



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Amir Tavakoli

Die Entwicklung eines Kameragehäuses für ein Kamera-Monitor System als Einrichtung für indirekte Sicht an einem Personenkraftwagen

*Fakultät Technik und Informatik
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Automotive and
Aeronautical Engineering*



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Student: Amir Tavakoli

Titel: Die Entwicklung eines Kameragehäuses für ein Kamera-Monitor System
als Einrichtung für indirekte Sicht an einem Personenkraftwagen

Kurzbeschreibung

Kamera-Monitor-Einrichtungen sind derzeit eine Neuheit auf dem Markt. Erste Neuwagen sind damit ausgerüstet und versprechen verbesserte Sicht, verbesserte Aerodynamik und Aeroakustik sowie geringeren Energieverbrauch. Daher sind diese Systeme auch für derzeit bestehende Fahrzeuge, welche ohne ein solches System ausgeliefert worden sind, eine interessante Nachrüstoption. Ziel dieser Arbeit ist es ein Kameragehäuse für einen BMW E90 zu entwickeln, das an die vorhandenen Verschraubungen des Fahrzeuges montierbar ist. Des Weiteren wird eine Analyse der derzeitigen Rechtslage erfolgen, aus der hervorgeht, welche Anforderungen das System erfüllen muss, um eine Zulassung zu erhalten.

Arbeitsschritte/ Arbeitsinhalt in Stichworten

Gesetzliche Grundlagen, Design, Entwurf, Konstruktion, Berechnungen, Bewertung, rapid prototyping

Die Bearbeitung der Arbeit erfolgt mit Unterstützung der Firma

GTÜ Gesellschaft für Technische Überwachung mbH
Vor dem Lauch 25,
70567 Stuttgart

Bardowick den 23.11.2021

Amir Tavakoli

Die Entwicklung eines Kameragehäuses für ein Kamera-Monitor System als Einrichtung für indirekte Sicht an einem Personenkraftwagen

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang Fahrzeugbau
am Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

in Zusammenarbeit mit:

Firma GTÜ Gesellschaft für Technische Überwachung mbH
Vor dem Lauch 25
70567 Stuttgart

Erstprüfer: Professor Dr. Stefan Bigalke

Zweitprüfer: Frederic Zillmer

Abgabedatum: 23.02.2022

Kurzreferat

Amir Tavakoli

Thema der Bachelorarbeit

Die Entwicklung eines Kameragehäuses für ein Kamera-Monitor System als Einrichtung für indirekte Sicht an einem Personenkraftwagen

Stichworte

Gesetzliche Grundlagen, Design, Entwurf, Konstruktion, Berechnungen, Bewertung, rapid prototyping

Kurzreferat

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Kamera Monitor Systemen, den rechtlichen Rahmenbedingungen, dem Design und der Konstruktion von einem Kameragehäuse für ein Kamera-Monitor System, als Ersatz für die Außenspiegel, an einem bestehenden Fahrzeug. Es werden Festigkeitsberechnungen durchgeführt und zum Abschluss des Projektes erste Prototypen der Bauteile in einem 3D Drucker hergestellt. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse werden bewertet und Vorschläge für die Weiterentwicklung gegeben.

Amir Tavakoli

Title of the paper

The development of Camera-Monitor System as device for indirect vision in a passenger car

Keywords

Legal foundations, design, draft, construction, calculations, evaluation, rapid prototyping

Abstract

This work deals with camera monitor systems, the legal framework, the design and the construction of a camera housing for a camera monitor system as a replacement for the exterior mirrors on an existing vehicle. Strength calculations are carried out and, at the end of the project, the first prototypes of the components are produced in a 3D printer. The knowledge gained in this way is evaluated and suggestions for further development are made.

Vorwort und Danksagung

Die vorliegende Bachelorarbeit behandelt die Entwicklung eines Kameragehäuses für Kamera-Monitor Systeme als Einrichtung für indirekte Sicht an einem bestehenden PKW. Während dieser Arbeit wird unter anderem der Prozess von ersten Modellierungen bis zur Prototypenfertigung betrachtet.

Die Bachelorarbeit verfasste ich als Abschluss meines Studiums des Fahrzeugbaus mit dem Schwerpunkt der Karosserieentwicklung. Ziel ist es, vorhandene Außenspiegel an einem Fahrzeug durch dieses Gehäuse ohne größeren Aufwand ersetzen zu können.

Die Idee kam mir während des Hauptpraktikums bei dem Ingenieur Büro Bartsch in Lüneburg, als ich ein Fahrzeug mit Kamera-Monitor System sah und mich gefragt habe, ob die Systeme auch für Gebrauchtwagen als Nachrüstsatz existieren. Die Idee wurde anschließend gemeinsam mit meinen Betreuern Prof. Dr. Stefan Bigalke und Frederic Zillmer zu einem Thema für eine Bachelorarbeit weiterentwickelt.

Ich möchte meinen Betreuern Prof. Dr. Stefan Bigalke und Frederic Zillmer für die gute Anleitung und Unterstützung bei diesem Projekt danken. Auch der Firma Kappa optronics GmbH möchte ich für die Bereitstellung der CAD Daten sowie weiterer Daten der Kamera zum Abschluss der Konstruktion danken.

Amir Tavakoli

Bardowick, 29.01.2022

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	GESETZLICHE UND THEORETISCHE GRUNDLAGEN	2
2.1	Die Anforderungen der Straßenverkehrszulassungsordnung	2
2.2	Die Anforderungen der UNECE R46	3
2.3	Normungen der ISO 16505	6
3	MARKTANALYSE	9
3.1	Designgruppe 1.....	9
3.2	Designgruppe 2.....	10
3.3	Designgruppe 3.....	11
3.4	Sichtfeld und Kameraposition	12
3.5	Auswertung	12
4	PLANUNGSPHASE.....	13
4.1	Zielsatz.....	13
4.2	Terminplan	13
4.3	Anforderungsliste	13
5	ENTWURFSPHASE	15
5.1	Kameramodul von Kappa optronics GmbH	15
5.2	First Sensor Modul.....	15
5.3	Modellierung	16
5.4	Designentwurf 1	16
5.5	Designentwurf 2	16
5.6	Designentwurf 3	16
5.7	Designentwurf 4	16

5.8	Designbewertung	17
5.8.1	Designentwurf 1.....	17
5.8.2	Designentwurf 2.....	18
5.9	Designentwurf 3	18
5.9.1	Designentwurf 4.....	19
5.10	Designauswahl	19
6	REALISIERUNGSPHASE	20
6.1	Einschränkungen	20
6.2	Zeichnungen zur technischen Umsetzung	20
6.3	Vordimensionierung des gefährdeten Querschnitts	20
6.3.1	Vordimensionierung offenes Profil.....	22
6.3.2	Vordimensionierung geschlossenes Profil	23
6.3.3	Fazit der Vordimensionierung	24
6.4	CAD Modell	25
6.5	Konstruktionsablauf	25
6.5.1	Grundkonstruktion.....	26
6.5.2	Detailierung	27
6.5.3	Output.	27
6.6	Bauraummodell	28
6.7	Bauteile	28
6.7.1	Kameramodul	28
6.7.2	Anbindungsstück.....	29
6.7.3	Grundträger	31
6.7.4	Abschluss Scheibenträger.....	33
6.7.5	Kamerahalterung	34
6.7.6	Außenverkleidung.....	35
1	SPRITZGIEßEN DES BAUTEILS	35
6.7.7	Verkleidung des Grundträgers.....	36
6.7.8	Verkleidung des Anbindungsstücks	37
6.8	Zusammenbauanleitung	38
6.9	Stückliste	41
6.10	Spannungen im gefährdeten Querschnitt	41
7	KOSTENKALKULATION	42

