrennungsmotoren auf Elektromotoren hat zur Folge, dass alltägliche Maschinen immer öfter mit Elektromotoren ausgestattet werden. Motorräder in dieser Größenordnung sind bis dato nicht vorhanden oder erhältlich. Es sind einige Firmen mit der Entwicklung dieser beschäftigt und es werden immer öfter neue Produkte präsentiert, doch diese Zeitalter ist erst am Anfang und benötigt noch Zeit.

Für die Herstellung eines zugelassenen Motorrades ist der Umfang einer Diplomarbeit, aus zeitlichen, sowie budgetären Gründen nicht realisierbar und aus diesem Grund Ist diese Projekt ein Prototyp eines vielleicht zukünftigen Elektro-Sport-Motorades, welches die Verwirklichung des Systems wiedergeben soll.

2 Zielsetzung

Ziel dieses Projektes war ein funktionierendes Motorrad, ohne Licht, Hupe oder sonstigen Zusatzfunktionen. Es sollte einfach das System funktionieren, welches die Fortbewegung ermöglichen soll. Das Betriebssystem soll Funktionsfähig und die Versorgung über die Akkus sichergestellt sein.

Am Ende soll ein fahrtüchtiges Elektromotorrad mit den selben Fähigkeit, wie das Original das Ergebnis sein. Das Gewicht sollte wenn möglich reduziert, aber niemals erhöht werden. Die Zulassung wird in den darauffolgenden Jahren mit der Erweiterung von Licht, Hupe, und so weiter in der Studienzeit erlangt werden. Diese Projekt soll das Interesse des Projektteams an einer Entwicklung eines solchen Produkts bei Firmen zeigen, um aus diesen Prototypen einmal ein Produkt werden lassen zu können.

Die Allgemeinen Funktionen sind die allbekannten. Fahren mit Spitzen bis zu 130 km/h, Bremsen, ABS. Bei elektrischen Antrieben kann die Bremsleistung beim bergabfahren wieder in den Akku eingespeist werden. Diese Funktion nennt sich Rekuperation und wird bei Elektroautos schon verwendet und soll natürlich auch bei dem Elektromotorrad vorhanden sein.

3 Topologie des Gesamtsystems

4 Leitfaden

Kapitel III

Stand der Technik

1 Steuereinheiten

2 Bussysteme

3 Kühlung

Bei dem Vorgang der Kühlung oder Abkühlung, wird einem System Wärme, oder thermische Energie entzogen. (Deshalb auch Entwärmung genannt) Unter Kühlung versteht man die Übertragung von Wärme einer technischen Komponente, an die Umwelt. Dieses Phänomen wird oft beabsichtigt hervorgerufen, um bestimmte temperaturabhängige Eigenschaften erreichen und erhalten, aber auch Systeme vor Überhitzung schützen zu können. Durch Isolierungen, wie beispielsweise bei Häusern, kann unerwünschter Wärmeentzug zu einem gewissen Teil verhindert werden.

3.1 Thermodynamische Grundlagen

Der Entzug von Wärme geht bei Feststoffen und Flüssigkeiten durch Wärmeübertragung entsprechend einem Temperaturgradienten vonstatten. Die wesentlichen Prozesse sind dabei Wärmeleitung und Wärmestrahlung, eingeschränkt auch die Konvektion. Da all diese Prozesse spontan ablaufen und folglich entsprechend den Grundgesetzen der Thermodynamik einen Temperaturausgleich zur Folge haben, kann eine künstlich erwünschte Kühlung eines Gegenstandes gegen einen Temperaturgradienten nur unter hohem Energieaufwand erfolgen.

Insgesamt wird dies jedoch immer mit einer Erhöhung der Gesamtentropie und damit im Regelfall einer Umwandlung Energieformen höherer Ordnung in thermische Energie resultieren. Eine Kühlung im Sinne einer Reduzierung der thermischen Energie eines abgeschlossenen Systems ist daher nicht möglich, was sich in der Praxis zum Beispiel darin äußert, dass auch Kühlschränke letztlich die Temperatur (der Umgebung) erhöhen und nicht senken, wenn dies auch lokal der Fall sein mag.

Die entscheidenden Einflussfaktoren sind dabei durch Wärmeleitkoeffizient, Wärmeübergangskoeffizient und Wärmekapazität gegeben. Bei Flüssigkeiten spielt die Wärmeleitung und Wärmestrahlung ebenfalls eine Rolle, hinzu kommt jedoch die Konvektion als wesentlicher Prozess des Temperaturausgleichs. Dieser dominiert hingegen bei Gasen, wobei diese allgemein nur sehr schlecht über Prozesse der Wärmeleitung abkühlen. Sie unterliegen jedoch verschiedenen Gasgesetzen, wodurch vor allem der adiabatischen Abkühlung und dem Joule-Thomson-Effekt eine große Rolle zukommt.

3.2 Technische Anwendung

Kühlsysteme können nach dem verwendeten Wärmeträgermedium unterteilt werden. Die geläufigsten Arten der Kühlung sind:

- Wasserkühlung und
- Luftkühlung.
- Ölkühlung z. B. im Automotor und in Hydrauliksystemen (hydraulischen Antrieben)
- Natriumkühlung in Kernkraftwerken
- Kühlung durch Peltier-Elemente Kühlung von Prozessoren

3.3 Funktionsweise

Eine Kühlung basiert meist auf der Übertragung der Wärme (Wärmeleitung) vom zu kühlendem Körper zum Kühlstoff (Gas oder Flüssigkeit) und deren Abtransport (Wärmeströmung). Bei manchen Anwendungen mit engen Platzverhältnissen (innerhalb eines Computers oder HiFi-Verstärkers) werden zum Abtransport Heatpipes verwendet. Bei den meisten Motoren wird eine spezielle Kühlflüssigkeit eingesetzt.

3.4 Einsatzgebiete

Kühlungen werden in fast allen technischen Geräten, die sich erwärmen, eingesetzt. Zumeist wird jedoch eine passive Kühlung, das heißt die Abgabe der Wärme über Kühlkörper an die umgebende Luft, genutzt. Das bekannteste Beispiel ist der Kühlschrank zur Konservierung von Lebensmitteln. In Kfz wird meist eine Wasserkühlung benutzt, in Computern kommen überwiegend Luftkühlungen zum Einsatz. Ein weiteres großes Einsatzgebiet ist zum Beispiel die Klimaanlage.

3.5 Beispiele

- Kühlsysteme von Kraftwerken und chemischen Prozessen
- Kühlung in der Klimatechnik
- Öl- und Ladeluftkühler im Turbodiesel-Motor
- Abgaskühlung in AGR-Systemen (zur Emissionsreduzierung (NOx))
- Wasserkühlung eines Automotors
- Luftkühlung eines Prozessors

Zu Kühlung siehe auch [5, 1]

3.6 Wasserkühlung

Bei einer Wasserkühlung (Flüssigkeitskühlung), wird Wasser als primäres Kühlmittel verwendet wird. Die Wasserkühlung kann sehr vielseitig eingesetzt werden. Wasser wird als Kühlung in Elektro- wie auch in Verbrennungsmotoren, Hochöfen, Stromrichtern, Kraftwerken, Computern und noch vielen weiteren Anwendungen verwendet.

3.6.1 Wasserkühlung bei elektronischen Geräten

Seit 1930 werden die röhrenbestückten Endstufen von Hochleistungssendern mit Wasser gekühlt. Da hierbei hohe elektrische Spannungen zum Einsatz kommen, kann nur destilliertes deionisiertes Wasser zum Einsatz kommen. Dieses gibt in einem Wärmeübertrager seine Wärme an einem zweiten Kreislauf ab, in dem das Wasser keinen besonderen Reinheitsanforderungen genügen muss, da es mit keinen spannungsführenden Komponenten in Kontakt kommt.

Bei Hochleistungsröhren wird die Siedekondensationskühlung angewandt. Bei dieser Technik sind Dampferzeugung und Kondensation räumlich nicht voneinander getrennt. Das Kühlmittel durchfließt den Kühlkanal, der mit zur Anodeninnenseite hin orientierten Nuten ausgestattet ist. Der in diesen Nuten entstehende Dampf gerät in den Hauptkühlkanal, wo er verwirbelt wird und wieder kondensiert. Da sich dieser Vorgang bei Temperaturen von über 100 °C abspielt, und den Aggregatzustand flüssig zu gasförmig nutzt, können mit diesem Kühlverfahren auf Grund der dafür notwendigen Verdampfungswärme auch bei relativ kleinen Röhren große Wärmemengen abgeführt werden. Moderne, halbleiterbestückte Sender haben keine Wasserkühlung mehr. Wasserkühlung wird auch in der Leistungselektronik angewandt. Zum Beispiel für Stromrichter in Anlagen der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung oder für Traktionsstromrichter in Schienenfahrzeugen.

3.6.2 Wasserkühlung in Personal Computern

Wasserkühlungen werden auch in modernen PC-Systemen zur leisen und effektiven Kühlung einzelner Komponenten eingesetzt. Dabei wird am häufigsten der Hauptprozessor gekühlt. Weitere Komponenten, die in den Kühlkreislauf eingebunden werden können, sind Grafikkarten, Hauptplatinenchipsätze, Festplatten, Netzteile, Spannungswandler und auch RAM-Bausteine. Wasserkühlungen für PCs sind in PC-Moddingkreisen sehr verbreitet. Mittlerweile ist ein großer Markt um Wasserkühlungen entstanden. Die Vorteile einer Wasserkühlung sind zum einen die effektive Kühlung der Hardware mit für Modder und Overclocker wichtigem Übertaktungsspielraum der CPU durch verbesserte Wärmeabfuhr. Zum anderen arbeitet die Kühlung fast lautlos, da auf dem Radiator (Wärmeübertrager) große, langsam drehende Lüfter eingesetzt oder auch passive Radiatoren ohne Lüfter verwendet werden können. Außerdem erhöht sich in der Regel die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der mit Wasser gekühlten Komponenten. Je nach verwendeter Pumpe kann die Wasserkühlung eine der stromsparendsten Kühlungsmethoden sein. Nachteilig ist der erheblich größere Installationsaufwand, die vergleichsweise hohen Kosten und der Wartungsbedarf. Häufig führt der Verzicht auf den Einsatz von Gehäuselüftern dazu, dass einzelne Komponenten überhitzten, die nicht in den Kühlkreislauf einbezogen werden können. Je nach Anzahl der verbauten Komponenten kann ein größerer Platzbedarf im Gehäuse erforderlich sein. Reines destilliertes Wasser besitzt verglichen mit allen anderen natürlichen Stoffen, die bei Zimmertemperatur flüssig sind, den höchsten Wärmeleitkoeffizienten und ist daher erste Wahl beim Bau einer Flüssigkühlung.

Zu Wasserkühlung siehe auch [8]

3.7 Luftkühlung

Durch Luftkühlung wird die Oberfläche von wärmeerzeugenden Objekten wie elektronischen Bauelementen der Leistungselektronik, Verbrennungsmotoren und Klimaanlagen durch daran vorbei strömende Luft gekühlt. Die zur Luftkühlung notwendige Luftbewegung kann entweder durch Konvektion, Gebläse oder bei Fahrzeugen durch den Fahrtwind bewirkt werden. Das zu kühlende Objekt steht frei oder wird kanalisiert umflossen. Häufig ist das zu kühlende Objekt auch mit Kühlrippen oder einem Kühlkörper als Wärmeübertrager versehen, die durch eine größere Oberfläche einen größeren Wärmeabfluss ermöglichen.

3.7.1 Luftkühlung bei Personalcomputern

Im Verhältnis zur Baugröße geht - insbesondere bei Prozessoren ab der Klasse Intel 486/66 - mit der kommerziell wirtschaftlich zur Verfügung stehenden Technologie eine große Wärmeentwicklung einher. Leistungsstarke Mikrochips, wie sie in aktuellen PCs verwendet werden, erzeugen erhebliche Verlustwärmе, die überwiegend durch eine Luftkühlung abgeführt wird. Zweck ist, eine thermische Überlastung der Chips zu verhindern.

Da die gesamte Aufnahmleistung in Wärme umgesetzt wird, wurde zunächst die Betriebsspannungen der wärmeerzeugenden Komponenten reduziert. Ferner werden in aktuellen Prozessoren Teile des Rechenwerkes bei Nichtgebrauch in der Taktfrequenz reduziert oder ganz abgeschaltet. Trotzdem reichte die natürliche Wärmeabfuhr durch Strahlung und Konvektion nicht mehr aus, so dass die thermisch wirksamen Oberflächen erst durch den Einsatz von Kühlkörpern gekühlt wurden und dann - weil immer noch nicht ausreichend - die mögliche Wärmeabfuhr durch Einsatz von elektrisch betriebenen Ventilatoren vergrößert wurde (vgl. Prozessorkühler).

Das am stärksten gekühlte System in PCs ist die CPU, doch auch das Netzteil und seit einiger Zeit auch die Prozessoren von Grafikkarten werden luftgekühlt. Alternativ dazu kann man auch in PCs eine Wasserkühlung einbauen.

Weitere Anwendungen:

- HiFi-Verstärker
- Spanen an hygroskopischen(Feuchtigkeitziehenden) Kunststoff

Zu Luftkühlung siehe auch [2, 7]

3.8 Ölkühlung

Unter Ölkühlung versteht man eine Kühlung mit Öl. Die Ölkühlung wird hauptsächlich für leistungselektrische Geräte, wie Transformatoren angewandt, wobei das Öl auch die Funktion der Isolation übernimmt. Bei der Ölkühlung befindet sich das wärmeentwickelnde Element in einem Ölbad, welches mit einem Ausdehnungsgefäß ausgestattet ist, um Volumenschwankungen des Öls auszugleichen.

3.9 Aktive Kühlung

Bei aktiver Kühlung wird die zu kühlende Komponente mit Hilfe eines Lüfters oder einer Pumpe gekühlt.

3.9.1 Aufbau

Im Regelfall besteht eine aktive Kühlung aus folgenden Komponenten: Kühlmittel kann aus Luft, Wasser oder einer speziellen Kühlflüssigkeit bestehen, welche meist noch für eine Schmierung der Bauteile sorgt. Lüfter oder Pumpe, welcher einen Kühlmittelstrom erzeugt der den Wärmeübertrager Radiator durchströmt und das Kühlmedium auf seine Ausgangstemperatur herunterkühlt, oder aber durch den Luftstrom das zu kühlende Bauteil direkt kühlt.

Funktionsprinzip: Flüssigkühlung Das Kühlmedium (Wasser, Kühlmittel) wird mit Hilfe einer Pumpe durch diverse Leitungen an das zu kühlende Bauteil befördert. Dort umströmt es entweder das Bauteil direkt oder fließt durch einen speziellen Aufsatz am zu kühlenden Bauteil (z.B. Prozessor in einer PC-Wasserkühlung). Hierbei nimmt das Kühlmittel die Wärme des Bauteils auf und transportiert sie beim Weiterfließen ab. Das Kühlmittel fließt anschließen, (bei nur einer zu kühlenden Komponente), durch den Radiator welcher aktiv mit Lüfter, oder passiv ohne Lüfter, dafür aber größer ausgelegt sein kann.

Durch den Radiator kann das Kühlmedium die Wärme an die Umgebung abgeben. Ein Temperaturgefälle ist dazu immer notwendig; je größer das Temperaturgefälle, desto größer die Wärmemenge, die je Zeiteinheit und Fläche übertragen werden kann. Funktionsprinzip Luftkühlung

Zu Aktive Kühlung siehe auch [3]

3.10 Passive Kühlung

Bei der passiven Kühlung verwendet man das Konzept der Wärmekonvektion, um die Abwärme von Maschinen, elektrischen und elektronischen Geräten über Kühlrippen oder andere metallene Körper an die Luft bzw. Kühlflüssigkeiten abzugeben. Hierfür werden z.B. Kühlrippen bzw. Radiatoren benutzt. Diese bestehen meist aus Metall und sind typisch für eine passive Kühlung. Hierbei wird die Hitze des erwärmten Kühlmediums an die Umgebung abgegeben. Je nach Bauart werden hierfür auch Aktivkühler eingesetzt um die Kühlwirkung zu beschleunigen.

Zu Passive Kühlung siehe auch [4]

4 Schutzarten Elektrischer Betriebsmittel

Die Schutzart eines Betriebsmittels gibt an, wie gut dieses geschützt ist vor:

- Zugang von Personen zu gefährlichen Teilen innerhalb eines Gebäudes
- Eindringen von fremden Festkörpern
- Eindringen von Wasser

Die Angabe der Schutzart erfolgt in Form eines Kurzzeichens (IP-Code / International-Protection-Code) Dieser Schutz entspricht den Regeln von ÖVE/ÖNORM EN 60529 (und IEC)

Die erste Kennziffer, gibt den Schutz gegen Berührung von gefährlichen Teilen innerhalb des Gehäuses und den Schutz gegen das Eindringen von festen Fremdkörpern an. Die zweite Kennziffer gibt den Schutz gegen Eindringen von Wasser an.