7.1	Zielgruppenanalyse-Kundenschätzung	42
7.1.1	Kundenschätzung über Modellreihen.....	42
7.1.2	Kundenschätzung über die Typenschlüsselnummer	43
7.1.3	Kundenschätzung.....	43
7.2	Kostenkalkulation	43
7.3	Auswertung	44
8	RAPID PROTOTYPING	45
8.1	Allgemeines zur additiven Fertigung	45
8.2	3D Drucker	45
8.3	Vorgehensweise	46
8.4	Gedruckte Prototypen	47
8.4.1	Abschluss Scheibenträger.....	47
8.4.2	Grundträger	47
8.4.3	Anbindungsstück.....	48
8.4.4	Außenverkleidung	48
8.4.5	Obere Verkleidung Grundträger	49
8.4.6	Untere Verkleidung Grundträger.....	49
8.4.7	Verkleidung Anbindungsstück oben	50
8.4.8	Verkleidung Anbindungsstück unten	50
8.4.9	Kamerahalterung	51
8.5	Erste Verbesserungen der Bauteile	51
8.5.1	Außenverkleidung	51
8.5.2	Abschluss Scheibenträger.....	52
8.6	Fazit des Prototypenbaus	52
9	SCHLUSSBETRACHTUNG UND FAZIT	53
9.1	Einhaltung des Zielsatzes	53
9.2	Einhaltung der Anforderungsliste	53
9.3	Einschätzung des Reifegrades der Konstruktion	55
9.4	Mögliche Erweiterungen	55
10	ANHANG	56
10.1	Terminplan	56

10.2	Anforderungsliste	57
10.3	Designentwurf 1	58
10.4	Designentwurf 2	59
10.5	Designentwurf 3	60
10.6	Designentwurf 4	61
10.7	Zeichnungsdarstellung starr	62
10.8	Zeichnungsdarstellung verstärkt	63
10.9	Auftretende Drehmomente	64
10.10	Vordimensionierung Biegebelastung offenes Profil	65
10.11	Vordimensionierung Torsion offenes Profil.....	66
10.12	Vordimensionierung Biegebelastung geschlossenes Profil.....	67
10.13	Vordimensionierung Torsion geschlossenes Profil	68
10.14	AlSi10Mg Eigenschaften [30]	69
10.15	Stückliste	70
10.16	Kostenkalkulation	71
10.17	Bilder des Prototypen.....	72
11	VERZEICHNISSE.....	74
11.1	Literaturverzeichnis	74
11.2	Abbildungsverzeichnis	76
11.3	Diagrammverzeichnis	78
11.4	Formelverzeichnis.....	78
12	SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	79

1 Einleitung

Der Personenkraftwagen hat sich in den vergangenen Jahrzehnten weiterentwickelt. Die Außenspiegel wurden jedoch nur geringfügig abgeändert. So wurden zwar mehr Funktionen, wie beispielsweise Seitenblinker oder Spurwechselassistenten in das Gehäuse des Außenspiegels integriert, jedoch wurde das eigentliche Sichtfeld nur geringfügig weiterentwickelt. Moderne Fahrzeuge besitzen oft einen abgetrennten Bereich am Rand des Spiegels, welcher ein weitwinkligeres Sichtfeld mittels eines asphärischen Teils ermöglicht. Dieser ist jedoch gesetzlich nicht vorgeschrieben [1].

Die Bauform moderner Außenspiegel ist durch die große Querschnittsfläche aerodynamisch ungünstig und trägt zu einem erhöhten Energieverbrauch während der Fahrt bei. Wird dieser Querschnitt verringert, kann ein geringerer Energieverbrauch realisiert werden. Die Mindestmaße der spiegelnden Fläche sind durch Richtlinien vorgegeben und damit die Möglichkeiten für eine Querschnittverminderung bei der konventionellen Bauweise begrenzt. Ein System aus Kamera und Monitor kann mit einem Bruchteil der Querschnittsfläche die Funktion als Kamera Halterung erfüllen. Der wiedergebende Monitor kann im Innenraum, in dem durch die A-Säule ohnehin verdeckten Sichtbereich, untergebracht werden. Daraus resultiert zudem eine geringere Verdeckung des Sichtfeldes durch den Außenspiegel.

Auch eine Positionierung der Monitore in der Mittelkonsole oder integriert im Kombiinstrument wäre denkbar. Hierfür ist zu beachten, wie sich die Positionierung der Monitore auf die Erkennung von Objekten in den Monitoren auswirkt. Studien der Bundesanstalt für Straßenwesen aus dem Jahr 2021 kamen zu dem Ergebnis, dass die Positionierung der Monitore im Kombiinstrument der Positionierung in der Mittelkonsole und bei den A-Säulen, teilweise bessere Ergebnisse ergeben [2].

Die Versionen die aktuell auf dem Markt verfügbar sind, setzen jedoch auf Monitore im Bereich der Türtafeln oder A-Säulen.

Während spiegelnde Flächen bei von hinten kommender tiefer Sonneneinstrahlung oder zu hoch eingestellten Scheinwerfern des dahinterfahrenden Fahrzeuges den Fahrer direkt blenden und somit die Sicht generell einschränken, passiert dies mit einem System aus Kamera und Monitor nicht. Der Schritt diese Systeme in Neufahrzeugen auf den Markt zu bringen, wurde von einigen Herstellern bereits gemacht. Entweder wird das System als Alternative zu dem konventionellen Spiegel angeboten, wie bei dem Audi E-Tron und bei dem Lexus ES oder es wird in der Grundausstattung vorgesehen, wie bei dem Honda E.

Auch im Nutzfahrzeugbereich werden die Systeme bereits im Mercedes Benz Actros eingesetzt. Studien und Forschungsprojekte unterschiedlicher Institutionen untersuchten unterschiedliche Aspekte der Systeme und haben den Nutzen sowie auch das Potential der Systeme aufgezeigt [3] [2].

Nachrüstätze für bestehende Fahrzeuge gibt es zurzeit noch nicht auf dem Markt. In dieser Arbeit wird am Beispiel eines BMW E90 ein Kameragehäuse als Ersatz für den verbauten Außenspiegel entwickelt.

2 Gesetzliche und theoretische Grundlagen

Das nationale Recht wird in Deutschland in der Straßenverkehrszulassungsordnung repräsentiert. Der für diese Arbeit relevante Abschnitt ist §56 der StVZO [4]. Des Weiteren gibt es UNECE Richtlinien, welche auch über die Grenzen der Europäischen Union hinaus Geltung haben. Die UNECE R46 ist eine Richtlinie, die sich mit den Einrichtungen für indirekte Sicht beschäftigt [1]. Für den US-amerikanischen Markt wird derzeit der SAE Standard J3155 erstellt. Dieser ist zu dem Zeitpunkt der Erstellung dieser Ausarbeitung in Bearbeitung und kann daher nicht berücksichtigt werden [5]. Einige der in den Regelungen enthaltenen Vorschriften werden im Folgenden genannt.

2.1 Die Anforderungen der Straßenverkehrszulassungsordnung

In §56 der StVZO wird geregelt, welche nationalen Anforderungen an Spiegel und andere Einrichtungen für indirekte Sicht gestellt werden. So müssen Einrichtungen für indirekte Sicht derart ausgelegt und montiert werden, dass Sie dem Fahrzeugführer das Beobachten der rückwärtigen Verkehrsvorgänge ermöglichen. Dies muss sowohl rückwärts als auch zur Seite und unmittelbar vor dem Fahrzeug, sowie beim Mitführen von Anhängern gewährleistet sein [4].

Weitere Vorgaben werden innerhalb der StVZO nicht gestellt. So wird in dem Absatz 2.1 auf die Richtlinie 2003/97 EG des Europäischen Parlamentes verwiesen, welche am 29.01.2004 in Kraft getreten ist [4]. Es ist erforderlich, dass Einrichtungen für indirekte Sicht an Personenkraftwagen mit einer zulässigen Gesamtmasse von nicht mehr als 3,5 t, die, sich im Anhang der Ordnung befindlichen, Richtlinie 2003/97 EG des Europäischen Parlamentes entsprechen. In dieser Richtlinie wurden genaue Angaben für die Auslegung der Einrichtungen für indirekte Sicht gemacht [6]. Die Richtlinie 2001/97 EG wurde jedoch durch die Verordnung des Europäischen Parlaments vom 13.07.2009 Nummer 661/2009 aufgehoben. Das begründet sich in dem Ziel der Vereinheitlichung technischer Anforderungen an die Sicherheit und die Umwelteigenschaften von Kraftfahrzeugen und Reifen, die auf Ebene der Mitgliedstaaten nicht ausreichend umgesetzt werden kann [7]. So ist im Anhang IV der derzeit gültigen Fassung der Verordnung 661/2009 die UNECE Nr. 46 als verbindliche Richtlinie für Einrichtungen für indirekte Sicht und ihre Anbringung für die Fahrzeugklassen M, N und O eingetragen [8].