Schutzart	Betriebsmittelschutz	Personenschutz	Anwendung
IP6X	staubgeschützt	gegen eindringen von Draht	Deckelverschluss der Akkupacks
IPX7	zeitweilig wasserdicht	-	Gesamtes Akkupack
IPX8	dauerhaft wasserdicht	-	Akkupack-Korpus

Tabelle III.1: Auszug IP Schutzarten

Zu Schutzarten siehe auch [6]

5 Solid Edge



Abbildung III.1: Solid Edge Logo

Dank 1,5 jähriger Ausbildung in den ersten beiden Jahren in der HTBLuVA-Salzburg, konnte als Planungs- und Berechnungsprogramm, Solid Edge verwendet werden. Es wurden alle Teile des Motorrades in diesem Programm erstellt und geplant. Bei den Seitenplatten war noch eine Berechnung der Stabilität notwendig; um die Sicherheit prüfen zu können.

5.1 Erklärung

Solid Edge ist ein 3D-Zeichenprogramm aus dem Hause Siemens. Auf einfachsten Wege, können virtuell Teile erstellt, auf Zeichenblättern für die Fertigung gedruckt und mit anderen Teilen zu Geräten miteinander verbunden werden.

Mit der Funktion "DIN Metrisch Part" können Einzelteile erstellt und dimensioniert werden. In dieser Funktion sind einige Zeichenhilfen vorhanden, die einem das Zeichnen und planen erleichtern. Unter dem Abteilung "Volumenkörper" kann festgelegt werden, wie das Teil später einmal hergestellt werden soll. Beispielsweise wäre ein Rotationsausschnitt eine Fertigungsweise, einer Drehmaschine.



Abbildung III.2: Solid Edge Volumenkörper

Mit "Bemaßen" werden Maße des Formkörpers festgelegt.



Abbildung III.3: Solid Edge Bemaßen

In der selben Funktion, lassen sich auch Berechnungen durchführen. Unter der Registerkarte Simulationen, sind alle hierfür notwendigen Werkzeuge zu finden. Mit "Strukturelle Lasten", können an den gewünschten Punkten, beliebige Arten und Größen von Kräften angelegt werden.



Abbildung III.4: Solid Edge Strukturelle Lasten

Der nächste Schritt besteht darin eine "Vernetzung" durchzuführen, um die Berechnung zu ermöglichen. Durch die Vernetzung, wird die Kontur des Bauteiles vernetzt, welche bei der Berechnung des Verhaltes des Teiles auf die Kräfte, notwendig ist.



Abbildung III.5: Solid Edge Vernetzung

Mit "Berechnen", wird die Berechnung gestartet und das Ergebnis ausgegeben. Im Ergebnis können die Verschiebung des Teiles, auftretende Spannungen und viele weitere Ergebnisse abgerufen und auch mit "Animation", animiert beobachtet und abgelesen werden.



Abbildung III.6: Solid Edge Animation

Die Funktion "DIN Metrische Zeichnung", kann das Bauteil in 2D Ansichten, für Zeichnungen umgewandelt werden, um das Bauteil fertigen lassen zu können. Die umgewandelten Ansichten können bemaßt und geschnitten werden, um ein bestmögliches Verständnis der Fertigungsabteilung zu versichern. Mit "Ansichtsassistent" kann das gewünschte Teil ausgewählt und umgewandelt werden.



Abbildung III.7: Solid Edge Zeichnungsansichten

Mit der Funktion "DIM Metrische Baugruppe", können Einzelteile zu einem virtuellen Gerät zusammengebaut werden. Hier wird unter anderem ermöglicht Simulationen von Bewegungs-, oder Getriebeabläufen zu erstellen. Durch die "Komponentenmontage" werden Beziehungen zwischen Teilen festgelegt und fixiert.



Abbildung III.8: Solid Edge Zusammenbau

@onlineKuehlung1, author = Frank Pobell, title = Möglichst nahe am absoluten Nullpunkt, year = 2008, organization = welt der physik, urldate = 21.03.2021,

@BookKuehlung2, author = Blankenbach, title = Wärmelehre, publisher = Hochschule Pforzheim, address = Pforzheim, year = 2014,

@onlineWasserkuehlung, author = Johannes Wiesinger, title = Die Flüssigkeitskühlung, year = 2019, organization = kfztech.de, urldate = 21.03.2021,

@BookLuftkuehlung1, ALTAuthor = Hans Jörg Leyhausen, title = Die Meisterprüfung im Kfz-Handwerk, publisher = Vogel Buchverlag, year = 1991, key = ISBN 3-8023-0857-3, volume = 3, number = Teil 1, address = Würzburg, edition = 12. Auflage,

@BookLuftkuehlung2, author = Jan Trommelmans, title = Das Auto und seine Technik, publisher = Motorbuchverlag, year = 1992, key = ISBN 3-613-01288-X, number = Teil 1, address = Stuttgart, edition = 1. Auflage,

@onlineAktiveKuehlung, author = Merath, title = Elektronikkühlung – Teil 2: Entwärmung mit aktiver Kühlung, year = 2020, organization = merath, urldate = 21.03.2020,

@onlinePassiveKuehlung, author = Merath, title = Kühlung von Elektronik – Teil 1: Wärmemanagement mit passiver Kühlung, year = 2020, organization = merath, urldate = 21.03.2021,

@BookIPSchutzarten, author = Ing. Sigurd Seyr Ing. Günther Rösch Ing. Hansjörg Praxmarer, title = Elektroinstallation - Blitzschutz - Lichttechnik, publisher = Jugend und Volk Westermann, year = 2016, key = ISBN 978-3-7100-3509-8, address = Wien, edition = 1004. Auflage,

Kapitel IV

Mechanische Umsetzung

1 Gehäuse

1.1 Anforderung an das Gehäuse

Da das Grundprodukt eine Ducati S4 Monster 2001 mit Verbrennungsmotor war, musste der Motor entfernt werden, um die benötigten Teile für eine Umrüstung auf E-Antrieb unterbringen zu können. Bei allen Motorrädern ist der Motorblock ein Teil des Gehäuses beziehungsweise des Rahmens. Aus diesem Grund musste, statt des Verbrennungsmotors, ein platzsparender Ersatz gefunden werden. Das neue Gehäuse muss also die, bei einer Fahrt, auftretenden Kräfte und Spannungen aufnehmen können. Die Schraubpunkte, mit denen der Rahmen des Motorrades zuvor zusammengehalten wurde, mussten ebenfalls im selben Bauteil ersetzt werden. Gleichzeitig mussten neue Schraubpunkte für Getriebe, Motor, Akkupacks, und weiteren Komponenten geschaffen werden, da sonst ein sicherer Betrieb nicht möglich wäre. Weiters sollte das neue Gehäuse einen Schlag- und Spritzschutz für die dahinter, im inneren liegenden Bauteile und Komponenten des Motorrades sein. Neben alldem soll natürlich auch der Fahrer nicht mit Körperteilen, oder sonstigen, am Körper anliegenden Gegenständen, in das Getriebe, oder beispielsweise die Motorsteuerung, gelangen können.

Zusammenfassend soll der Motorblockersatz folgendes übernehmen:

- Anfallende Kräfte in Normal-, sowie in Unfallsituationen verkraften.
- Schraubpunkte des Motorblocks ersetzen, ohne die das Motorrad in sich zusammenfallen würde.
- Neue Anschraubpunkte für Bauteile und Getriebe vorsehen.
- Schlag- und Spritzschutz für Bauteile und wichtige Komponenten, sowie Schutz für den Fahrer.

1.2 Dimensionierung

Die Dimensionierung richtete sich im Großen und Ganzen nach dem Platzbedarf der Bauteile und dem Gewicht, welches noch belegt werden darf, bis der Grenzwert erreicht ist. Nach der Wahl des Gesamtkonzepts beziehungsweise nachdem feststand, was alles für ein funktionstüchtiges Motorrad benötigt wird, könnte mit der Dimensionierung des Gehäuses begonnen werden.

1.3 Gewicht

Da die Akku-Zellen mit Abstand das schwerste am neuen Motorrad sind, musste, um nicht die Grenzwerte des vorhergehenden Motorades zu sprengen, der Rest so Gewichtsparend wie möglich geplant werden. Anstatt von Stahl konnte durch Berechnungen auch Aluminium als ausreichendes Material ausfindig gemacht werden. Da Aluminium leichter als Stahl ist, wurde neben Kosten auch Gewicht gespart.

1.4 Gesamtgewicht des Zero-Emission-Power-Bikes:

Bezeichnung	Gewicht in kg
Akkuzellen	39,200
Akkupacks	3,269
Getriebe (ohne Seitenplatte)	13,031
Seitenplatte Links	5,067
Seitenplatte Rechts	5,821
BMS	1,100
Motorsteuerung	1,200
Akkusteuerung	0,700
Sonstiges (Schrauben, Leitungen,...)	2,900
Motorrad-Grundgerüst	
Motor	19,500
Gesamt	

Tabelle IV.1: Gewichtstabelle

1.5 Festlegung der Maße

Nach Absprache mit einigen Lehrern, Maschinenbau-Ingenieuren und dem Projektteam wurde als sinnvollster Ersatz für den Motorblock, zwei Platten ausgewählt. Die Platten enthielten zu Anfang nur die je 3 Bohrungen, als Ersatz für den Rahmen. Mit Fortlauf der Zeit und des Projektes wurden immer mehr Details, vor allem an der Linken Platte vorgenommen. Nach Fertigstellung der Seitenplatten musste das Material und die Stärke ausgewählt werden. Nach einigen statischen Berechnungen, war eine 20 mm Aluminiumplatte ausreichen für die anfallenden Kräfte. Mit der Entscheidung Aluminiumplatten zu verwenden, konnten Kosten, wie auch Gewicht gespart werden.

1.6 Material

Aluminiumlegierung:	3.3547 , AlMg4.5Mn, EN-AW 5083
Dichte:	2,660 kg/dm
Wärmeausdehnungskoeffizient:	0,0000 /c
Wärmeleitfähigkeit:	0,204 kW/m-C
Spezifische Wärme:	940,000 J/kg-C
Elastizitätsmodul:	70000,000 MPa
Poissonscher Beiwert:	0,390
Streckgrenze:	270,000 MPa
Zugfestigkeit:	345,000 MPa

Tabelle IV.2: Aluminium: AlMg4.5Mn Materialdaten

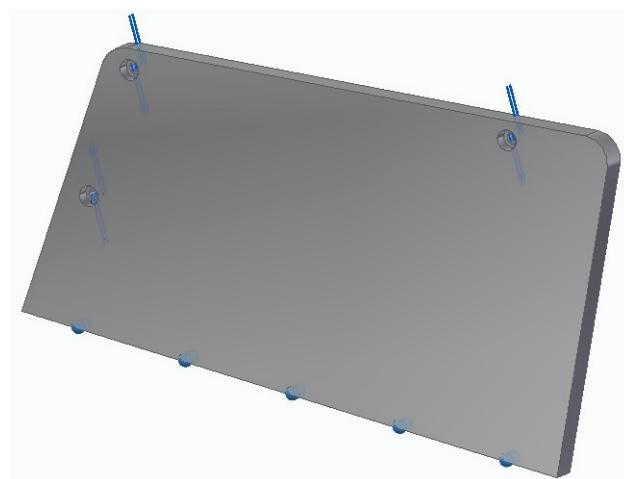


Abbildung IV.1: Seitenplatte Rechts

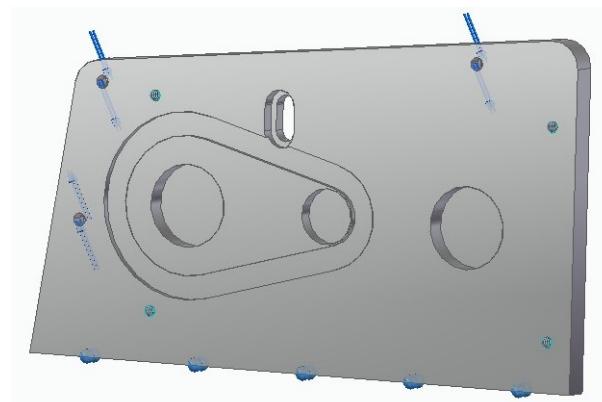


Abbildung IV.2: Seitenplatte Links Innenansicht

Neben den Platten, waren noch weitere kleinere Gehäuseteile nötig um den Rahmen neu in Betrieb zu nehmen. Dabei handelt es sich um den Achsenersatz für den Schwingarm, an dem das Hinterrad angebracht ist.



Abbildung IV.3: Wellenersatz

2 Getriebe

2.1 Aufgabe des Getriebes

Durch die hohen Umdrehungswerte des Elektromotors musste ein Getriebe diese herunterwandeln, weil ansonsten beim Start ein zu geringes Drehmoment vorhanden gewesen wäre und bei maximaler Drehzahl, eine theoretische Geschwindigkeit von gerundet 300 km/h, das Ergebnis gewesen wäre. Im Projekt wurde dieses Getriebe mit einem Kettengetriebe realisiert um ein Zahnradgetriebe zu vermeiden. Der Grund dafür wird unten näher erläutert.

2.2 Das Getriebe

Bei dem Getriebe wurde entschieden, dass kein Zahnradgetriebe verwendet werden wird, da ein solches in Öl getränkt sein muss und dafür die Getriebebox vollständig wasserdicht sein müsste. Stattdessen wurde ein Kettengetriebe als ausreichend empfunden. Nach reichlicher Recherche wurde klar, dass nicht nur eine zusätzliche Kette, sondern sogar zwei zusätzliche Ketten notwendig waren um ein Übertragungsverhältnis von 1: 9,25 zu erhalten. Die Zahnräder wären aufgrund der großen Drehmomente, der hohen Anzahl an Zähnen und des damit verbundenen Durchmessers zu groß gewesen. Somit entstand ein Fahrwerk mit insgesamt drei Ketten, sechs Kettenrädern und 2 Kettenspannern. Bei den Kettenrädern, sowie auch bei der Kette musste der Platzbedarf zu den auftretenden Kräften abgewogen werden. Die originale Kette ist eine aus der Normreihe B-1 10. Da aber in dieser Norm die Zahnräder größer sind, um größeren Kräften standhalten zu können, hätte ein größeres Getriebe eingeplant werden müssen. Nach Berechnungen könnte eine kleinere Norm ebenfalls als ausreichend befunden werden. Die maximalen Drehmomente in der Norm B-1 08, sind immer noch ausreichen für Extrem- und Alltagssituationen. Mit dieser Erkenntnis könnte wieder einiges an Platz gespart werden.

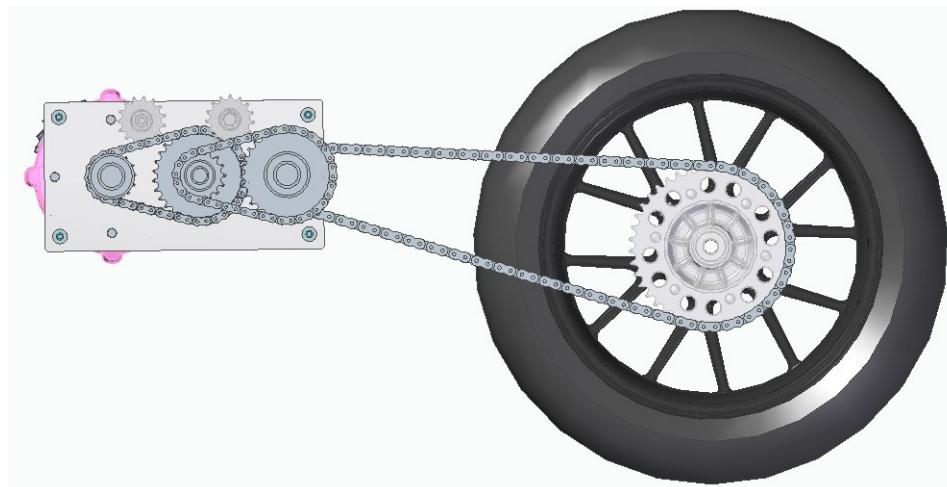


Abbildung IV.4: Getriebeansicht Seitlich

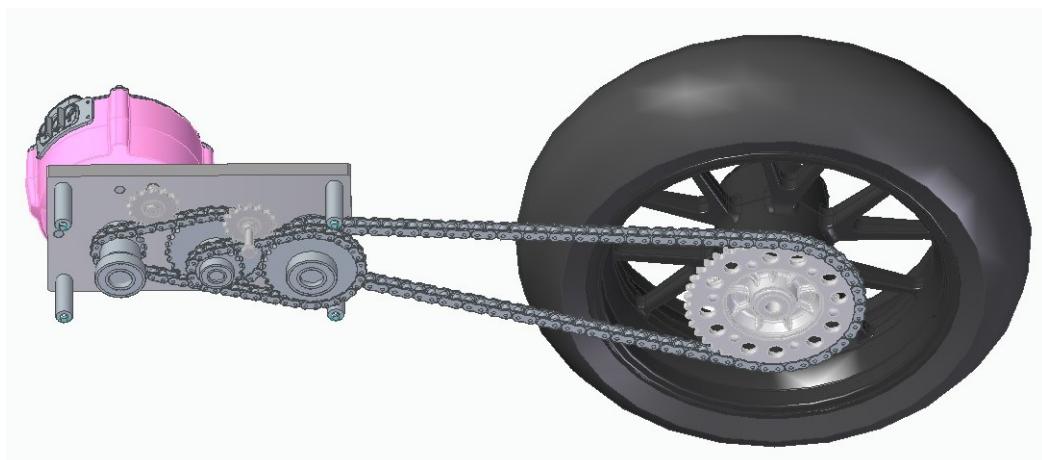


Abbildung IV.5: Getriebeansicht Schräg

Einzelteile

Die Zahnräder sind auf insgesamt 3 Achsen montiert, welche die Kraft von einem Kettenrad zum nächsten übertragen soll. Um dies zu gewährleisten, werden diese aus Stahl gefertigt, um das Risiko eines Reißens der Achse zu vermeiden. Die Zahnräder werden mit Passfedern und Schrauben an die Achse gepresst. Die Achsen sind Kugellagert in der linken Seitenplatte und der Aufbauplatte versenkt.

Achse 1 / Antriebsachse

Achse 1/Antriebsachse : Verbindet die Motorwelle mit dem ersten Zahnrad (15 Zähne B-1 08). Am anderen Ende befindet sich ein Kugellager.

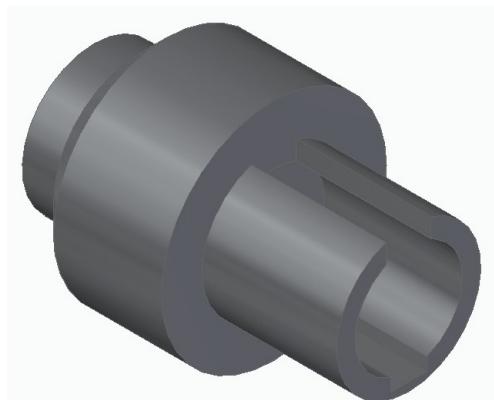


Abbildung IV.6: Achse 1/Antriebsachse

Achse 2

Am größerem Zylinder sitzt ein Zahnrad mit 30 Zähnen (B-1 08), welches mittels einer Kette mit dem ersten Zahnrad (15 Zähne B-1 08) von der 1. Achse verbunden ist. Über die Achse wird das Drehmoment und die Drehzahl auf das Nächste Zahnrad (16 Zähne B-1 08) übertragen. An beiden Enden ist jeweils ein Kugellager, wobei auf der rechten Seite, von dieser Perspektive aus gesehen, ein kleineres notwendig war, um den Kettenverlauf des Zahnrades nicht zu behindern. (Eine genauere Erklärung folgt.)



Abbildung IV.7: Achse 2

Achse 3

Dies ist die letzte Achse, bevor das Hinterrad angetrieben wird. Am größeren Zylinder befindet sich wieder ein 30-zähniges Kettenrad der Norm B-1 08 und am kleineren Zylinder ein 15-zähniges Zahnrad der Norm B-1 10. Bei dem Kettenrad mit 30 Zähnen war ein Eingriff in die

Norm-Bauform notwendig, um die Antriebskette nicht zu blockieren (Eine genauere Erklärung später). An beiden Seiten der Achse befindet sich jeweils ein Kugellager der selben Bauform.



Abbildung IV.8: Achse 3

Getriebegegenplatte und Abstandhalter

Für das Getriebe war, wie schon erwähnt, eine Gegenplatte notwendig. An diese Platte wird auch der Motor und das mittlere Akkupack befestigt. Mit 4 Schrauben und dazugehörigen Abstandhalter wird das Getriebe zusammengehalten. Die Abstandhalter sind 4 Stahlrohre mit Innendurchmesser 10 mm und Außendurchmesser 20 mm.



Abbildung IV.9: Getriebegegenplatte



Abbildung IV.10: Abstandhalter

Kettenspanner

Wenn Ketten zu schwingen beginnen, werden diese sehr schnell kaputt und beeinträchtigen das Fahrverhalten. Um diese Problem zu lösen werden bei Kettenantrieben immer Spannräder benötigt. Bei den ersten beiden Ketten, vom Motor ausgehend, ist jeweils eines vorhanden. Bei der letzten Kette kann diese am Anschraubpunkt der Hinterachse gespannt oder entspannt werden und deshalb ist kein Spannrad notwendig. Die beiden Kettenräder haben 15 Zähne und stammen aus der Norm B-1 08. Die beiden Spannräder werden mittels einer Außensechskantschraube M16 und 3 Muttern M16 befestigt. Das, vom Motor aus, erste Kettenrad ist an der Aufbauplatte montiert, dort wo auch der Motor befestigt ist. Das zweite Kettenrad ist auf der Seitenplatte befestigt. Für die Befestigung sind an beiden Platten Nuten eingefräst.



Abbildung IV.11: Kettenspanner

Kettenräder

Das Getriebe umfasst insgesamt fünf Kettenräder (ohne Antriebskettenrad an der Hinterachse) mit verschiedenen Größen, Bezogen auf die Anzahl der Zähne, aus zwei verschiedenen Normen, um das Getriebe mit an die originale Kette anpassen zu können:

ISO 08 B-1 Teilung 1/2 x 5/16"

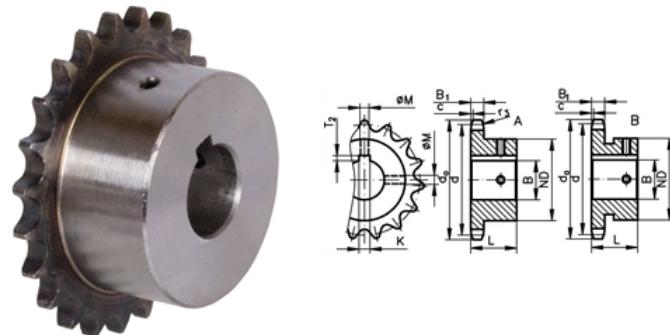


Abbildung IV.12: ISO 08 B-1

Werkstoff: Stahl C45. Zähne gefräst und induktiv gehärtet (ca. HRC 50). Einbaufertig, für diverse Wellendurchmesser. Fertigbohrung H7 -Rauwert Ra 1,6, Nut nach DIN 6885/1 auf Zahnspitze ausgerichtet, 2 Stellschraubengewinde, einmal auf Nut ausgerichtet, einmal 90° versetzt. Allgemeine Abmessungen: B1 = 7,2 mm, c = 1,3 mm, r3 = 13 mm. Weiter Daten sind aus der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Produkt	Zähne	B H7	Type	da	d	ND	L	KH9	T2	M	Gewicht
		mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
10681532	15	32	B	65,5	61,09	49	28	10	3,3	M8	0,300
10581632	16	32	A	69,5	65,10	53	28	10	3,3	M8	0,334
10583038	30	38	A	126,1	121,50	80	30	10	3,3	M8	1,219

Tabelle IV.3: Auszug Wertetabelle ISO 08 B-1

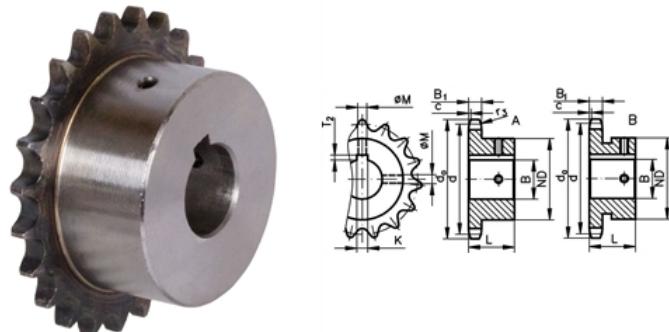
ISO 10 B-1 Teilung 5/8 x 3/8"


Abbildung IV.13: ISO 10 B-1

Werkstoff: Stahl C45. Zähne gefräst und induktiv gehärtet (ca. HRC 50). Einbaufertig, für diverse Wellendurchmesser. Fertigbohrung H7 -Rauwert Ra 1,6, Nut nach DIN 6885/1 auf Zahnspitze ausgerichtet, 2 Stellschraubengewinde, einmal auf Nut ausgerichtet, einmal 90° versetzt. Allgemeine Abmessungen: B1 = 9,1 mm, c = 1,6 mm, r3 = 16 mm. Weiter Daten sind aus der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Produkt	Zähne	B H7	Type	da	d	ND	L	KH9	T2	M	Gewicht
		mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm		kg
10681532	15	32	B	83,0	76,36	57	30	8	3,3	M6	0,501

Tabelle IV.4: Auszug Wertetabelle ISO 10 B-1

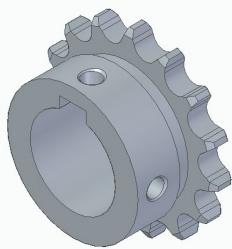


Abbildung IV.14: Kettenrad Z=15 B-1 08

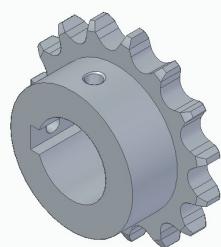


Abbildung IV.15: Kettenrad Z=15 B-1 10

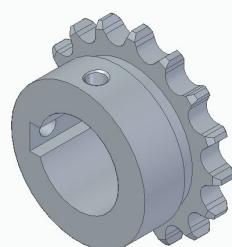


Abbildung IV.16: Kettenrad Z=16 B-1 08



Abbildung IV.17: Kettenrad Z=30 B-1 08



Abbildung IV.18: Ducati Kettenrad Z=37 B-1 10

Kugellager

Kugellager: Innendurchmesser 20 mm Außendurchmesser 42 mm Stärke 12 mm



Abbildung IV.19: Kugellager 1

Kugellager: Innendurchmesser 30 mm Außendurchmesser 62 mm Stärke 16 mm



Abbildung IV.20: Kugellager 2

Vor Beginn der Planung, muss die Verfügbarkeit der Bauteile, durch Lieferanten und Firmen sichergestellt werden. Nach fixer Zusage von Lieferanten sowie verschiedenen Firmen wurde das Getriebe unter Hochdruck geplant. Da im Getriebe sehr hohe Kräfte aufkommen, muss garantiert sein, dass alles in der Genauigkeit eines Hundertstelmillimeter passt. Ebenfalls dürfen die Zahnräder nicht an Seitenplatten anstoßen oder streifen, weil ein enorm hoher Verschleiß die Folge wäre.

Das Getriebe ist eine Spezialanfertigung, welches für dieses Projekt erstellt wurde. Alle Abstände von Zahnrad zu Zahnrad, sind so klein wie möglich. Die Befestigungspunkte für den Aufbau, sind ebenfalls mit dem geringsten Abstand zu den Kettenrädern angebracht. Durch sämtliche Optimierungen konnte Geld für das Material und Gewicht für das Motorrad gespart und dennoch ein sicherer Betrieb ermöglicht werden.

Seitenplatte mit Getriebe-Fräslungen

Diese ist die komplizierteste Platte bei diesem Projekt. Wie die rechte Seitenplatte, enthält diese auch die drei Bohrungen für die Rahmen- und Schwingarmaufhängung. Aber unter anderem ist diese auch Teil des Getriebes. Das Getriebe ist ausschließlich auf dieser Platte aufgehängt und trägt somit auch den Motor und einen Teil des mittleren Akkus. Es war ein Mittelweg zu finden, der es ermöglicht Kugellager, welche die Achsen beinhalten, Form-Fräslungen für den Verlauf von Ketten, weitere zusätzliche Bohrungen zu erstellen und noch die erforderliche Festigkeit für den Motorblock zu erhalten. Mit jeder Entfernung von Material vom Bauteil, wird seine Festigkeit verringert und damit die Gefahr eines Zusammenbruchs größer. Dieses Bauteil erforderte große Sorgfalt und genaue Planung um all dies zu vermeiden. Berechnungen (siehe Anhang).

Problemstellung des Getriebes

Wie oben schon erwähnt, musste eines der beiden 30-Zahn-Kettenräder bearbeitet werden. Wie im Bild zu sehen, würde ohne Bearbeitung die Kette zerstört werden, beziehungsweise würde das Getriebe nicht funktionieren. Es muss ein kleiner Teil weggedreht werden, um einen fehlerfreien Betrieb gewährleisten zu können.

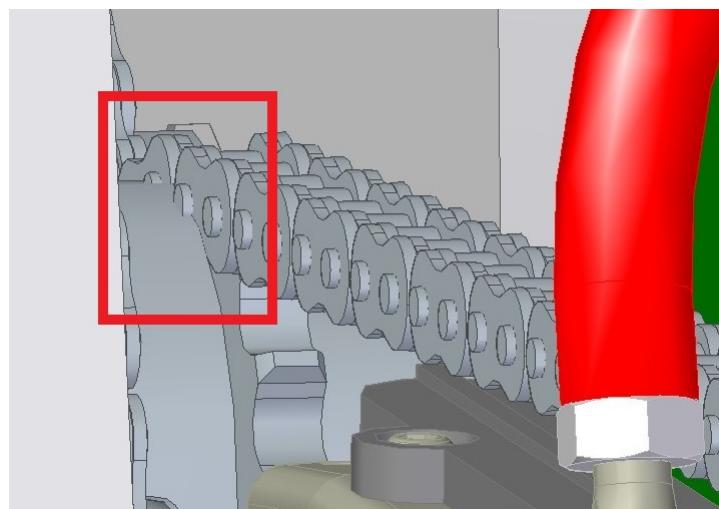


Abbildung IV.21: Getriebeproblem 1

Das zweite Problem war aufgrund eines Kugellagers, welches das selbe Problem zur Folge hätte, wie bei dem Kettenrad von oben. Die Lösung war ein kleineres Kugellager, welches einen kleineren Durchmesser hat, die Zahnscheibe des Kettenrades.

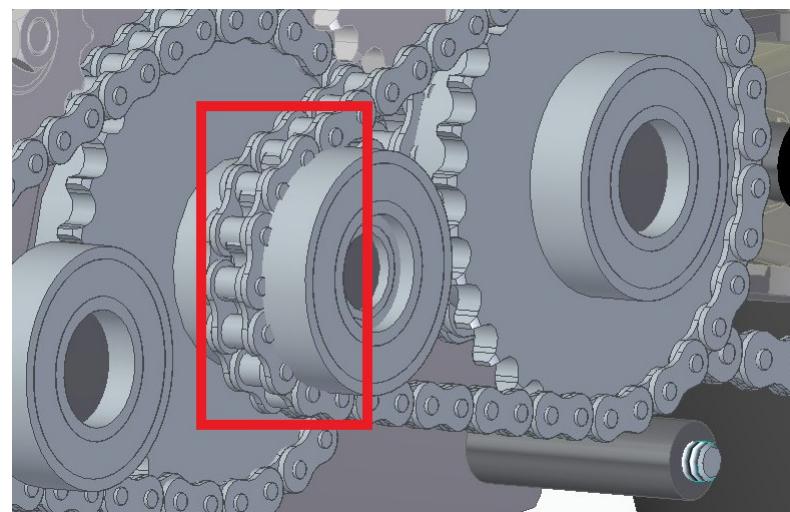


Abbildung IV.22: Getriebeproblem 2

3 Akkupacks

Als am besten geeignetes Material für die Packs ergab sich Polycarbonat. Dieses Material lässt sich verkleben und zurechtschneiden, ist dann aber doch nahezu unzerstörbar. Mit 6 mm Stärke ist das für dieses Projekt ausgewählte Material Schlagsicher. Mit 8 mm wäre es schon kugelsicher. Zudem wiegen diese Platten auch nicht sehr viel und sind daher ein perfektes Material. Die Packs sind so entworfen, dass sich ein Vielfaches von 40 Zellen einfach zusammenschließen lässt. Neben den Akkus muss natürlich auch eine Kühlmöglichkeit Platz finden. Das Design ist so erst einmal darauf ausgelegt, dass so viele Zellen wie möglich in den Packs Platz haben, sportliches Aussehen oder Design ist zweitranig.

3.1 Akkupack Vorderseite

Die vordere Akkubox beinhaltet 240 Akkuzellen. Das Design richtet sich ein wenig nach der Originalform der Ducati S4 und bildet einen Übergang auf die Seitenplatten. Befestigt wird diese Box mit Schrauben nach oben weg. Die Steuerbox und eine weitere Platte bilden ein Gegenstück für Schrauben. Um sicher gehen zu können wird die Box noch von einem Metalgurt, der unten um den Körper führt, welcher dann am Rahmen befestigt wird. Die Verbindung von Akku zur Akku- und Motorsteuerung wird mit Leitungen ermöglicht. Damit die Bohrungen für die Leitungen keine undichte Stelle wird, wird hier eine Kabelverschraubung verwendet um die Stelle abzudichten.