„Im Einklang mit Artikel 13 Absatz 14 dieser Verordnung dürfen EG-Typgenehmigungsbögen für Fahrzeuge, Bauteile und selbständige technische Einheiten, die gemäß den unten aufgeführten Richtlinien ausgestellt wurden, für den Nachweis der Übereinstimmung mit den einschlägigen UNECE-Regelungen verwendet werden.“

[8]

Somit gilt nach nationalem Recht die UNECE R46 als verbindliche Richtlinie für die Auslegung.

2.2 Die Anforderungen der UNECE R46

Mit dem Amtsblatt der Europäischen Union ECE R46, welches am 09.10.2014 inkraftgetreten ist, werden Regelungen und Vorschriften beschrieben, welche die Kamera-Monitor Systeme erfüllen müssen, um genehmigungsfähig zu sein. Diese Regelung der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa setzt sich in dem Absatz 6.2.2 mit den Kamera-Monitor Einrichtungen für indirekte Sicht auseinander. Es wird in der Richtlinie zwischen allgemeinen und funktionalen Vorschriften unterschieden [1].

Allgemeine Vorschriften

Die allgemeinen Vorschriften für Kamera-Monitor Systeme ähneln den Vorschriften für konventionelle Außenspiegel.

Wenn das Gehäuse an einer ebenen Fläche angebracht ist, wird ein mindest Abrundungsradius von 2,5mm an allen Bereichen vorgeschrieben, welche eine Kugel mit einem Durchmesser von 165mm berühren kann.

Diese Regelung gilt jedoch nicht für Kameras und Monitore, welche eine Härte von 60 Shore (A) nicht überschreiten. In diesem Fall gilt dies nur für die Kamera und Monitor Halterungen. [1] Für das Kameragehäuse werden jedoch härtere Werkstoffe verwendet. Daher sind die Abrundungsradien zu berücksichtigen.

Der mindest Abrundungsradius ist ebenfalls nicht vorgeschrieben für Vertiefungslöcher oder Befestigungsloch Ränder, welche einen kleineren Durchmesser oder größte Diagonale als 12mm haben, wenn die Kanten gebrochen sind. [1]

Kennzeichnungen

Für eine Genehmigung ist es zudem wichtig eine hinreichend große Stelle für Kennzeichnungen der Genehmigung einzuplanen. Diese muss gut sichtbar und dauerhaft eingebracht werden. [1] Bei der nötigen Kennzeichnung handelt es sich um den Kreis mit dem internationalen Genehmigungszeichen sowie der Nummer des Landes in welchem die Genehmigung erteilt wurde. In der Nähe ist eine Kennzeichnung anzubringen, welche den Typ einer Einrichtung für indirekte Sicht kennzeichnet [1]. Die Außenspiegel sind der Gruppe 3 zugeordnet, daher ist in Abbildung 1 oberhalb des Kreises eine römische 3 abgebildet.



Abbildung 1 Kennzeichnungen an einem Außenspiegel eines BMW

Nr.	Art	Wert
1	Fabrik- Handelsmarke	Magna International Inc.
2	Typ der Einrichtung	Hauptspiegel klein (3)
3	Genehmigungszeichen	E1
4	Teilenummer	010803

Tabelle 1 Kennzeichnungen auf einem Außenspiegel

Funktionale Vorschriften

Die funktionalen Vorschriften hingegen beschäftigen sich hauptsächlich mit den Anforderungen, welche an die Kamera gestellt werden.

Sie muss bei Bestrahlung mit Sonnenlicht gut funktionieren. Das Leuchtdichtekontrastverhältnis C , das aus dem Quotienten zweier Leuchtdichten besteht, darf in einem Bereich, welcher 15% des Bildes abdeckt, nicht unter den Wert 2 fallen [1]. Damit kann gewährleistet werden, dass bei direkter Sonneneinstrahlung die Einschränkung der Sicht auf einen kleinen Bereich begrenzt wird.

$$C = \frac{L_{max}}{L_{min}}$$

Formel 1 Leuchtdichtekontrastverhältnis [9]

Falls die Kamera während der Erprobung einen sogenannten Blooming Effekt aufweist, muss dieser in einem gesonderten Test untersucht werden. Die Vorschriftsmäßige Einhaltung für den maximalen Blooming Bereich wird dabei überprüft. [1]

Blooming entsteht durch Elektronen, die von einem Sensorelement auf ein benachbartes Sensorelement überlaufen. Wenn dies durch starke Überbelichtung bei hohem Potential geschieht, macht sich das durch einen senkrecht oder quer verlaufenden überbelichteten Streifen bemerkbar.

Abbildung 2 zeigt einen solchen Effekt, der durch die Strahlung der Sonne auftritt. [10] [11]



Abbildung 2 Blooming Effekt [11]

Der Monitor muss weitere Vorgaben zum Mindestkontrast erfüllen, die in der ISO-Norm 15008:2003 beschrieben sind.

Des Weiteren muss die mittlere Leuchtdichte des Monitors manuell oder automatisch einstellbar sein, um sich so an unterschiedliche Lichtverhältnisse anpassen zu lassen [1].

Bei Messungen des Leuchtdichtekontrastes ist die ISO Norm 15008:2009 einzuhalten.

Spiegelklassen

Die Spiegelklassen für Fahrzeuge der Klasse M1 werden in Abbildung 3 dargestellt. Nach der Richtlinie 46 sind damit Spiegel der Gruppe 1 und 3 vorgeschrieben. Die Gruppen 2, 4, 5 und 6 sind zulässig, haben jedoch teilweise einige Auflagen zu berücksichtigen. Die klassischen Außenspiegel sind der Gruppe 3 zuzuordnen. Damit ist das Vorhandensein von Einrichtungen für indirekte Sicht auf beiden Fahrzeugseiten verpflichtend.

Fahrzeugklasse	Innenspiegel	Außenspiegel				
	Innenspiegel Gruppe I	Hauptspiegel (groß) Gruppe II	Hauptspiegel (klein) Gruppe III	Weitwinkelspiegel Gruppe IV	Nahbereichs-/Anfahrspiegel Gruppe V	Frontspiegel Gruppe VI
M ₁	Vorgeschrieben außer wenn das Fahrzeug im Sichtfeld gemäß Absatz 15.2.4.1 mit einem anderen Werkstoff als Sicherheitsglas ausgerüstet ist	Zulässig	Vorgeschrieben einer auf der Fahrerseite und einer auf der Beifahrerseite; alternativ können Spiegel der Gruppe II montiert werden.	Zulässig einer auf der Fahrerseite und/oder einer auf der Beifahrerseite	Zulässig einer auf der Fahrerseite und einer auf der Beifahrerseite (beide müssen mindestens 2 m über dem Boden angebracht werden)	Zulässig (beide müssen mindestens 2 m über dem Boden angebracht werden)

Abbildung 3 Spiegelgruppen für Fahrzeuge der Klasse M1 nach UNECE R46 [1]

Zu überblickendes Sichtfeld

Das zu überblickende Sichtfeld, welches die Außenrückspiegel der Gruppe 3 ermöglichen müssen, ist in Absatz 15.2.4.3 der UNECE R46 geregelt. Eine Zeichnung des Sichtfeldes ist Abbildung 4 dargestellt. Die Position der Kamera und die Halterung des zu konstruierenden Gehäuses müssen so gestaltet sein, dass diese Sichtfelder ermöglicht werden können. In einem Abstand von 4 Metern hinter den Augenpunkten des Fahrers ist ein 1 Meter breiter Streifen auf der Fahrbahn, welcher auf einer Seite durch das eigene Fahrzeug begrenzt ist zu sehen. In einem Abstand von 20 Metern hinter den Augenpunkten des Fahrers muss die Breite 4 Meter betragen. Dieses Sichtfeld ist auf beiden Seiten zu ermöglichen [1]. Dieses Sichtfeld ist bereits in der außer Kraft gesetzten 2003/97EG vorgeschrieben gewesen. [12]

Sichtfeld von Spiegeln der Gruppe III

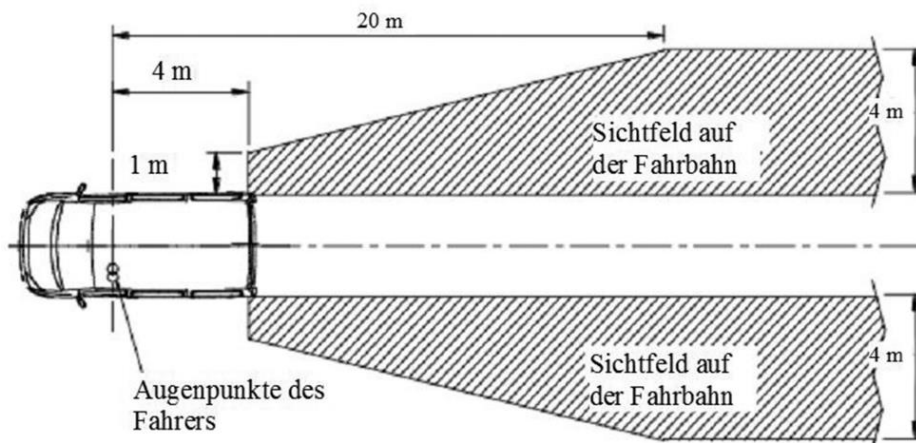


Abbildung 4 Sichtfeld von Spiegeln der Gruppe 3 nach ECE R46 [1]

2.3 Normungen der ISO 16505

Die ISO 16505 stellt die sicherheitstechnischen ergonomischen und performance Anforderungen an Kamera-Monitor Systeme als Ersatz für konventionelle Spiegellösungen in Fahrzeugen dar. Es wird zudem definiert, wie ergonomisch und schnell die Systeme sein sollten sowie welche Anforderungen an die Testprozeduren dieser Systeme gestellt werden [13].

Einstellungen

Da ein Kamera-Monitor System im Gegensatz zu einem Spiegel immer den gleichen Bildausschnitt des rückwärtigen Verkehrs darstellt, unabhängig in welcher Position die Augenpunkte des Fahrers auf den Monitor sehen, hat ein solches System eine Standardeinstellung. Diese Voreinstellung muss mindestens das Sichtfeld darstellen, welches die UNECE R46 für Spiegel der Gruppe fordert (siehe Abbildung 4). Wie bei konventionellen Spiegeln ist es möglich, die Einstellung anzupassen. Die Anpassungen bleiben auch für die nächste Fahrt erhalten [13].

In bestimmten Situationen kann das System ein temporär optimiertes Bild darstellen. Die Funktion ist vergleichbar mit der Kopfbewegung des Fahrers, die ausgeführt wird, um in bestimmten Situationen unterschiedliche Blickwinkel durch einen Außenspiegel zu erhalten. In diesen Situationen ist das durch die UNECE R46 festgelegte Sichtfeld nicht immer vollständig darstellbar. Solche Sondersituationen können beispielsweise Parkmanöver oder das Einfädeln in andere Spuren sein. Die temporäre Anpassung des Sichtfeldes kann manuell oder auch automatisiert erfolgen, jedoch muss der Fahrer über die Anpassung informiert werden [13].

Eine temporär veränderliche Vergrößerung des dargestellten Bildes kann in einigen Situationen den Fahrer besser über das Verkehrsgeschehen informieren. Auch diese Anpassung kann manuell oder automatisiert durchgeführt werden [13].

Während in der UNECE R46 lediglich die mittlere Leuchtdichte manuell oder automatisch anpassbar auszuführen ist, erweitert die ISO 16505 die Auflage auch auf den Kontrast. Wird eine manuelle Anpassung verbaut, muss in der Bedienungsanleitung aufgeklärt werden, wie die Einstellung zu erfolgen hat [13].

Overlays sind visuelle Informationen, die das dargestellte Bild der Kamera auf dem Monitor überlagern. Diese können in Form von Symbolen, Beschriftungen oder eingefärbten Bereichen auftreten. Das Ziel ist, den Fahrer mehr Informationen zu bieten. Overlays sind grundsätzlich erlaubt, jedoch sind sie im eigentlichen Sichtfeld transparent auszuführen und nur temporär gestattet [13]. Das System muss so schnell betriebsbereit sein, wie der Fahrer bereit ist zu fahren. Ist das System nicht betriebsbereit, wenn der Fahrer losfährt, muss der Fahrer darüber informiert werden. Die Zeitdauer der Einsatzbereitschaft eines Kamera-Monitor Systems richtet sich nach der Zeit, die ein einklappbarer konventioneller Spiegel benötigt, um einsatzbereit zu sein. Das System muss daher innerhalb von 7s vollständig einsatzbereit sein. Um Energie einzusparen, darf das System ausgeschaltet werden, wenn das Fahrzeug temporär zum Stand kommt. Innerhalb von einer Sekunde muss es dann wieder vollständig einsatzbereit sein [13].

Es gilt das Sichtfeld, welches in der UNECE R46 bereits beschrieben und in Abbildung 4 dargestellt ist. Der durchschnittliche Vergrößerungsfaktor, der minimale Vergrößerungsfaktor, das Vergrößerungsseitenverhältnis und die Auflösung sowie deren Errechnung sind in der ISO beschrieben und definiert [13].

Bild Qualität

Die Darstellung des Kamerabildes muss derart beschaffen sein, dass es diverse optischen Anforderungen in allen relevanten Blickrichtungen erfüllt. Es müssen Anforderungen der Helligkeits- und Kontrastwiedergabe sowie der Farbwiedergabe eingehalten werden. Die Darstellung muss zudem richtungsgleich sein.

Die Bedienungsanleitung muss den Fahrer darauf hinweisen, dass Störungen des dargestellten Bildes durch Artefakte auftreten können.

So können Smear Effekte auftreten, falls CCD Sensoren in der Kamera zum Einsatz kommen. Ein Smear Effekt sorgt für einen senkrechten weißen Streifen bei besonders hellen Lichtquellen in einem Bildausschnitt [14]. Diese können durch die tiefstehende Sonne oder auch durch zu hoch eingestellte Scheinwerfer des Fahrzeuges dahinter verursacht werden.



Abbildung 5 Smear Effekt [14]

Treten solche Artefakte auf, dürfen diese nicht heller sein als 50% der maximalen Helligkeit des Bildes.

Auch die Bildfehler Blooming und Lens Flare sind in der ISO 16505 begrenzt. Lens Flare beeinflusst die Sicht indem bei direkter Lichteinstrahlung Flecken oder Kreise auf dem dargestellte Bild erscheinen. Das Artefakt ist in Abbildung 6 dargestellt. Blooming und Lens Flare dürfen nach der ISO 16505 nicht mehr als 25% des Bildes bedecken.



Abbildung 6 Lens Flare Effekt [15]

Zeitverhalten

Konventionelle Spiegel haben den Vorteil, eine Echtzeitdarstellung des rückwärtigen Verkehrs zu ermöglichen. Die Kamera, welche das Bild aufnimmt, das Weiterleiten der aufgenommenen Daten an einen verarbeitenden Prozessor sowie die Darstellung des verarbeiteten Bildes auf einem Monitor darf keiner großen Latenz unterliegen. Die Gesamtverzögerung des Systems muss unterhalb von 200ms liegen, bei einer Bildwiederholungsrate von 30Hz unter normalen Bedingungen und 15 Hz bei Dunkelheit bei einer Temperatur von $22^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ [13] [7].

Regelungen für den Monitor

Die Integration des Monitors im Fahrzeuginnenraum muss nach der Norm einige Anforderungen erfüllen. So soll das durch den Monitor verdeckte Sichtfeld den nationalen Anforderungen an Einrichtungen für indirekte Sicht erfüllen. Er soll so angebracht sein, dass der Fahrer, um diesen einzusehen, weniger als 30 ° nach unten schauen muss. Zudem muss der Monitor alle nationalen Anforderungen für die maximal höchste Positionierung für Spiegel erfüllen. Um eine ideale Sicht auf die Monitore zu gewährleisten ist darauf zu achten, dass dieser so ausgerichtet ist, dass eine Linie, die von dem Augenpunkt des Fahrers auf den Bildschirm fällt, normal auf der Ebene der Monitore steht. Zudem sind Ambientebeleuchtungen so auszulegen, dass Sie keine störenden Beleuchtungen oder Reflektionen in den Monitoren hervorrufen.

Die Darstellung auf dem Monitor muss für den Fahrer eindeutig sein. So soll das Bild der rechten Kamera auf der rechten Seite und das Bild der linken Kamera auf der linken Seite dargestellt werden. Zudem muss der Monitor auf den Fahrer einstellbar sein. Das muss ohne Werkzeug erfolgen können. Die Oberflächenbeschaffenheit des Monitorgehäuses darf den Fahrer nicht blenden. So ist zu vermeiden, dass das Gehäuse einen Wert von 10 gloss Einheiten überschreitet. Auch das Gehäuse muss so konstruiert sein, dass das Blenden des Fahrers vermieden wird. Die dazugehörigen Messungen sind in der ISO Norm 2813 vorgegeben.