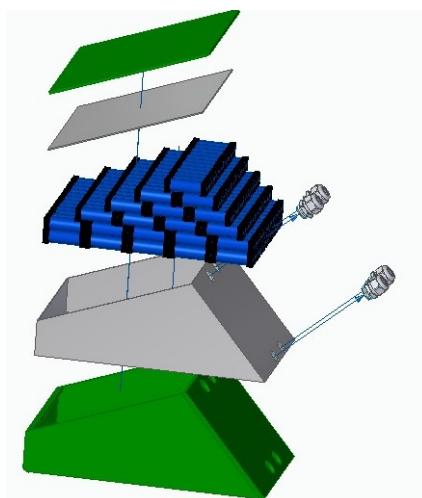


Abbildung IV.23: Akku Vorderseite

3.2 Akkupack Motorblock

Die große Akkubox in der Mitte beinhaltet 220 Akkuzellen, also um 20 zu wenig, oder zu viel. Diese 20 Zellen werden mit 20 Zellen aus der oberen liegenden Box verbunden um die gewünschte Spannung zu erreichen. Dieses Akkupack ist in den Freiraum zwischen den beiden Platten (Rechte Seitenplatte und Aufbauplatte vom Getriebe) und dem Motor eingepasst. Dieser Akku wird dann mit Schrauben an der linken und rechten Seite befestigt. Damit eine Verbindung zu dem vorderen Akku geschaffen werden kann, ist auch hier eine Kabelverschraubung notwendig, durch die die Leitung verlaufen soll.

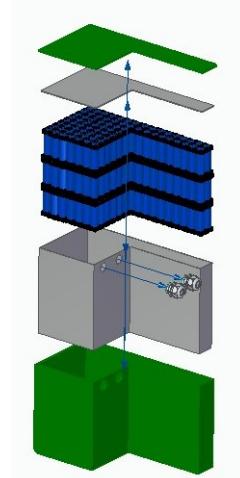


Abbildung IV.24: Akku Motorblock

3.3 Akkupack Mitte

Die kleine Akkubox in der Mitte des Motorrades, direkt unter dem Sitz, beinhaltet die oben schon erwähnten fehlenden 20 Zellen des großen Akkupacks und den Rest auf die Endsumme von 560 Zellen. Diese Box ist im Rahmen so eingepasst, dass der Platz am besten genutzt ist und der Stoßdämpfer, vom Schwingarm die Box nicht beschädigt. Die Verbindung vom oberen zum unteren Pack wird mit einer Bohrung hergestellt. Weil diese beiden Boxen gemeinsam verschraubt werden, müssen keine weiteren Dichtungsmaßnahmen vorgesehen werden.

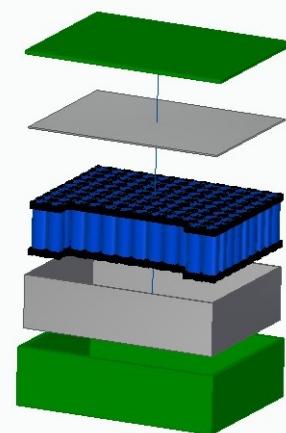


Abbildung IV.25: Akku Mitte

4 Akkukühlung

Für den Prototypen, wurde das Kühlungssystem so einfach, wie nur möglich gestaltet. Die ohnehin zu geringe Zeitvorgabe, war der Grund, warum eine Wärmeübertragungskühlung gewählt wurde. Diese Kühlungsmethode entspricht in etwa dem der Peltier-Elemente. Im Inneren der Akkupacks sind die Wände mit Aluminiumplatten ausgekleidet. Zusätzlich sind noch Platten mitten hindurch eingeplant, die verschiedene Teile des gesamten Packs unterteilen. Sämtliche Aluminiumplatten, sind thermisch und somit auch elektrisch, miteinander verbunden. Mithilfe von Leitfähigen Leitern, werden diese Kühlungen mit Teilen außerhalb des Akkus verbunden. Teile, die am Motorrad angebracht sind, werden vom Fahrtwind umströmt und dadurch gekühlt. Dieser Effekt, wird bei diesem System ausgenutzt. Die Wärmeenergie der Akkuzellen, soll also an die Umgebung abgegeben werden. Bei zukünftigen Modellen, wird ein Flüssigkeitssystem in Form einer Wasserkühlung verwendet werden, um die bestmögliche Kühlung gewährleisten zu können.

Siehe Akkukühlung im Motorblock-Pack

Siehe Akkukühlung im Mittel-Pack

Siehe Akkukühlung im Vorderseiten-Pack

4.1 Warum eine Kühlung notwendig ist

Wenn ein Akku eine gewisse Größe erreicht, muss dieser gekühlt werden, um nicht zu überhitzen. Wenn eine Akkuzelle Leistung abgibt, erwärmt sich diese. Die logische Schlussfolgerung ist nun, je mehr Akkuzellen vorhanden sind, desto größer ist die Erwärmung in diesem Raum. Es würde mit dem Fahrtwind eine Luftkühlung völlig ausreichend sein, nur die Packs sind in Boxen untergebracht. Durch die zusätzliche Hülle, um die Zellen vor Wasser, Steinschlag, oder Ähnlichem zu schützen, kann eine Luftkühlung nicht realisiert werden. Gleichzeitig wirkt die Box wie eine Isolierung, wodurch sich die Packs immer schneller erhitzen. Wenn nun keine Kühlung verwendet wird, erhitzt sich das Innere so lange, bis sich sämtliche Zellen aufzulösen beginnen. Das Polycarbonat würde extrem beansprucht werden. Wenn die Zellen immer weiter Leistung abgeben, kommt es bei Lithium-Ionen-Zellen schlussendlich zu einer Explosion. Gegen solche Fälle ist im Betriebssystem ein Warnsystem vorhanden. Ebenfalls sind Schutzeinrichtungen wie Sicherungen eingebaut, die ein solches Szenario verhindern sollen. Weil keine 100 prozentige Sicherheit für alle Fälle besteht, ist das Material, wie oben schon erwähnt, ebenfalls auf Extremsituationen ausgelegt und kann die Wärmeentwicklung für einen kleinen Zeitraum standhalten, um im schlimmsten Fall ein Entfernen vom Motorrad zu ermöglichen.

5 Zusammenbau

Die beiden Seitenplatten, sind mit jeweils 3 Sechskantschrauben mit Rahmen und dem Schwingarm verbunden. Die Schrauben werden mit Sicherheitsmuttern und einer Zulegscheibe festgeschraubt. Bei dem Ersatzteil für die Welle, ist ein Gewinde integriert.

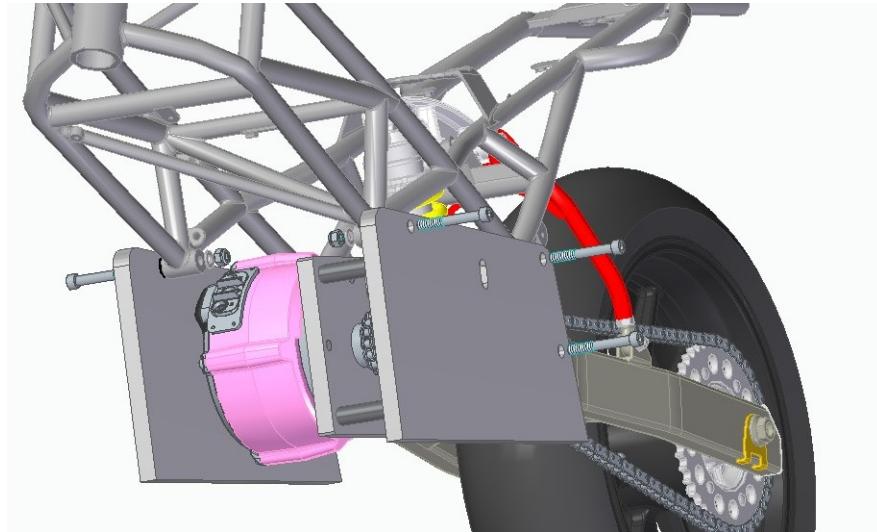


Abbildung IV.26: Befestigung der Seitenplatten

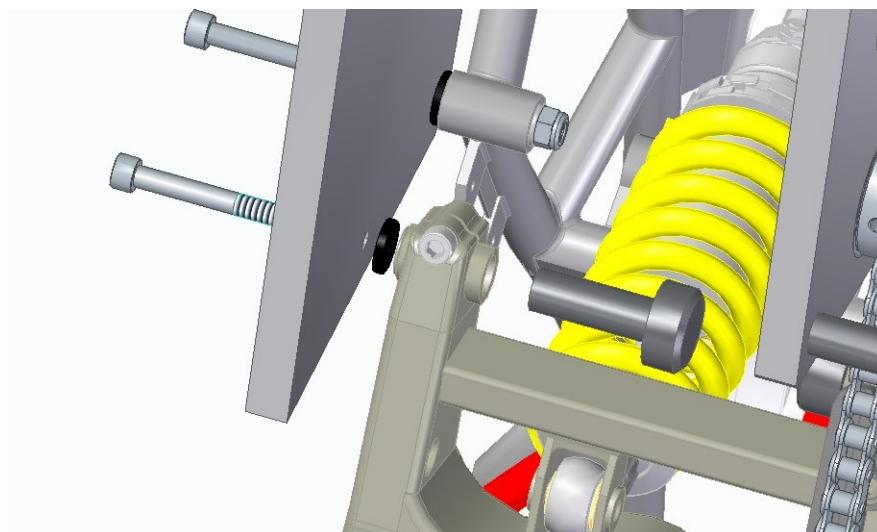


Abbildung IV.27: Befestigung des Schwingarmes

In den folgenden Bildern ist das Getriebe mit all seinen Einzelteilen abgebildet. In der Mitte die drei Achsen. Jeweils zwei beziehungsweise ein Kettenrad links und rechts der Achsen und zwischen den Kettenrädern und den beiden Aluminiumplatten noch Kugellager. sämtliche Schrauben, die das Getriebe zusammenhalten sollen, sind auch sichtbar gemacht worden.