Die maximal zulässige Helligkeit bei Nacht ist $20 \frac{cd}{m^2}$. Um zu vermeiden, dass der Monitor den Fahrer bei Nacht blendet, muss er dimmbar ausgeführt sein. Das Dimmen kann automatisch oder manuell erfolgen. [13]

System Ausfall

Ist das System fehlerhaft, so muss der Fehler für den Fahrer erkennbar sein. In der Bedienungsanleitung muss der Fahrer informiert werden, wie ein Fehler im System erkannt werden kann. Gegebenenfalls können Anweisungen für den Fahrer nötig sein, wie er sich verhalten kann, bis das System repariert ist. [13]

Wetter Bedingungen

Bei der Auslegung müssen diverse übliche Wetterbedingungen wie Sonne, Regen, Schnee, Nebel usw. betrachtet werden. Die Verschmutzung der Kamera, durch die Position am Fahrzeug, muss berücksichtigt werden. Der Luftstrom um das Kameragehäuse kann Ablagerungen auf der Linse verursachen. Bei der Konstruktion ist dies zu berücksichtigen. Die Kamera und der Monitor müssen regelmäßig gereinigt werden. Anweisungen zur Reinigung müssen in der Bedienungsanleitung bereitstehen, um den Fahrer die nötigen Informationen zur Pflege zu geben. [13]

3 Marktanalyse

Einige Systeme, die heutzutage auf dem Markt zu finden sind oder von Herstellern derzeit in der Erprobung sind, lassen sich grundsätzlich in unterschiedliche Designgruppen ordnen. Innerhalb dieser Gruppen ähneln sich die Art der Kamera und deren Gehäuse, lassen sich jedoch klar zu den anderen Gruppen abgrenzen. Drei dieser Designgruppen werden im Folgenden betrachtet.

3.1 Designgruppe 1

Die Kamera liegt eng an der Karosserie an. Die Querschnittsfläche ist gering. Eine Auswahl zwischen konventionellen Spiegeln und Kamera Monitor Systemen ist in der Regel nicht möglich. Das äußere Kameragehäuses beinhaltet weitere Funktionen. Das Design des Gehäuses fügt sich in das Gesamtfahrzeugdesign ein und ergänzt es.

Volkswagen XL1

Die Gründe für einen Fahrzeughersteller auf ein solches, alternatives Konzept zu setzen können vielfältig sein. Der vom Volkswagen Konzern entwickelte VW XL1 sollte ein Fahrzeug sein, das für eine Strecke von 100 KM nur einen Liter Kraftstoff verbraucht. Damit wurde das Fahrzeug insgesamt aerodynamisch optimiert. Die Kamera ist in der Tür verbaut und liegt eng am Fahrzeug an, während die Projektion der Bilder innerhalb der Tür Innenverkleidung stattfindet.



Abbildung 7 VW XL1 außen [16]



Abbildung 8 VW XL1 innen [17]

Honda E

Der Honda E wird seit 2019 produziert und bietet in der Grundausstattung bereits Kamera Monitor Systeme. Kameraseitig ähnelt die Lösung von Honda, der von Volkswagen. Die Kamera ist in einem Bereich der Tür untergebracht. Die Darstellung des rückwärtigen Verkehrs findet auf den im Armaturenbrett untergebrachten Bildschirmen statt. Die Kamera ist flach an der Karosserie angelegt und besitzt zudem noch eine Blinkleuchte. Mit einem Preis von 33850€ eines der günstigsten Elektrofahrzeuge mit einem solchen System.



Abbildung 9 Honda E außen [18]



Abbildung 10 Honda E innen [19]

3.2 Designgruppe 2

Fahrzeuge mit diesem Konzept werden teilweise auch mit konventionellen Rückspiegeln gebaut. Die Halterungen sind so ausgeführt und die Positionen so gewählt, dass beide Konzepte in einem Fahrzeug realisierbar sind. Klappbare Ausführungen möglich.

Lexus ES

Der Lexus ES kann wahlweise auch mit digitalen Außenspiegeln bestellt werden. Im Vergleich zu den Lösungen von Volkswagen und Honda ist das Design des Kameragehäuses eher an das eines konventionellen Spiegelgehäuses angelehnt. Die Querschnittsfläche ist höher und damit die Aerodynamik und der Energieverbrauch im Vergleich zum Honda E und dem Volkswagen XL1 schlechter, jedoch deutlich verbessert im Vergleich zu dem konventionellen Spiegel. Das Spiegelgehäuse lässt sich zudem, wie ein konventioneller Spiegel, einklappen. Die Darstellung der Bilder wird auf Monitoren vor den A-Säulen realisiert. Dieses System ist aufpreispflichtig und lässt sich für einen Aufpreis von 2000€ hinzu konfigurieren. [20]



Abbildung 11 Lexus ES Kamera [20]



Abbildung 12 Lexus ES Monitor [20]

Audi e-tron

Der Audi e-tron kann, wie der Lexus ES ebenfalls aufpreispflichtig, mit einem virtuellen Außen- spiegel ausgestattet werden. Bei diesem Fahrzeug kostet die Option 1540€ dafür gibt es ein ein- klappbares Kameragehäuse sowie in die Türverkleidung integrierte Monitore, die mittels Touch Bedienung eingestellt werden können. Das Design ist flacher, als das des Lexus und baut bei dem Sitz der Kamera etwas höher auf, um diese unterzubringen [21].



Abbildung 13 Audi e-tron Kamera [21]



Abbildung 14 Audi e-tron Monitor [21]

3.3 Designgruppe 3

Das Design des Systems steht hinter der Funktion. Diese Ausführungen sind besonders leicht, aerodynamisch optimiert und schlicht design. Weitere Funktionen wie Blinkerleuchten oder Spurwechselassistenten werden nicht benötigt. Häufig sind diese Fahrzeuge für die Rennstrecke gebaut und haben keine Straßenzulassung.

Aston Martin Valkyrie

Der Valkyrie ist ein Supersportwagen des britischen Automobilherstellers, Aston Martin mit einer Straßenzulassung. Die Monitore sind denen des Lexus ES ähnlich und ebenfalls in den, durch die A-Säule verdeckten, Bereichen montiert. Die Kamera besitzt eine geringe Querschnittsfläche. [23]



Abbildung 15 Aston Martin Valkyrie Kamera [23] Abbildung 16 Aston Martin Valkyrie Monitor [23]

KTM X-BOW GTX

Der KTM X-Box GTX ist ein Rennfahrzeug ohne Straßenzulassung. Das Fahrzeug ist mit einem Kamera Monitor System ausgerüstet. Die Monitore sind in den Türverkleidungen eingelassen. Die Kamera liegt eng an der Karosserie an. Das Gehäuse besteht wie der Rest der Karosserie aus Faserverbund Werkstoff. [24]

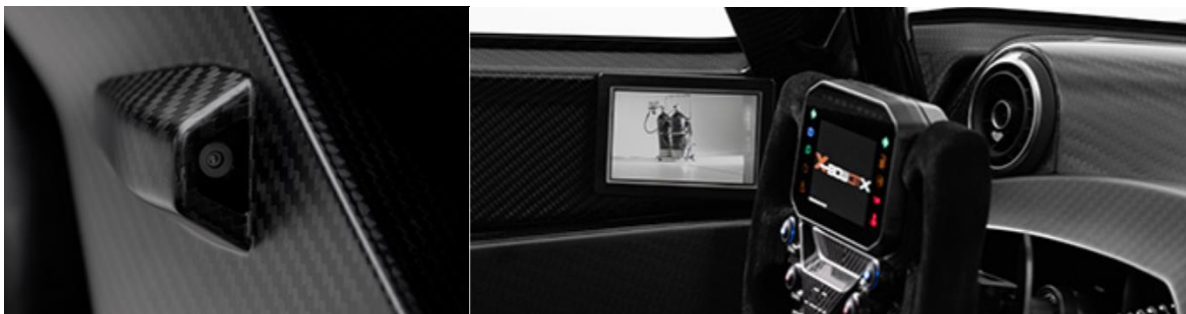


Abbildung 17 KTM X-BOW Monitor [24] Abbildung 18 KTM X-BOW GTX Kamera [24]

3.4 Sichtfeld und Kameraposition



Abbildung 19 Sichtfeld nach Designgruppe 1 und 3

Abbildung 20 Sichtfeld nach Designgruppe 2

Die Lage der Kamera hat einen Einfluss auf das Sichtfeld. Um ein ausreichende Sichtfeld schaffen zu können, muss die Kamera somit einen gewissen Abstand zur Karosserie des Fahrzeuges besitzen. In Abbildung 19 ist dargestellt, wie das Sichtfeld, der eng an der Karosserie anliegenden, Kamera aussehen könnte. Vier Meter hinter den Augenpunkten des Fahrers befindet sich ein, ein Meter langer Stab auf dem Boden. Dieser Stab wird in dieser Ansicht nicht vollständig abgebildet, da er teilweise durch die Krümmung der Fahrzeugseite verdeckt wird. Auch die Sicht auf den Reifen ist dadurch erschwert. In Abbildung 20 ist der Abstand der Karosserie um ca. 25mm vergrößert worden. Auf diesem Bild wird der auf dem Boden liegende Stab vollständig angezeigt. Auch der Straßenverlauf wird in der Abbildung 20 vollständiger dargestellt. Geringe Änderungen im Abstand der Karosserie zur Kameralinsenmitte haben somit große Auswirkungen auf das darstellbare Sichtfeld.

3.5 Auswertung

Für die Entwicklung eines Kamera Monitor Systems ist im Vorfeld zu entscheiden, welche Anforderungen das System erfüllen muss. Grundsätzlich ist es von höchster Priorität, dass das Sichtfeld nicht eingeschränkt wird. Die aerodynamischen Eigenschaften sollen durch den Umbau ebenfalls verbessert werden. Ist die Umsetzbarkeit einfach, bleibt das System günstig und der Einbau ist einfach. Die Optik des Kameragehäuses sollte die Designelemente des Grundkonzeptes des Fahrzeuges aufnehmen und sich in das Gesamtkonzept einfügen. Die einzelnen Kategorien werden zunächst gewichtet und anschließend bewertet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 21 dargestellt. Für diese Entwicklung wird die Designgruppe 2 gewählt.




				
Designauswahl	Gewichtung	Designgruppe1	Designgruppe 2	Designgruppe 3
Aerodynamik	20%	8	6	9
Umsetzbarkeit	15%	6	6	7
Optik	15%	7	8	6
Sichfeld	50%	7	9	7
		7,05	7,8	7,25

Abbildung 21 Nutzwertanalyse der Designgruppen

4 Planungsphase

4.1 Zielsatz



4.2 Terminplan

Der Terminplan ist im Anhang im Kapitel 10.1 dargestellt. Die Bachelorarbeit beginnt in der Kalenderwoche 47. Der erste Meilenstein ist in der Kalenderwoche 50. Bis dahin sollen vier Vorentwürfe erarbeitet, bewertet und einer der vier ausgewählt werden. Ein weiterer Meilenstein ist die Fertigstellung der Konstruktion im CAD Programm. In der zweiten Kalenderwoche des Jahres 2022 ist damit der konstruktive Teil abgeschlossen. Ein letzter Meilenstein befindet sich am Ende des Projektes, wenn die Dokumentation in der 7. Kalenderwoche abgeschlossen ist.

4.3 Anforderungsliste

Die Anforderungsliste ist im Anhang im Kapitel 10.2 abgebildet. Die Wünsche und Forderungen, die im Vorfeld an die Konstruktion gestellt werden, sind hier eingepflegt.

Die Ausladung soll möglichst schmal sein. Schmäler als die maximal vorgeschriebenen 250mm nach der UNECE R46 und auch schmäler als der derzeit verbaute Außenspiegel. Eine geringe Bauhöhe wird ebenfalls gefordert. Hier bezieht sich der Wert von 150mm auf die Höhe des konventionellen Außenspiegels. Es ist gefordert, dass das Gehäuse an einem BMW E90 montiert werden kann. Hierbei ist die Anordnung und die Art der Verschraubungspunkte zu beachten. Der Luftwiderstand ist bei der Auslegung zu berücksichtigen. Große Stirnflächen sind zu vermeiden.

Das Gehäuse soll auch für einen unsachgemäßen Gebrauch ausgelegt werden. Für diesen Lastfall wird davon ausgegangen, dass eine senkrechte Kraft von 100N an dem Gehäuse wirkt. Witterungsfestigkeit ist Voraussetzung, da sich das Gehäuse im Außenbereich des Fahrzeuges befindet und daher, wie der traditionelle Spiegel, der Witterung ausgesetzt ist. Das Gehäuse muss Anforderungen an die Stoßfestigkeit erfüllen.

Auch das Bruchverhalten der gewählten Werkstoffe ist zu berücksichtigen. Bei der Fertigbarkeit ist zu beachten, dass es sich bei dem Projekt um einen Nachrüstsatz für ein spezifisches Fahrzeug handelt und keine Großserienproduktion. Die Werkzeuge passen daher nur für einen spezifischen Fahrzeugtyp. Günstige Fertigungsverfahren und Werkzeuge sind zu bevorzugen.

Oberflächenbilder und Narbungen sollen optisch ansprechend ausführbar sein. Dies ist ein Wunsch, der die Qualität des Endproduktes verbessert. Bei der Werkstoffauswahl ist ein UV beständiges Material auszuwählen.

Die Radiengröße des Gehäuses muss nach UNECE R46, wie in Kapitel 2.2 beschrieben, 2,5mm betragen.

Damit die Produktion auch in Massen möglich ist, soll der Aufbau der Bauteile sowie auch die Fertigung selbst, möglichst mit für den Fahrzeugbau üblichen Methoden erfolgen. Daher ist ein Wunsch, dass der Grundträger aus Aluminium besteht und die Verkleidungsteile aus einem Kunststoff, der im Spritzgussverfahren hergestellt werden kann.

Ein weiterer Wunsch ist es, die Kosten für die Gehäusebauteile des Systems unterhalb von 800€ zu halten.

Die in Kapitel 3.2 vorgestellten Fahrzeuge haben alternativ zu den konventionellen Spiegeln Kamera-Monitor Systeme im Angebot. Diese Systeme kosten zwischen 1.540€ und 2.000€ Aufpreis. Ein Wunsch ist, dass die Kosten des Gesamtsystems einen Preis von 2.000€ nicht überschreiten.

5 Entwurfsphase

Für die Entwicklung des Gehäuses ist es entscheidend zu wissen, wie groß der Bauraum für die Kamera sein muss. Unterschiedliche Kamera Module benötigen unterschiedliche Bauräume. Auch die Kabelführung sowie die Kamera Halterung muss beachtet werden. Die Module können sich untereinander in der Form, als auch in der Größe unterscheiden. Für die Designs werden zwei Kameramodule betrachtet.

5.1 Kameramodul von Kappa optronics GmbH

Diese Firma war bereits in diversen Projekten von Kamera Monitor Systemen involviert und war an der Entwicklung des Volkswagen XL1, des Aston Martin Valkyrie sowie dem KTM X-BOW GT2 beteiligt. Die Firma bietet zulassungsfähige Kameras und Monitore, die unter anderem nach den in den Kapiteln 2.2 und 2.3 vorgestellten Richtlinien und Normen entwickelt wurden. Die Systeme erfüllen die, für die Zulassung wichtigen, Richtlinien und können in Kameragehäuse eingesetzt werden. Die Kombination aus Kamera, ECU und Monitor ist für diese Entwicklung gut geeignet. Das System benötigt lediglich einen 12 Volt Bordnetz Anschluss.



Abbildung 22 Set von Kappa optronics GmbH



Abbildung 23 Maße des Kameramoduls

5.2 First Sensor Modul

Das Modul der Firma First Sensor ist mit einer quadratischen Grundfläche mit einer Kantenlänge von 26mm und einer Höhe von 28,4mm gut für Kamera-Monitor Systeme geeignet. In der Abbildung 24 ist die Kamera abgebildet. Abbildung 25 zeigt den Aufbau eines Kamera Monitor Systems mit einer Kamera, welcher dem Aufbau von der von First Sensor ähnlich ist. Das System besitzt zudem einen Heizring, eine Reinigungsanlage, einen Fahrrichtungsanzeiger und einen Tot-Winkelwarner.