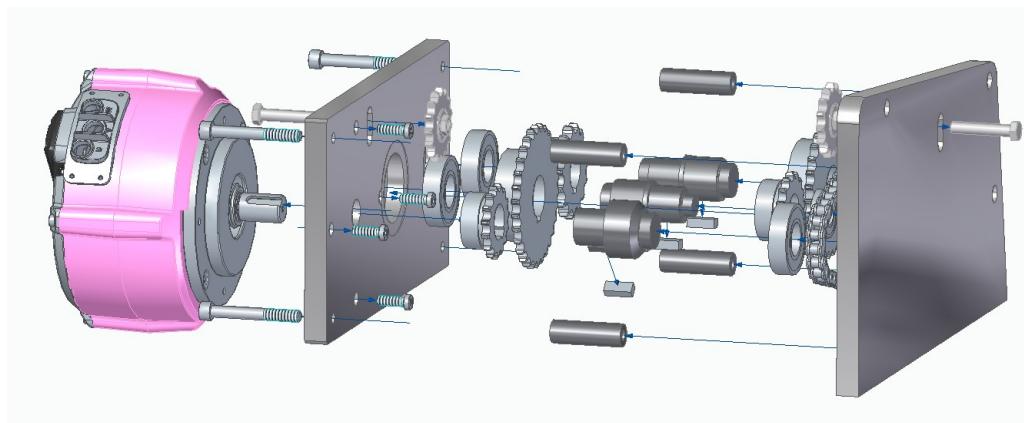


Abbildung IV.28: Explosionsansicht des gesamten Getriebes

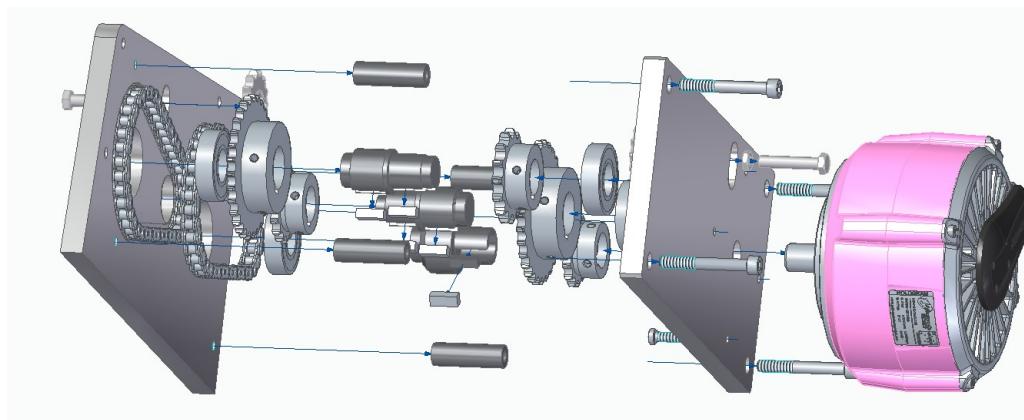


Abbildung IV.29: Detailansicht Getriebe

Kapitel V

Human-Computer Interaction System

Kapitel VI

Antriebsstrang

Kapitel VII

Akku und Ladekonzept

Kapitel VIII

Endergebnis

Anhang A

Arbeitsnachweis

1 Zeitplan

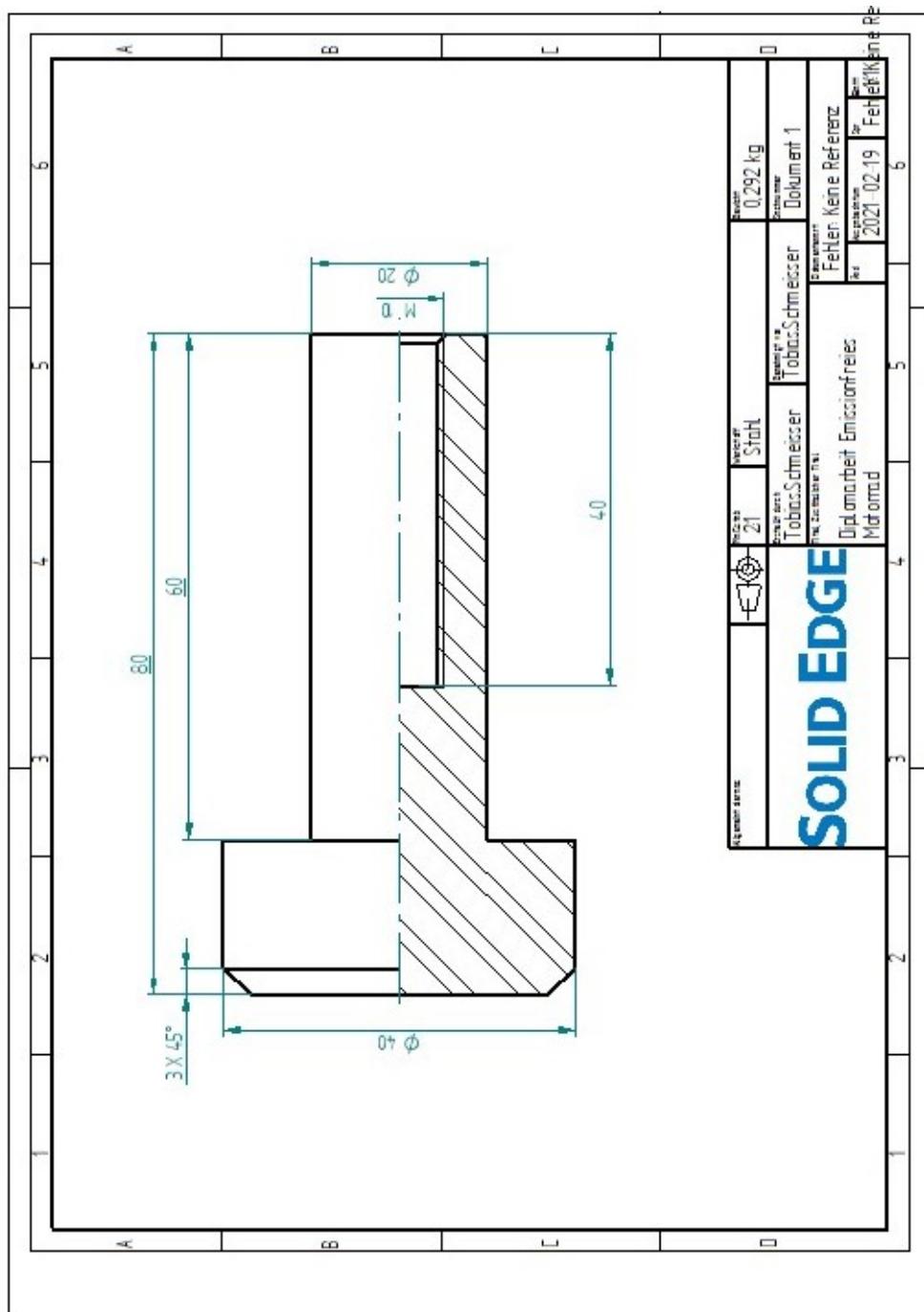
2 Kosten

Anhang B

Programmier-Code

Anhang C

CAD-Zeichnungen



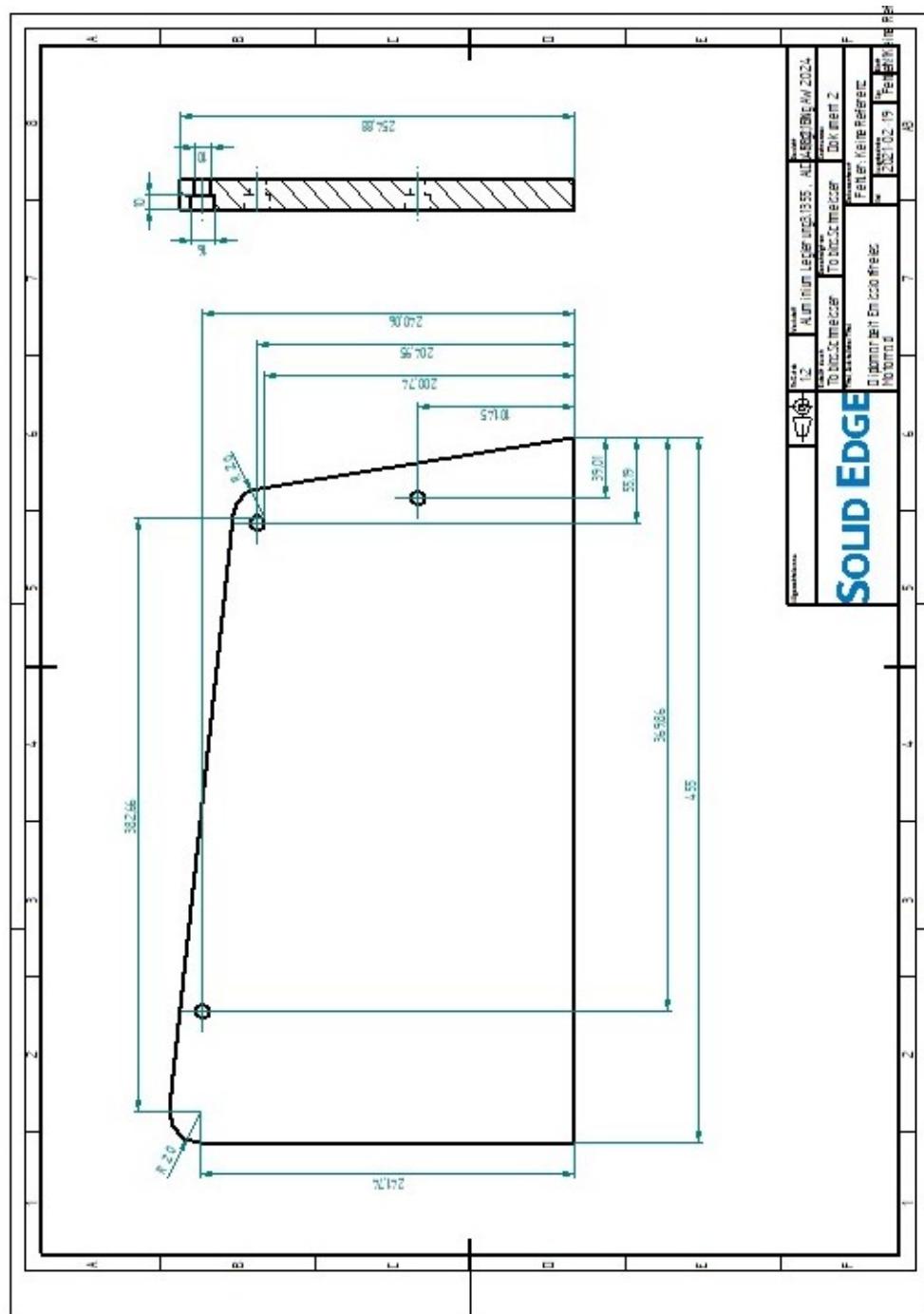


Abbildung C.2: Seitenplatte Rechts

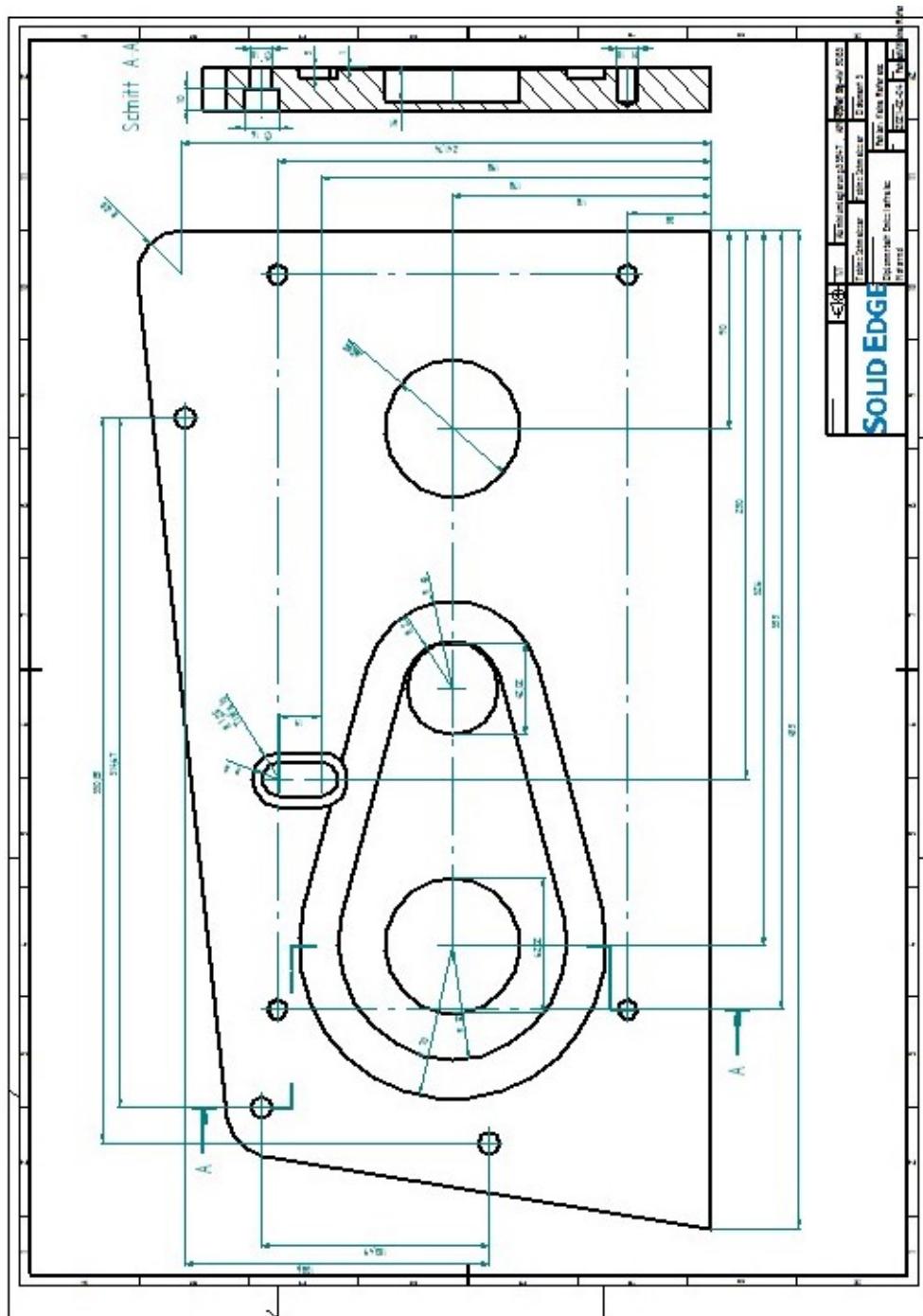


Abbildung C.3: Seitenplatte Links

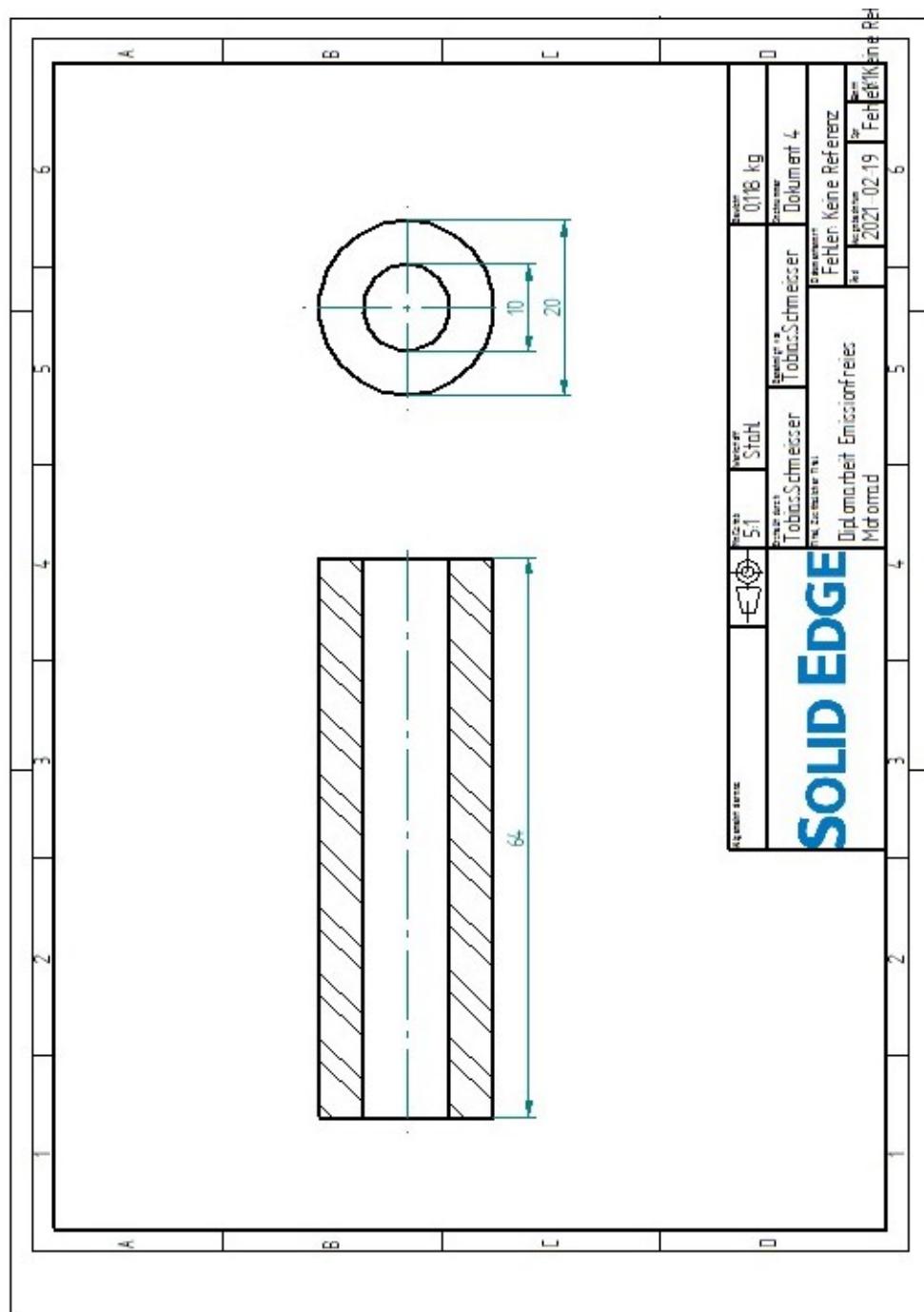


Abbildung C.4: Abstandhalter

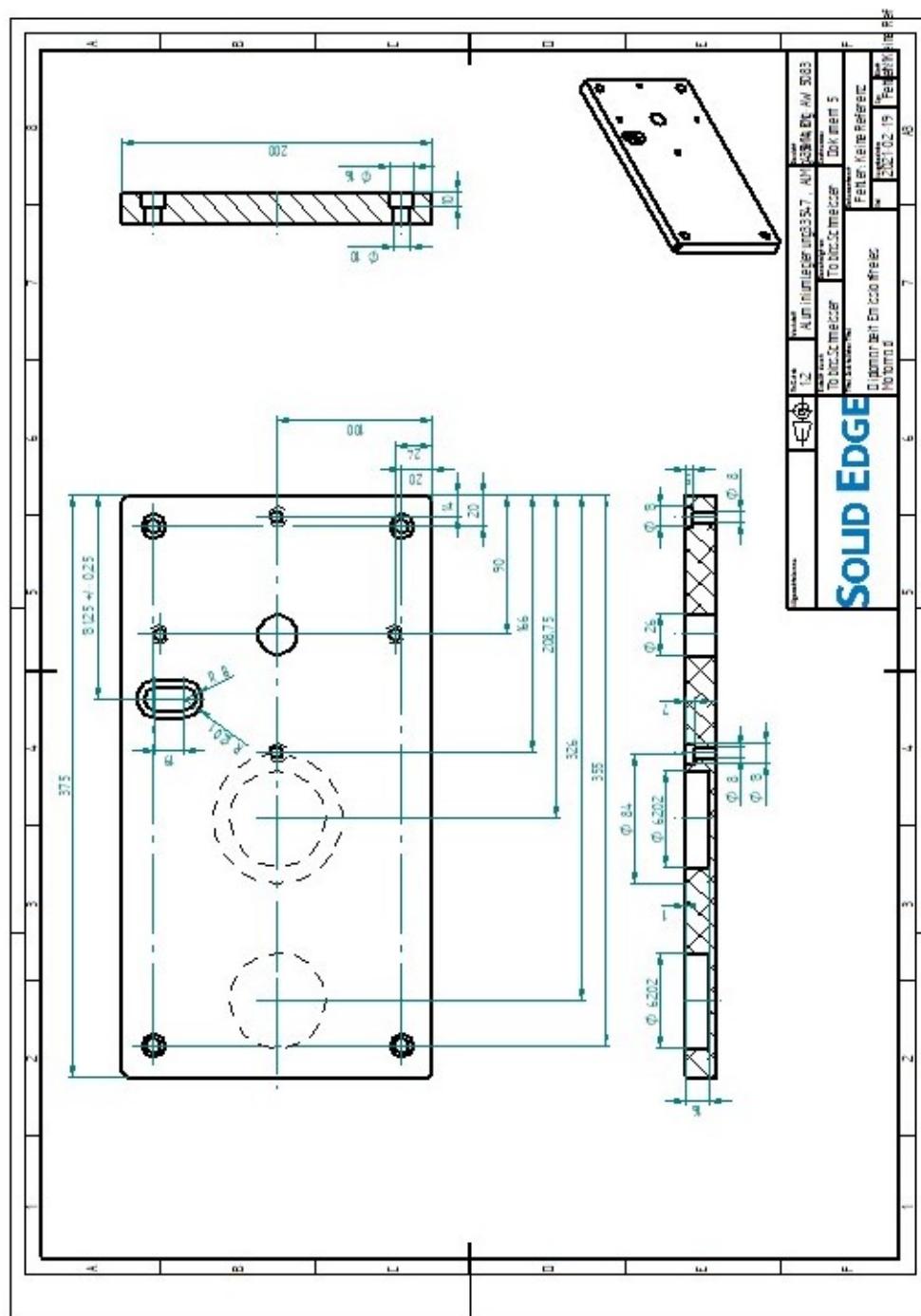


Abbildung C.5: Aufbau/Zusatzplatte

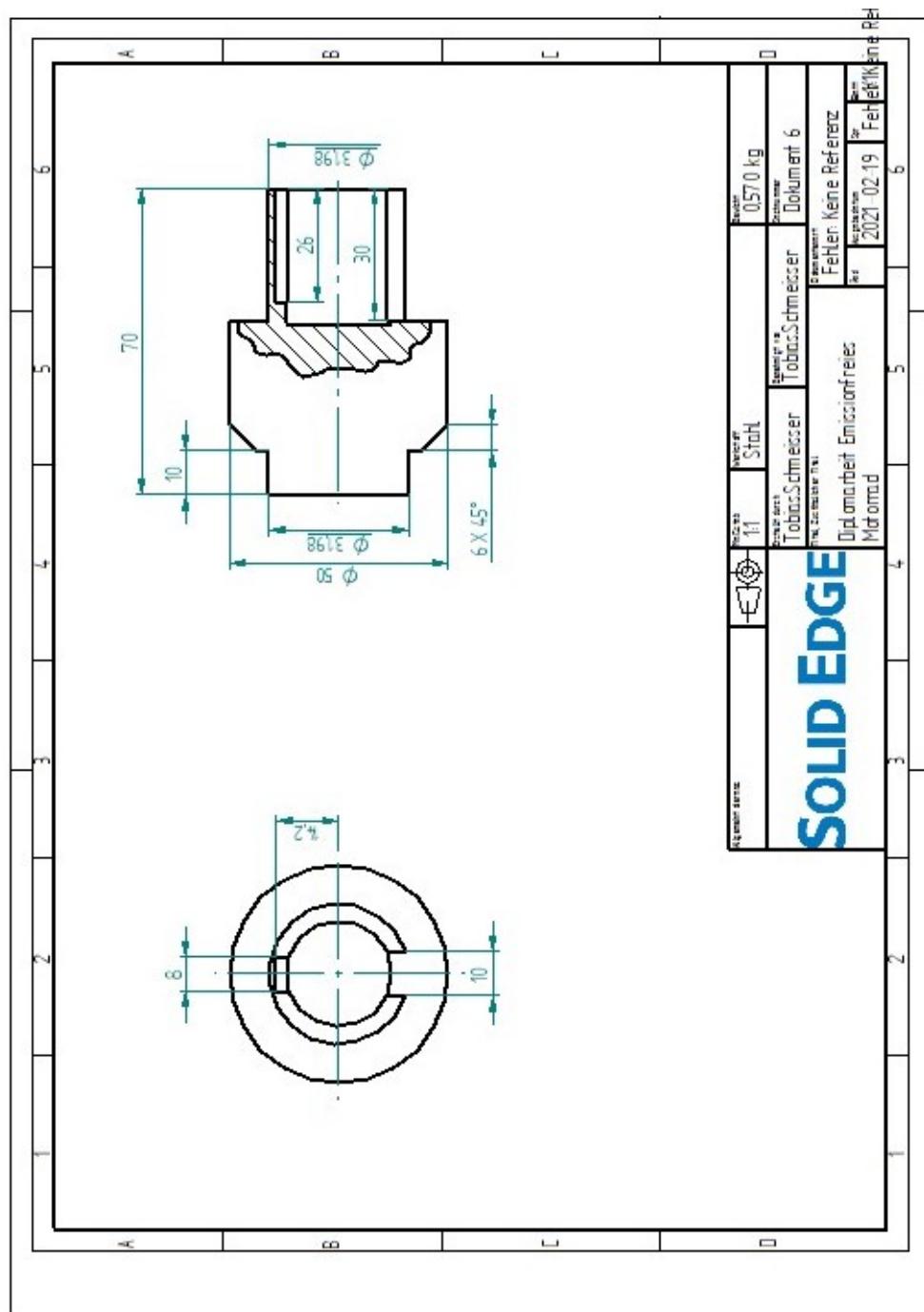


Abbildung C.6: Achse 1/Antriebsachsen

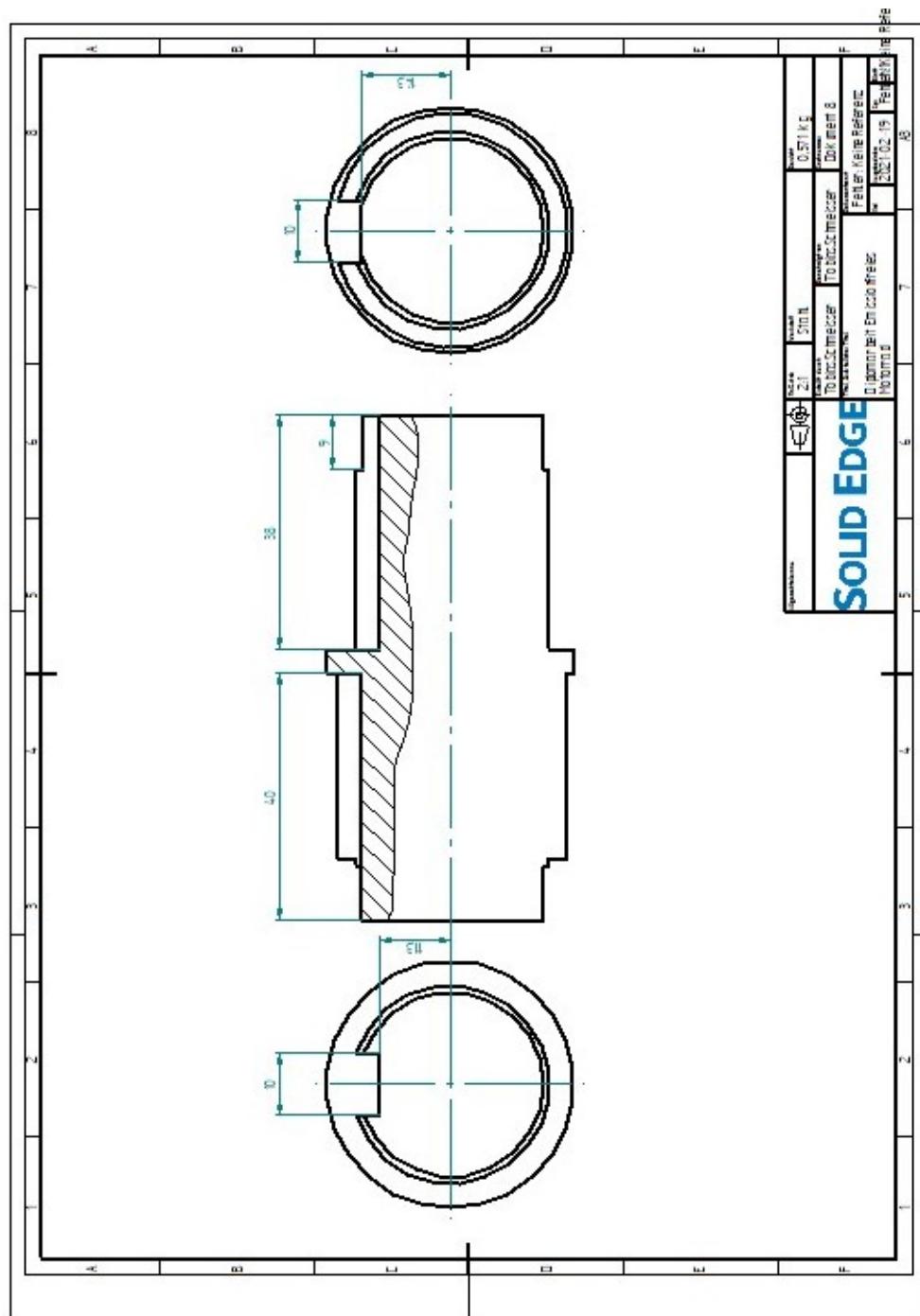


Abbildung C.7: Achse 3

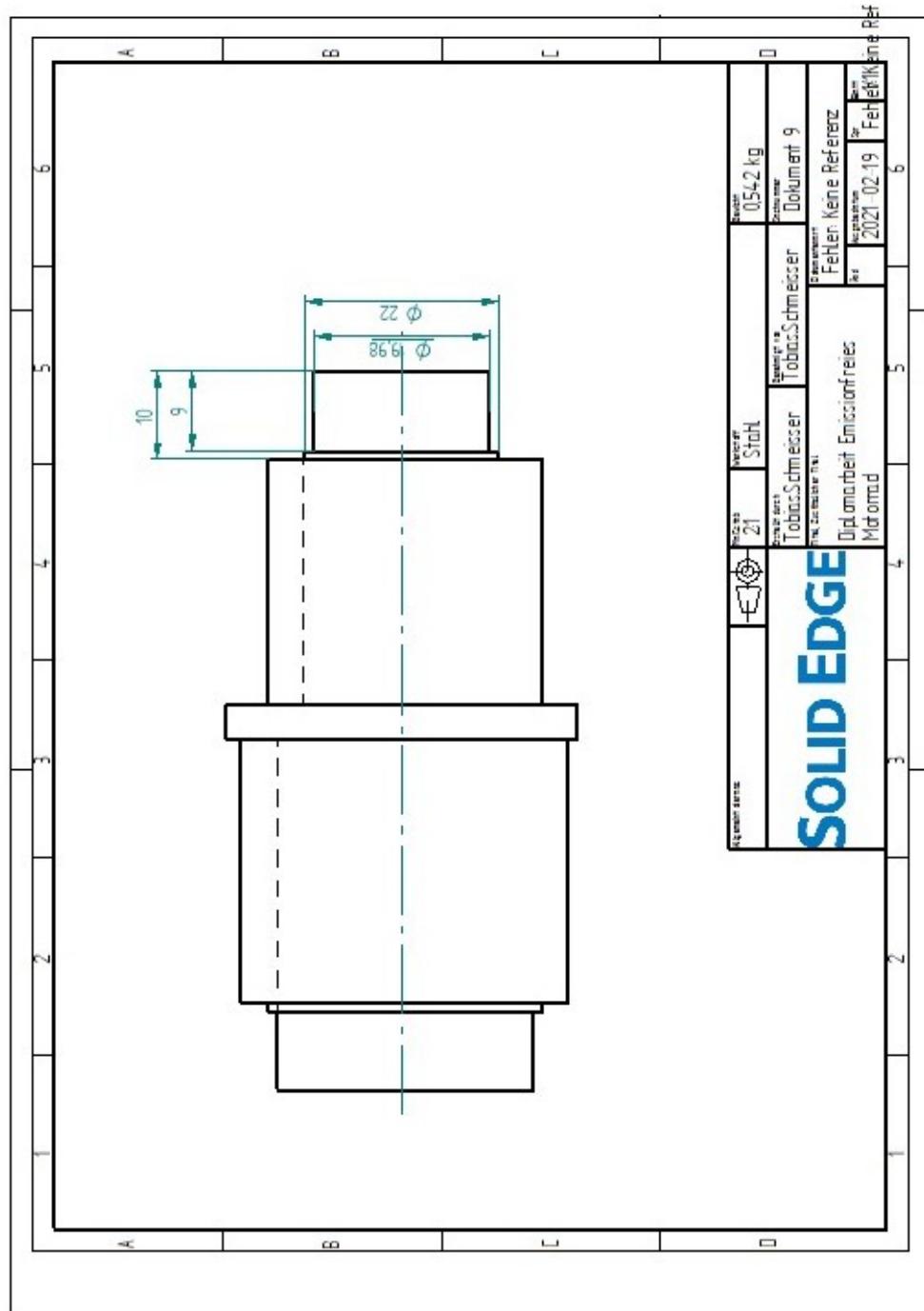


Abbildung C.8: Achse 2

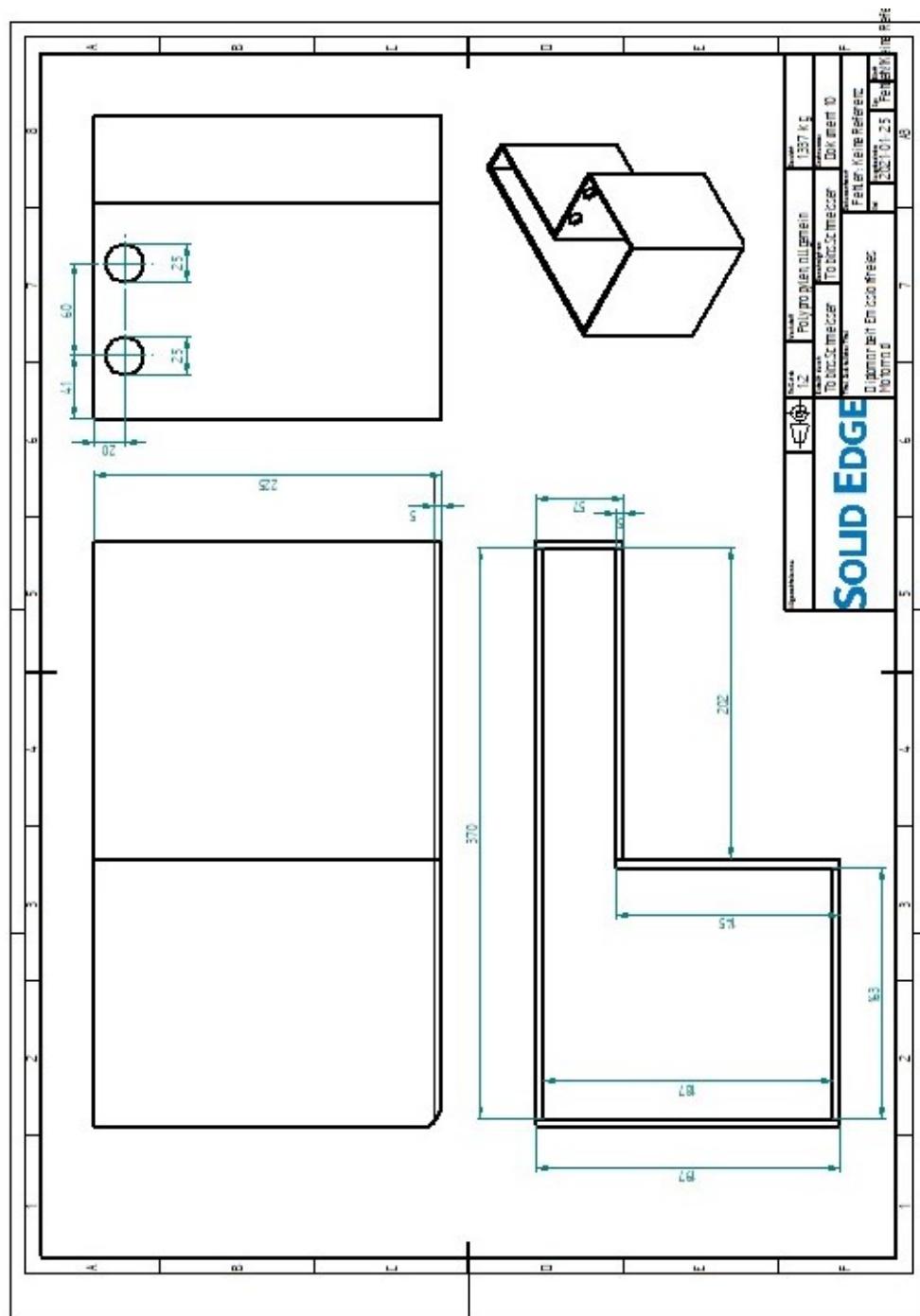


Abbildung C.9: Akkubox Motorblock

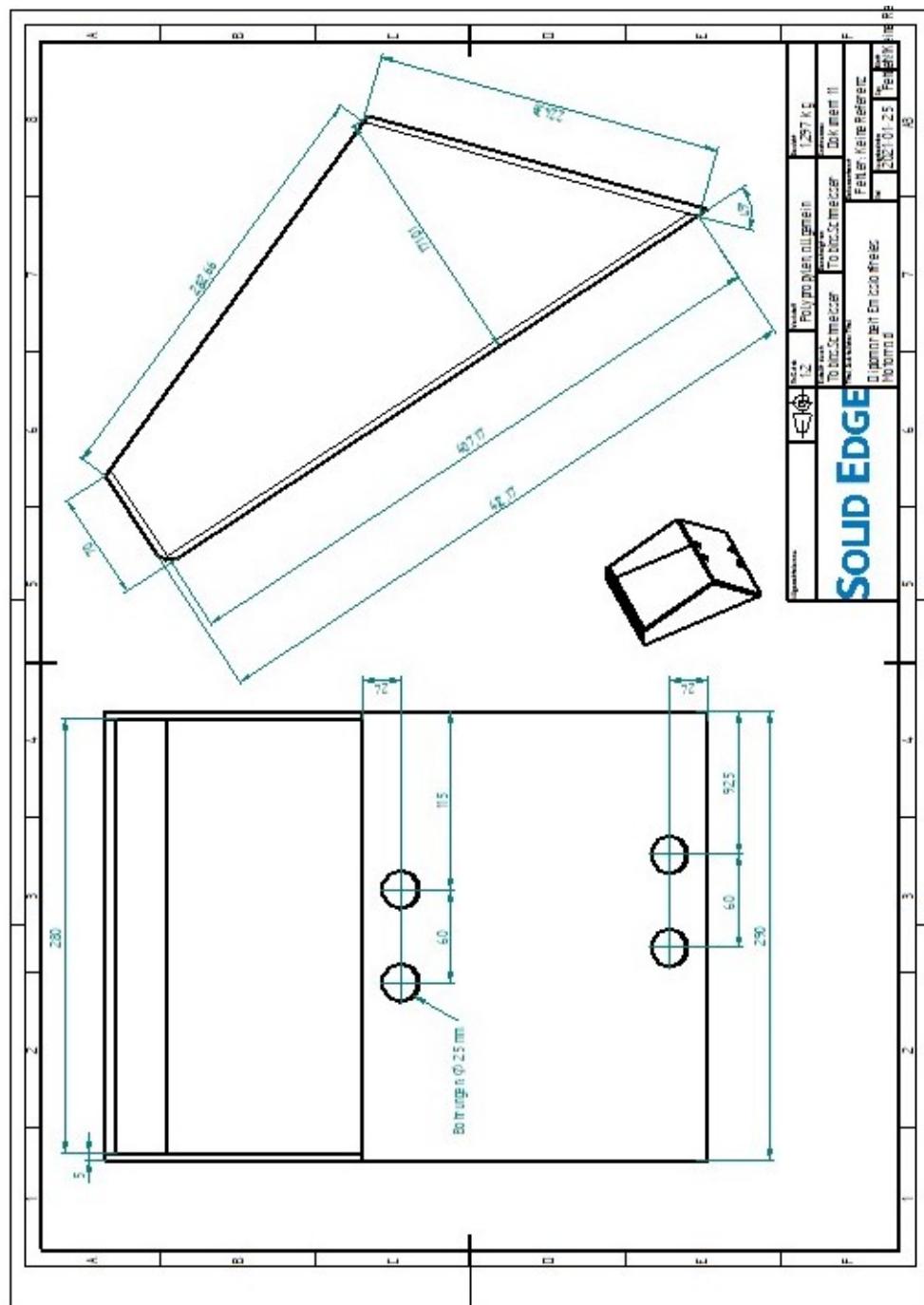


Abbildung C.10: Akkubox Vorderseite

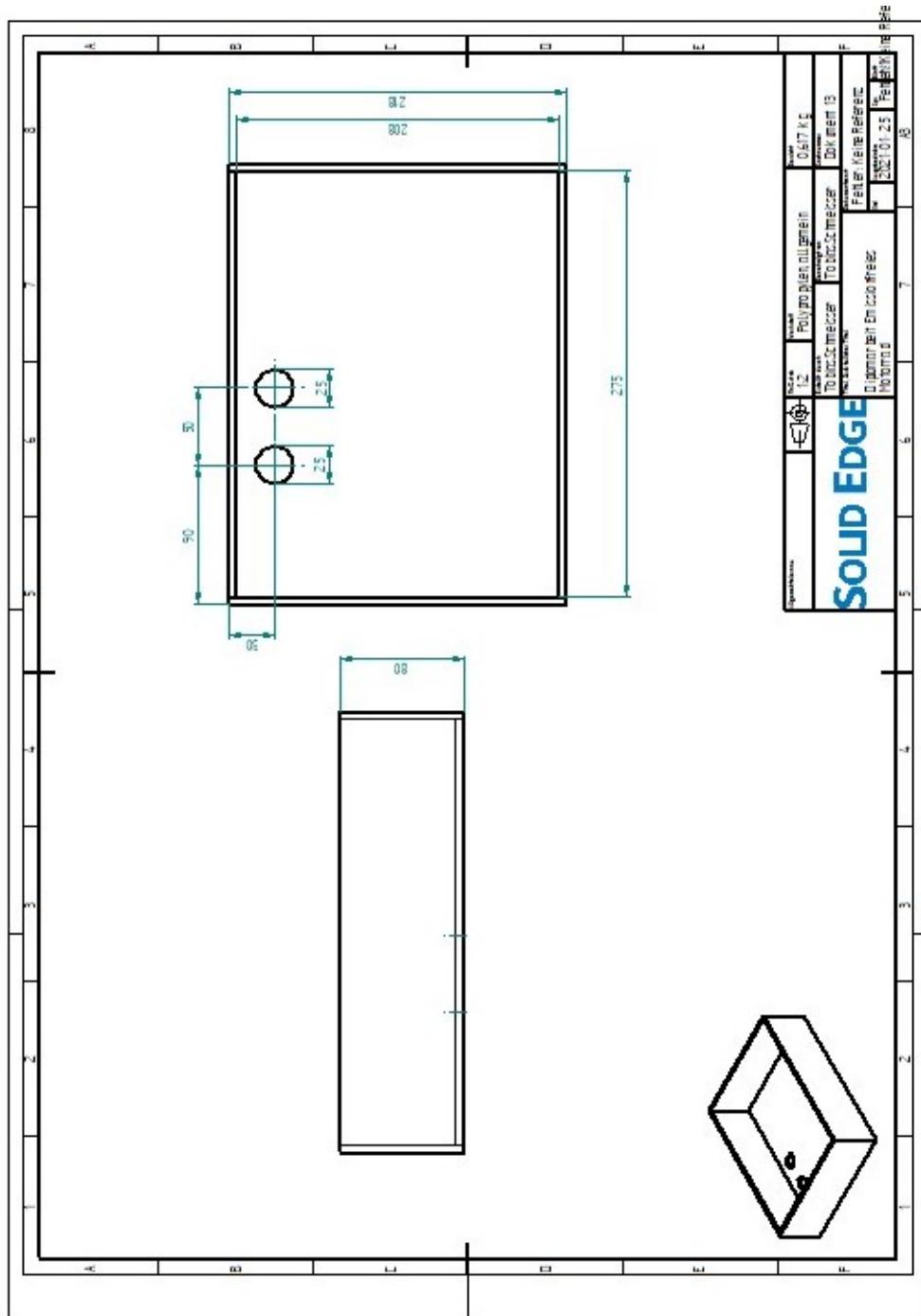


Abbildung C.11: Akkubox Mitte

Anhang D

Solid Edge Simulationen

Simulationsbericht_S Seitenplatte_Links_ALU 5754

Unternehmen

Autor

Tobias.Schmeisser

Datum

Donnerstag, 18. Februar 2021

Verwendete Software

Solid Edge (219.00.00.091 x64)

Femap (11.3.1)

Verwendeter Solver

NX Nastran (11.0)

Inhaltsverzeichnis

1. [Einführung](#)
 2. [Modellinformationen](#)
 3. [Analyseeigenschaften](#)
 4. [Berechnete Geometrie](#)
 5. [Materialeigenschaften](#)
 6. [Überschreibungseigenschaften](#)
 7. [Lasten](#)
 8. [Randbedingungen](#)
 9. [Vernetzungsinformationen](#)
 10. [Ergebnisse](#)
 11. [Optimierungen](#)
 12. [Schluss](#)
 13. [Haftungsausschluss](#)
-

1. Einführung

2. Modellinformationen

Dokument	C:\Users\Tobias.Schmeisser\Desktop\Später Löschn\Projekt\Bauteile\Seitenplatte_L\Seitenplatte_Links.par
----------	---

3. Berechnungseigenschaften

Berechnungseigenschaft	Wert
Berechnungsname	Statische Berechnung 1
Berechnungstyp	Linear statisch
Vernetzungstyp	Tetraeder
Iterativer Solver	Ein
NX Nastran-Geometrieprüfung	Ein
NX Nastran-Befehlszeile	
NX Nastran-Berechnungsoptionen	
Von NX Nastran generierte Optionen	
NX Nastran-Standardoptionen	
Option-Nur Flächenergebnisse	Ein

4. Berechnete Geometrie

4.1 Körper

Name	Material	Masse	Volumen	Gewicht
Seitenplatte_Links.par	Aluminiumlegierung:3.3535 , AlMg3, EN-AW 5754	5,106 kg	1,919 dm ³	50036,229 mN

5. Materialeigenschaften

5.1 Aluminiumlegierung:3.3535 , AlMg3, EN-AW 5754

Eigenschaft	Wert
Dichte	2,660 kg/dm ³
Wärme- Ausdehnungskoeff.	0,0000 /c
Wärmeleitfähigkeit	0,204 kW/m-C
Spezifische Wärme	940,000 J/kg-C
Elastizitätsmodul	70000,000 MegaPa
Poissonscher Beiwert	0,390
Streckgrenze	250,000 MegaPa
Zugfestigkeit	290,000 MegaPa

Bruchdehnung % 0,000

6. Überschreibungseigenschaften

7. Lasten

Nam e	Lastenty p	Lastenwer t	Lastverteilun g	Lastenrichtun g	Lastenrichtungsoptio n
Kraft 1	Kraft	Fx: 2e+06 mN, Fy: 0 mN, Fz: 4e+06 mN Fx: -2e+06	Pro Entität		Komponenten
Kraft 2	Kraft	mN, Fy: 0 mN, Fz: - 4e+06 mN Fx: -2e+06	Pro Entität		Komponenten
Kraft 3	Kraft	mN, Fy: 0 mN, Fz: - 4e+06 mN	Pro Entität		Komponenten

8. Randbedingungen

Name	Randbedingungstyp	Freiheitsgrade
Fixiert 1	Fixiert	Freie Freiheitsgrade: Keine

9. Vernetzungsinformationen

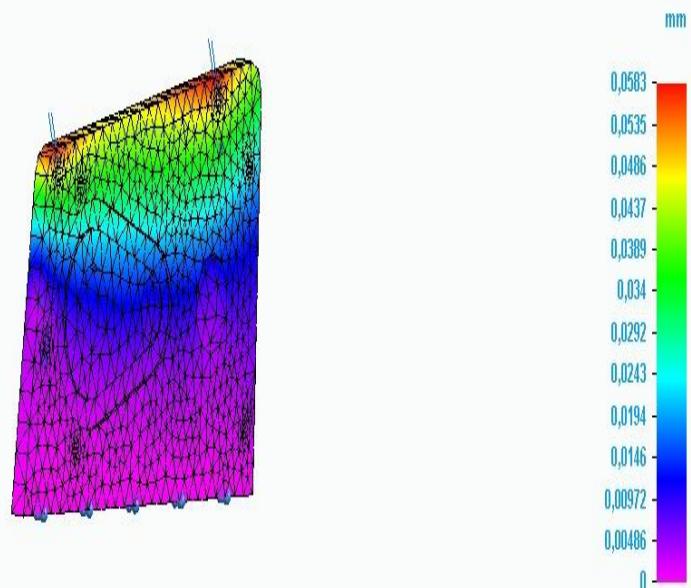
Vernetzungstyp	Tetraeder
Gesamtzahl der vernetzten Körper	1
Gesamtzahl der Elemente	6.645
Gesamtzahl der Knoten	11.781
Subjektive Netzgröße (1-10)	1

10. Ergebnisse

10.1 Verschiebungsergebnisse

Ergebniskomponente: Gesamtverschiebung					
Ausmaß	Wert	x	y	z	
Mindestwert	0 mm	11,583 mm	-0,000 mm	-231,679 mm	
Höchstwert	0,0583 mm	-57,198 mm	-0,000 mm	22,140 mm	

Seitenplatte_Links.par, Statische Berechnung 1, Aluminiumlegierung 3.3535 , AlMg3, EN-AW 5754
Verschiebung - Knoten