Physical dimensions



Abbildung 24 First Sensor DC3K-1-LVD [25]

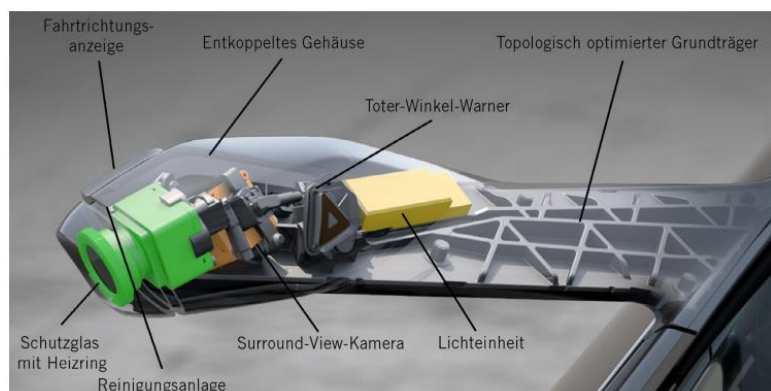


Abbildung 25 BMW Kamera-Monitor System Wing [26]

5.3 Modellierung

Alle Entwürfe werden mit Modelliermasse geformt. Nach der Trocknungszeit werden die Entwürfe in mehreren Gängen geschliffen. Durch die Modelle im Maßstab 1:1 kann die Wirkung des Designs in Verbindung mit dem Fahrzeug besser beurteilt werden. Des Weiteren kann der Einsatz der Kamera Elemente und der geschaffene Bauraum beurteilt werden.



Abbildung 26 Modelliermasse bei der Verarbeitung



Abbildung 27 Geschliffener Zustand aller erstellten Entwürfe

5.4 Designentwurf 1

Der erste Entwurf ist im Anhang unter Kapitel 10.3 dargestellt. Er hat ein schlichtes Design, der Steg ist dünn ausgeführt und weitet sich im Bereich, in dem das Kameramodul eingesetzt wird. Als Kameramodul wird das der Firma First Sensor gewählt.

5.5 Designentwurf 2

Der zweite Designentwurf wird im Kapitel 10.4 dargestellt. Dieser ist geschwungen geformt und mündet kameraseitig in einer parallelogrammförmigen Öffnung. Der Steg ist breiter und höher als der des Designentwurfes 1. Das Kameramodul wird in diesem Entwurf nicht so eng umfasst. Als Kameramodul wird ebenfalls das der Firma First Sensor gewählt.

5.6 Designentwurf 3

Der dritte Designentwurf wird im Kapitel 8.6 dargestellt. Dieses Design hat einen stark geschwungenen Steg und einen konisch ansteigenden Bereich, der das Gehäuse der Kamera darstellt. Als Sensor wird in diesem Fall der von der Firma Kappa optronics GmbH genutzt.

5.7 Designentwurf 4

Der vierte Designentwurf wird im Kapitel 10.6 dargestellt. Der Steg ist in diesem Design weniger stark gekrümmt. Als Kameramodul wird hier ebenfalls auf das der Firma Kappa optronics GmbH zurückgegriffen. Der Steg sitzt in diesem Design angeschrägt auf der Fahrzeug Außenhaut.

5.8 Designbewertung

Um ein Design auswählen zu können, werden die einzelnen Designs in den Kategorien Stirnfläche, Bauraum, Optik, seitliche Sichteinschränkung und Innovation bewertet. Die Bewertung findet auf einer Skala von 0-10 statt. Die Bewertung '10' stellt hierbei das beste und die Bewertung '0' das schlechteste Ergebnis dar. Die einzelnen Kategorien besitzen unterschiedliche Prioritäten und werden daher gewichtet. Die Kategorien werden in der Tabelle 2 weiter erläutert.

Bewertungsfaktoren

Bewertungsfaktor	Art
Stirnfläche	Die in X-Richtung projizierte Fläche des Gehäuses auf die Y-Z Ebene
Bauraum	Bauraum die für tragende Geometrie im Gehäuse
Optik	Einfügen des Gehäuses in das Gesamtkonzeptes des Fahrzeuges
Seitliche Sichteinschränkung	Durch das Gehäuse entstehende Sichtbehinderung beim Blick durch die seitlichen Fenster
Innovation	Das Loslösen von der Optik eines traditionellen Spiegels bei gleichzeitig ästhetischer Wirkung.

Tabelle 2 Design Bewertungsfaktoren

5.8.1 Designentwurf 1

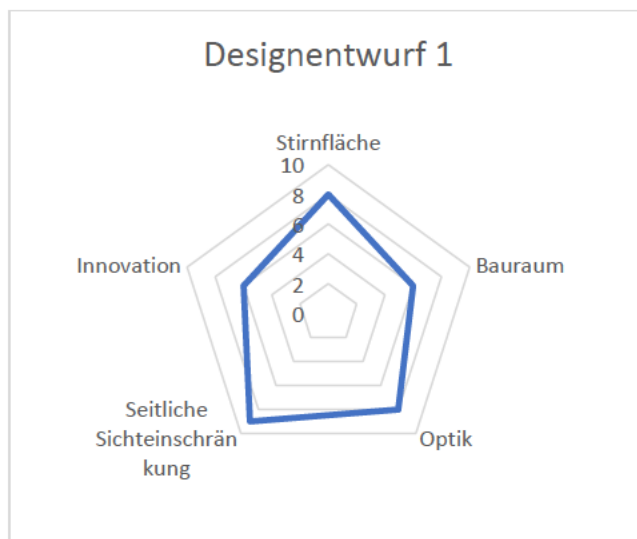


Diagramm 1 Bewertung Designentwurf 1



Abbildung 28 Designentwurf 1

Der Designentwurf hat eine geringe Stirnfläche. Das Kameramodul der Firma First Sensor wird von dem Gehäuse eng umschlossen. Der Bauraum ist dadurch gering. Die breite des Steges, die für ausreichende Festigkeit benötigt wird, ist dünn ausgeführt. Das Design ist optisch an den originalen Spiegel des Fahrzeuges angelehnt und fügt sich daher optisch gut in des Design ein. Durch die Anlehnung an das Design des traditionellen Spiegels fehlt, im Vergleich zu den folgenden Designs jedoch die Innovation.

5.8.2 Designentwurf 2

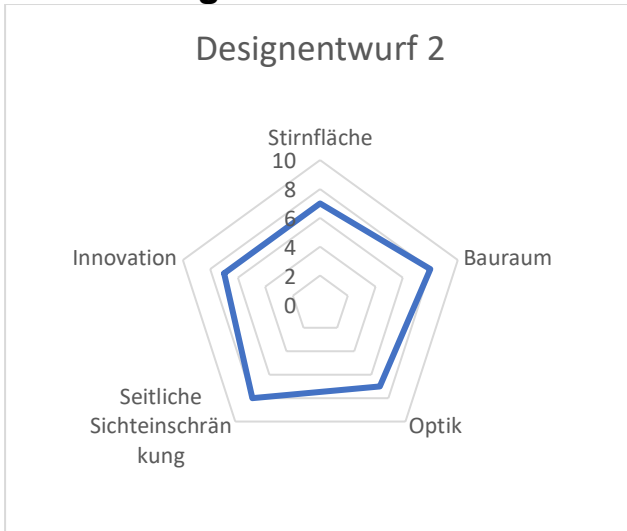


Diagramm 2 Bewertung Designentwurf 2



Abbildung 29 Designentwurf 2

Der Designentwurf 2 nutzt ebenfalls die Kamera des Herstellers First Sensor. Die Stirnfläche ist geringer als die des Designentwurfs 1. Der Bauraum für Strukturgeometrie ist dank des breiteren Steges groß. Die Form des Entwurfs fügt sich durch die parallelogrammförmige Öffnung sowie die Krümmung des Gehäuses gut in das Design in das Gesamtkonzept ein. Durch die Krümmung des Steges ist die seitliche Sichteinschränkung etwas größer als bei dem Designentwurf 1.