Kontur: Resultierende Verschiebung
Verformung: Gesamtverschiebung
Datum: Donnerstag, 18. Februar 2021 18:56

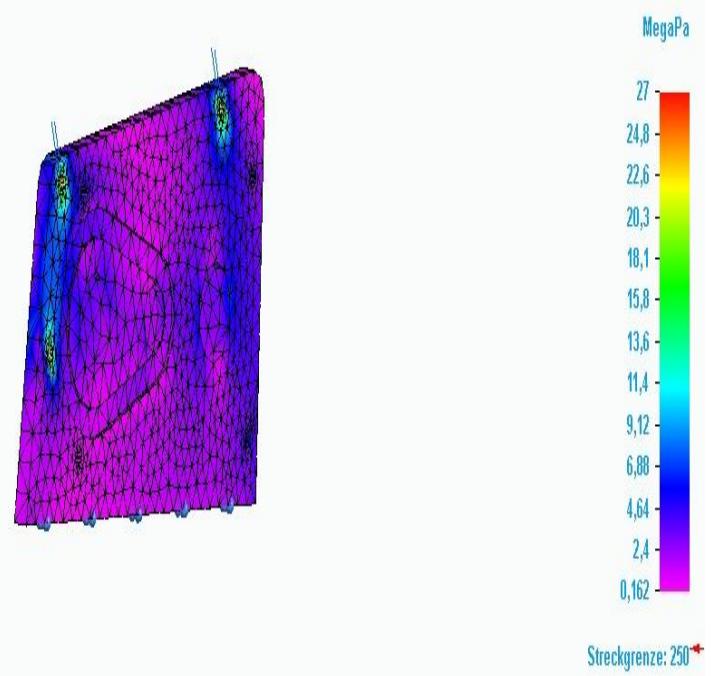


Gesamtverschiebung

10.2 Spannungsergebnisse

Ergebniskomponente: Von Mises					
Ausmaß	Wert	x	y	z	
Mindestwert	0,162 MegaPa	-145,584 mm	-0,000 mm	24,940 mm	
Höchstwert	27 MegaPa	252,593 mm	-0,000 mm	-26,734 mm	

Seitenplatte Links.par, Statische Berechnung 1, Aluminiumlegierung:3.3535 , AlMg3, EN-AW 5754
Spannung - Elemente
Kontur: Von Mises
Verformung: Gesamtverschiebung
Datum: Donnerstag, 18. Februar 2021 18:56

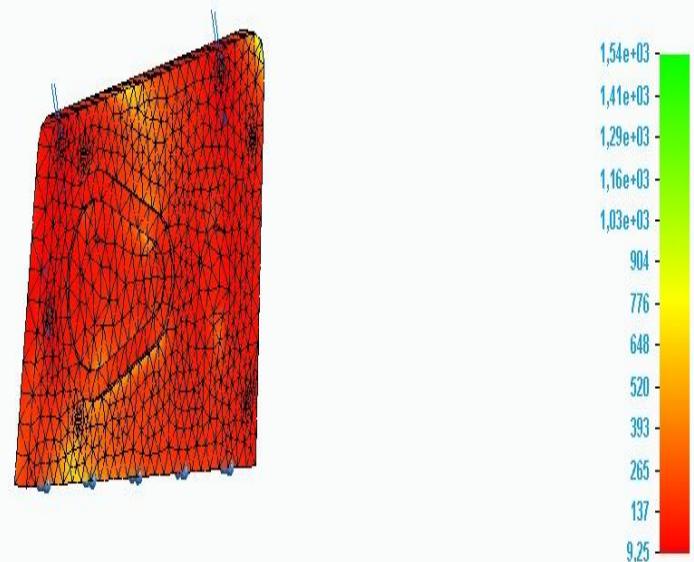


Von Mises

10.3 Sicherheitsfaktorergebnisse

Ergebniskomponente: Sicherheitsfaktor					
Ausmaß	Wert	x	y	z	
Mindestwert	9,25	252,593 mm	-0,000 mm	-26,734 mm	
Höchstwert	1,54e+03	-145,584 mm	-0,000 mm	24,940 mm	

Seitenplatte Links.par, Statische Berechnung 1, Aluminiumlegierung:3.3535 , AlMg3, EN-AW 5754
Spannung - Elemente
Kontur: Sicherheitsfaktor
Verformung: Gesamtverschiebung
Datum: Donnerstag, 18. Februar 2021 10:56



Sicherheitsfaktor

11. Optimierungen

12. Schluss

13. Haftungsausschluss

Wichtige Informationen

Dieser Auszug sollte nicht als einziges Mittel zur Bewertung einer Entwurfsidee hinsichtlich ihrer Eignung für einen bestimmten Satz von Umgebungsbedingungen verwendet werden. Siemens folgt dem Bestreben, immer ausreichend Hilfen und Benutzerführungen für Produkte zur Verfügung zu stellen. Diese ersetzen jedoch nicht ein gutes Beurteilungs- und Einschätzungsvermögen bei der Konstruktion, das in der Verantwortung unserer Anwender liegt. Ein qualitativer Ansatz bei der Konstruktion sollte sicherstellen, dass die Ergebnisse dieser Bewertung zusammen mit der praktischen Erfahrung von Konstrukteuren und Analytikern sowie experimentellen Testdaten in Betracht gezogen wird. Die in diesem Auszug enthaltenen Ergebnisse werden als verlässlich betrachtet, sollten jedoch nicht als Garantie jeglicher Art für die Tauglichkeit eines Zwecks ausgelegt werden.

Simulationsbericht_Seitenplatte_Rechts

Unternehmen

Autor

Tobias.Schmeisser

Datum

Mittwoch, 20. Januar 2021

Verwendete Software

Solid Edge (219.00.00.091 x64)

Femap (11.3.1)

Verwendeter Solver

NX Nastran (11.0)

Inhaltsverzeichnis

1. [Einführung](#)
 2. [Modellinformationen](#)
 3. [Analyseeigenschaften](#)
 4. [Berechnete Geometrie](#)
 5. [Materialeigenschaften](#)
 6. [Überschreibungseigenschaften](#)
 7. [Lasten](#)
 8. [Randbedingungen](#)
 9. [Vernetzungsinformationen](#)
 10. [Ergebnisse](#)
 11. [Optimierungen](#)
 12. [Schluss](#)
 13. [Haftungsausschluss](#)
-

1. Einführung

2. Modellinformationen

Dokument	C:\Users\Tobias.Schmeisser\Desktop\Später löschn\Projekt\Bauteile\Seitenplatte_R\Seitenplatte_Rechts.par
----------	--

3. Berechnungseigenschaften

Berechnungseigenschaft	Wert
Berechnungsname	Statische Berechnung 1
Berechnungstyp	Linear statisch
Vernetzungstyp	Tetraeder
Iterativer Solver	Ein
NX Nastran-Geometrieprüfung	Nur Warnung
NX Nastran-Befehlszeile	
NX Nastran-Berechnungsoptionen	
Von NX Nastran generierte Optionen	
NX Nastran-Standardoptionen	
Option-Nur Flächenergebnisse	Ein

4. Berechnete Geometrie

4.1 Körper

Name	Material	Masse	Volumen	Gewicht
Seitenplatte_Rechts.par	Stahllegierung:1.7005 , 45Cr2	16,331 kg	2,094 dm ³	160048,125 mN

5. Materialeigenschaften

5.1 Stahllegierung:1.7005 , 45Cr2

Eigenschaft	Wert
Dichte	7,800 kg/dm ³
Wärme- Ausdehnungskoef.	0,0000 /c
Wärmeleitfähigkeit	0,014 kW/m-C
Spezifische Wärme	440,000 J/kg-C
Elastizitätsmodul	190000,000 MegaPa
Poissonscher Beiwert	0,280
Streckgrenze	540,000 MegaPa
Zugfestigkeit	780,000 MegaPa

Bruchdehnung % 0,000

6. Überschreibungseigenschaften

7. Lasten

Nam e	Lastenty p	Lastenwer t	Lastverteilun g	Lastenrichtun g	Lastenrichtungsoptio n
Kraft 2	Kraft	Fx: -2e+06 mN, Fy: 0 mN, Fz: - 4e+06 mN Fx: 2e+06	Insgesamt		Komponenten
Kraft 3	Kraft	mN, Fy: - 1e+03 mN, Fz: 4e+06 mN	Pro Entität		Komponenten

8. Randbedingungen

Name	Randbedingungstyp	Freiheitsgrade
Fixiert 4	Fixiert	Freie Freiheitsgrade: Keine

9. Vernetzungsinformationen

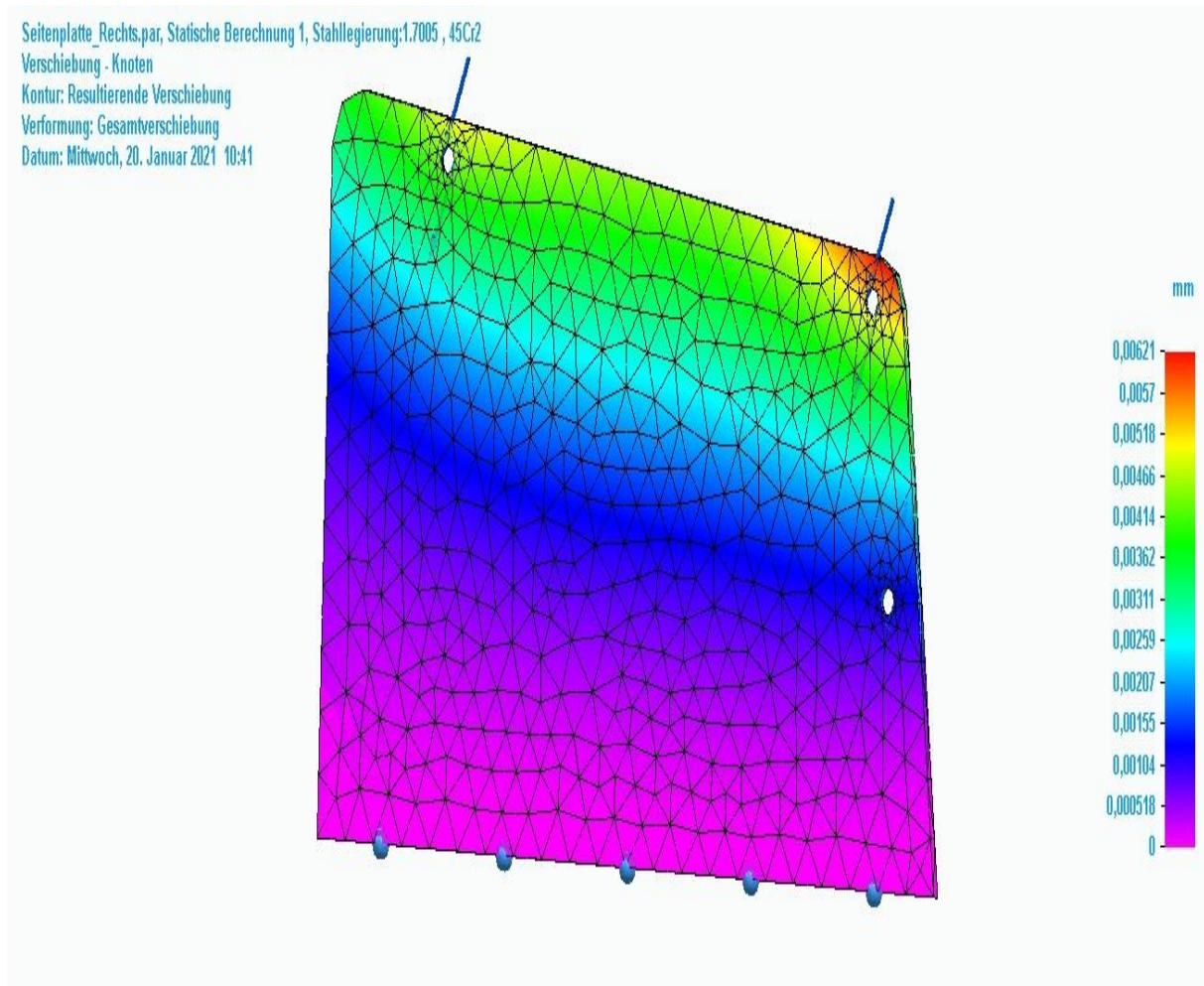
Vernetzungstyp	Tetraeder
Gesamtzahl der vernetzten Körper	1
Gesamtzahl der Elemente	15.836
Gesamtzahl der Knoten	27.527
Subjektive Netzgröße (1-10)	1

10. Ergebnisse

10.1 Verschiebungsergebnisse

Ergebniskomponente: Gesamtverschiebung

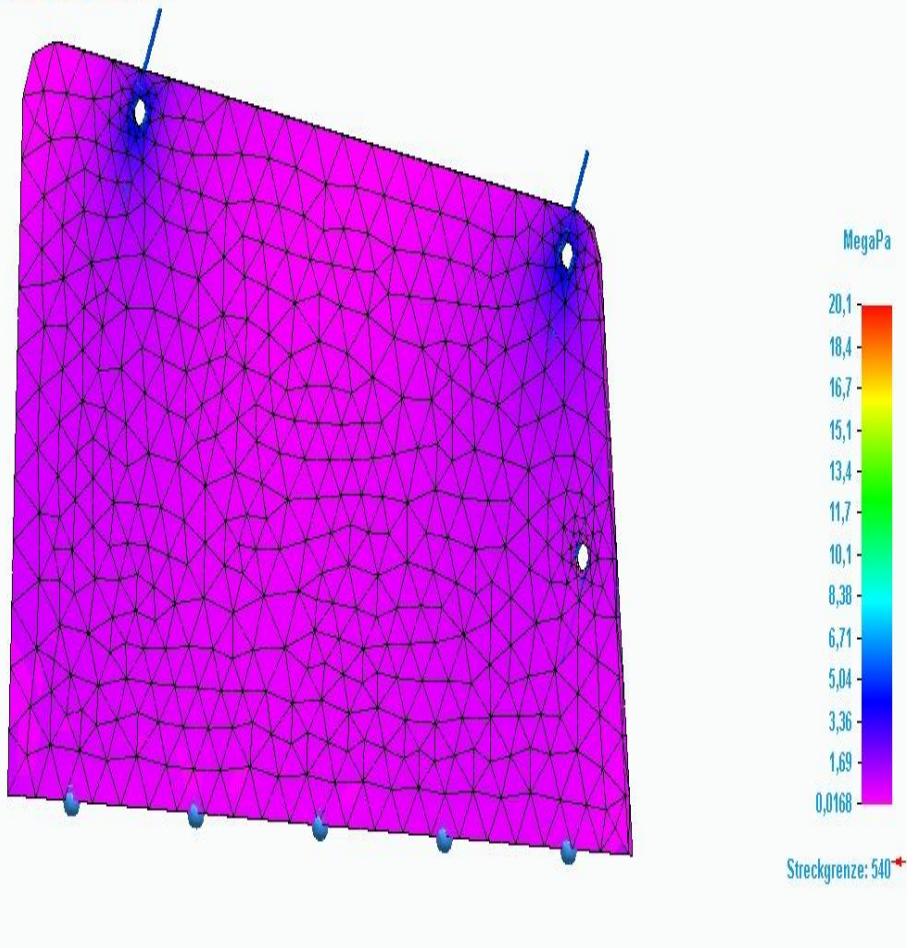
Ausmaß	Wert	x	y	z
Mindestwert	0 mm	-75,140 mm	0,000 mm	-101,201 mm
Höchstwert	0,00621 mm	184,882 mm	-20,000 mm	119,429 mm



10.2 Spannungsergebnisse

Ergebniskomponente: Von Mises				
Ausmaß	Wert	x	y	z
Mindestwert	0,0168 MegaPa	-219,913 mm	0,000 mm	74,612 mm
Höchstwert	20,1 MegaPa	192,541 mm	-10,000 mm	3,780 mm

Seitenplatte Rechts.par, Statische Berechnung 1, Stahllegierung:1.7005 , 45Cr2
Spannung - Elemente
Kontur: Von Mises
Verformung: Gesamtverschiebung
Datum: Mittwoch, 20. Januar 2021 10:41

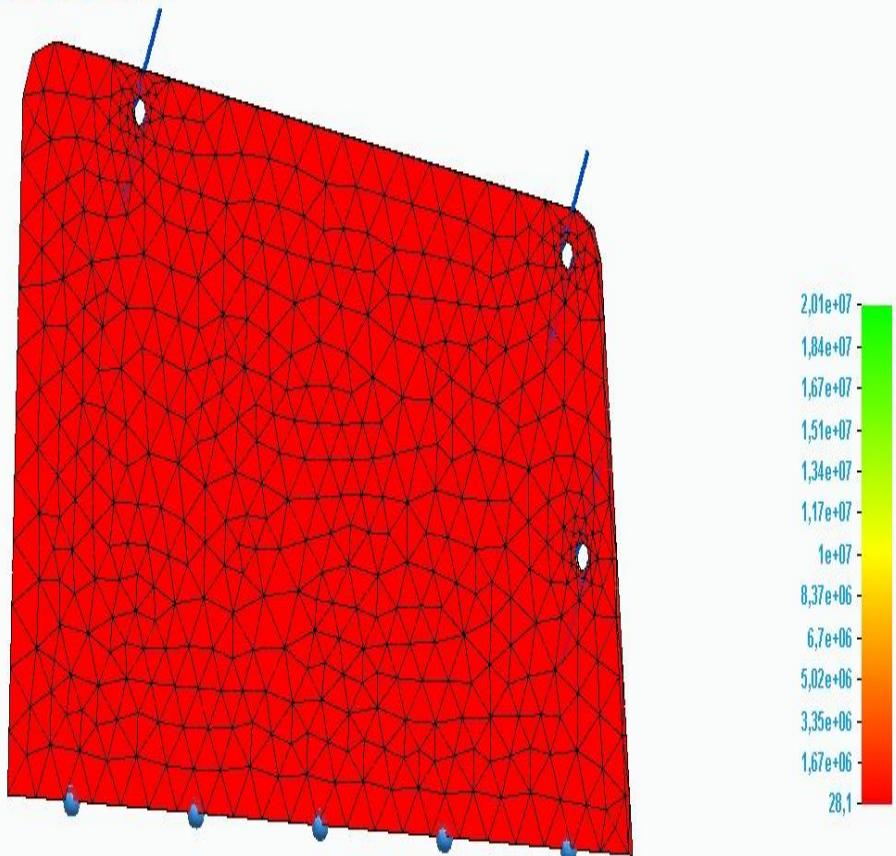


Von Mises

10.3 Sicherheitsfaktorergebnisse

Ergebniskomponente: Sicherheitsfaktor					
Ausmaß	Wert	x	y	z	
Mindestwert	28,1	191,076 mm	-20,000 mm	0,244 mm	
Höchstwert	2,01e+07	192,541 mm	-10,000 mm	3,780 mm	

Seitenplatte Rechts.par, Statische Berechnung 1, Stahllegierung:1.7005 , 45Cr2
Spannung - Elemente
Kontur: Sicherheitsfaktor
Verformung: Gesamtverschiebung
Datum: Mittwoch, 20. Januar 2021 10:41



Sicherheitsfaktor

11. Optimierungen

12. Schluss

13. Haftungsausschluss

Wichtige Informationen

Dieser Auszug sollte nicht als einziges Mittel zur Bewertung einer Entwurfsidee hinsichtlich ihrer Eignung für einen bestimmten Satz von Umgebungsbedingungen verwendet werden. Siemens folgt dem Bestreben, immer ausreichend Hilfen und Benutzerführungen für Produkte zur Verfügung zu stellen. Diese ersetzen jedoch nicht ein gutes Beurteilungs- und Einschätzungsvermögen bei der Konstruktion, das in der Verantwortung unserer Anwender liegt. Ein qualitativer Ansatz bei der Konstruktion sollte sicherstellen, dass die Ergebnisse dieser Bewertung zusammen mit der praktischen Erfahrung von Konstrukteuren und Analytikern sowie experimentellen Testdaten in Betracht gezogen wird. Die in diesem Auszug enthaltenen Ergebnisse werden als verlässlich betrachtet, sollten jedoch nicht als Garantie jeglicher Art für die Tauglichkeit eines Zwecks ausgelegt werden.

Anhang E

Schaltpläne

Literaturverzeichnis

- [1] Blankenbach. *Wärmelehre*. Hochschule Pforzheim, Pforzheim, 2014.
- [2] *Die Meisterprüfung im Kfz-Handwerk*, volume 3. Vogel Buchverlag, Würzburg, 12. auflage edition, 1991.
- [3] Merath. Elektronikkühlung – teil 2: Entwärmung mit aktiver kühlung, 2020.
- [4] Merath. Kühlung von elektronik – teil 1: Wärmemanagement mit passiver kühlung, 2020.
- [5] Frank Pobell. Möglichst nahe am absoluten nullpunkt, 2008.
- [6] Ing. Sigurd Seyr Ing. Günther Rösch Ing. Hansjörg Praxmarer. *Elektroinstallation - Blitzschutz - Lichttechnik*. Jugend und Volk Westermann, Wien, 1004. auflage edition, 2016.
- [7] Jan Trommelmans. *Das Auto und seine Technik*. Number Teil 1. Motorbuchverlag, Stuttgart, 1. auflage edition, 1992.
- [8] Johannes Wiesinger. Die flüssigkeitskühlung, 2019.

Abbildungsverzeichnis

III.1 Solid Edge Logo	15
III.2 Solid Edge Volumenkörper	15
III.3 Solid Edge Bemaßen	15
III.4 Solid Edge Strukturelle Lasten	15
III.5 Solid Edge Vernetzung	15
III.6 Solid Edge Animation	16
III.7 Solid Edge Zeichnungsansichten	16
III.8 Solid Edge Zusammenbau	16
IV.1 Seitenplatte Rechts	19
IV.2 Seitenplatte Links Innenansicht	19
IV.3 Wellenersatz	19
IV.4 Getriebeansicht Seitlich	21
IV.5 Getriebeansicht Schräg	21
IV.6 Achse 1/Antriebsachse	22
IV.7 Achse 2	22
IV.8 Achse 3	23
IV.9 Getriebegegenplatte	23
IV.10 Abstandhalter	23
IV.11 Kettenspanner	24
IV.12 ISO 08 B-1	25
IV.13 ISO 10 B-1	26
IV.14 Kettenrad Z=15 B-1 08	27
IV.15 Kettenrad Z=15 B-1 10	27
IV.16 Kettenrad Z=16 B-1 08	27
IV.17 Kettenrad Z=30 B-1 08	27
IV.18 Ducati Kettenrad Z=37 B-1 10	27
IV.19 Kugellager 1	28
IV.20 Kugellager 2	28
IV.21 Getriebeproblem 1	29
IV.22 Getriebeproblem 2	30
IV.23 Akku Vorderseite	31
IV.24 Akku Motorblock	32
IV.25 Akku Mitte	32
IV.26 Befestigung der Seitenplatten	34
IV.27 Befestigung des Schwingarmes	34
IV.28 Explosionsansicht des gesamten Getriebes	35
IV.29 Detailansicht Getriebe	35
C.1 Wellenersatz	43
C.2 Seitenplatte Rechts	44
C.3 Seitenplatte Links	45
C.4 Abstandhalter	46
C.5 Aufbau/Zusatzplatte	47
C.6 Achse 1/Antriebsachsen	48
C.7 Achse 3	49

C.8 Achse 2	50
C.9 Akkubox Motorblock	51
C.10 Akkubox Vorderseite	52
C.11 Akkubox Mitte	53

Tabellenverzeichnis

III.1 Auszug IP Schutzarten	14
IV.1 Gewichtstabelle	18
IV.2 Aluminium: AlMg4.5Mn Materialdaten	18
IV.3 Auszug Wertetabelle ISO 08 B-1	25
IV.4 Auszug Wertetabelle ISO 10 B-1	26

Listings