5.9 Designentwurf 3

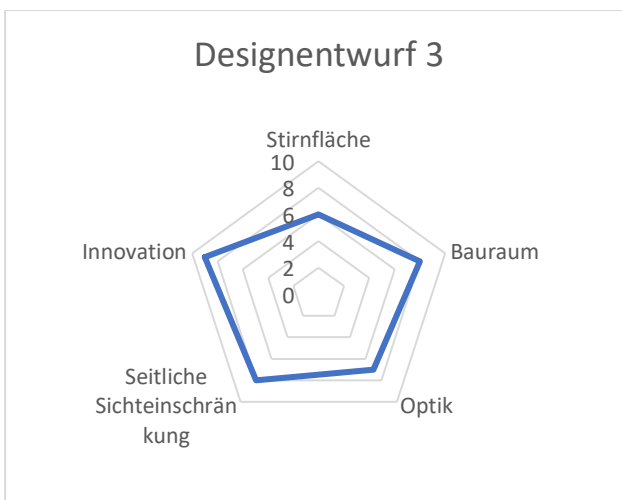


Diagramm 3 Bewertung Designentwurf 3



Abbildung 30 Designentwurf 3

Der Designentwurf 3 nutzt die Kamera von Kappa Optronics GmbH, wodurch die Stirnfläche größer ausfällt. Ein breiter sowie hoher Steg sorgt jedoch für gute Möglichkeiten, festigkeitsgebende Geometrien zu verbauen. Das geschwungene Design findet sich in diversen Formen des Fahrzeuges wieder. Die seitliche Sichteinschränkung ist hier erhöht. Das Design besitzt einen hohen Wiedererkennungswert und hebt sich klar von dem traditionellen Design ab. Die Innovation ist höher als bei der vorangegangenen Entwürfen

5.9.1 Designentwurf 4

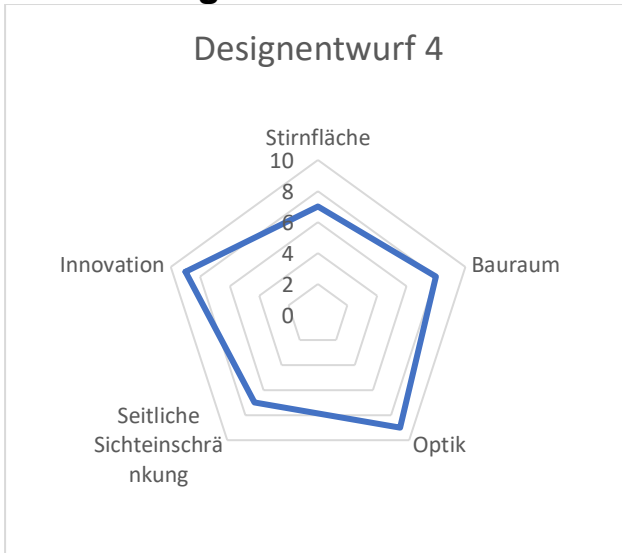


Diagramm 4 Bewertung Designentwurf 4

Abbildung 31 Designentwurf 4

Der Designentwurf 4 nutzt die Kamera von Kappa optronics GmbH. Die Stirnfläche sowie der Bauraum sind besser als bei dem Designentwurf 3. Der Steg besitzt eine größere Höhe, während der konische Bereich kleiner ausgelegt ist. Die Optik zeichnet sich durch die schwächere Krümmung sowie einen sanfteren Anstieg im Bereich der Kamera aus. Die seitliche Sichteinschränkung ist hier höher als bei dem Entwurf 3. Auch im Bereich der Innovation kann der Entwurf überzeugen. Das Design ist klar von traditionellen Spiegelgehäusen zu unterscheiden, fügt sich aber trotzdem gut in das Designkonzept ein.

5.10 Designauswahl

Entwurf	Gewichtung (%)	Designentwurf 1	Designentwurf 2	Designentwurf 3	Designentwurf 4				
Stirnfläche	20	8	1,6	7	1,4	6	1,2	7	1,4
Bauraum	20	6	1,2	8	1,6	8	1,6	8	1,6
Optik	15	8	1,2	7	1,05	7	1,05	9	1,35
Seitliche Sichteinschränkung	30	9	2,7	8	2,4	8	2,4	7	2,1
Innovation	15	6	0,9	7	1,05	9	1,35	9	1,35
	100		7,6		7,5		7,6		7,8

Abbildung 32 Nutzwertanalyse zur Bewertung der Designentwürfe

Nach der gewichteten Bewertung wird der Entwurf mit der besten Bewertung ausgewählt. Der Designentwurf 4 hat hier die höchste Punktzahl erreicht. Der Entwurf hebt sich durch den guten Bauraum, die gute Optik und die gute Umsetzbarkeit von den anderen Entwürfen ab.



Abbildung 33 Vergleich der Stirnfläche



Abbildung 34 Kamera Positionierung

6 Realisierungsphase

Ein Designentwurf kann nicht direkt umgesetzt werden. Während sich das Design hauptsächlich auf die Optik bezieht, müssen im Verlauf der Entwicklung auch weitere Faktoren wie beispielsweise die Statik sowie die Festigkeit berücksichtigt werden.

6.1 Einschränkungen

Das in dieser Arbeit entwickelte Gehäuse wird nicht klappbar ausgeführt, um eine ausreichende Festigkeit sowie ein schlankes Design, wie in dem Entwurf 4 dargestellt, bieten zu können. Eine Schwächung der Festigkeit und Steifigkeit durch ein Gelenk ist auch in Anbetracht der geringeren Ausladung des Konzeptes nicht erwünscht.

6.2 Zeichnungen zur technischen Umsetzung

Mit dem gewählten Design können nun erste Zeichnungen des Gehäuses erstellt werden. Bei diesen Zeichnungen im Maßstab 1:1 können die maximalen Maße der Strukturgeometrie innerhalb des Gehäuses abgeschätzt werden. Die Zeichnungen werden in den Kapiteln 10.7 - 10.8 dargestellt. Die in Kapitel 10.7 dargestellte Zeichnung des Designentwurfes 4 hat jedoch in den ersten Festigkeitsberechnungen zu wenig Bauraum für die Aluminiumstruktur geboten. Die ersten Festigkeitsberechnungen haben hier zu hohe Spannungen ergeben. Das Design muss daher angepasst werden. Das Gehäuse wird wie in Kapitel 10.8 dargestellt, breiter ausgeführt.

6.3 Vordimensionierung des gefährdeten Querschnitts

Bei dem gewählten Entwurf kommt es durch die Abmaße des Gehäuses bereits bei geringen Belastungen zu hohen Beanspruchungen im gefährdeten Querschnitt. Der gefährdete Querschnitt befindet sich hier an der Anbindung zum Fahrzeug. Für die Vordimensionierung wird ein unsachgemäßer Gebrauch des Gehäuses geprüft. Das gewählte Design könnte fälschlicherweise als Haken oder als Stütze benutzt werden. In diesem Fall würde eine Einzellast entgegen der Fahrzeug Z-Achse wirken. Das Gehäuse ist so zu konstruieren, dass es bei unsachgemäßem Gebrauch mit geringen Kräften nicht versagt. Mit dem vorgegebenen Design kann jetzt der vorhandene Bauraum für strukturgebende Geometrie ausgewiesen werden. Hierfür wird davon ausgegangen, dass eine Kraft von 100N an dem Gehäuse, entgegen der Fahrzeug Z-Richtung, angreift. Dadurch entsteht ein Biegemoment um die X-Achse sowie ein Torsionsmoment um die Y-Achse.

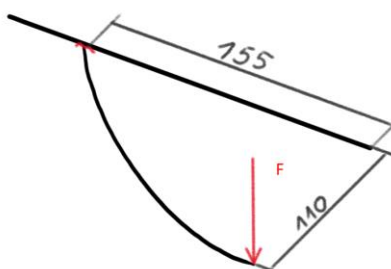


Abbildung 35 Skizze unsachgemäßer Gebrauch

Für die Vordimensionierung des gefährdeten Querschnitts wird der Lastfall vereinfacht. Die Krümmung wird vernachlässigt. Die Einzelkraft wird in den Schubmittelpunkt des Kragarmes verschoben und dafür ein Torsionsmoment hinzugefügt. Durch diese Vereinfachung ist eine einfache Bewertung der Querschnitte analytisch sowie mit FEM Modellen möglich.

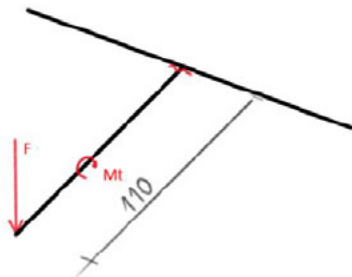


Abbildung 36 Vereinfachung für Berechnungs- und FEM Modelle

Die entstehenden Drehmomente werden im Anhang im Kapitel 10.9 berechnet.

Als Material wird die Aluminium Legierung AlSi10Mg eingesetzt. Die Aluminiumgusslegierung besitzt die in Tabelle 3 genannten Eigenschaften.

Eigenschaft	Wert
Zugfestigkeit	$140 \frac{N}{mm^2}$
E-Modul	$75000 \frac{N}{mm^2}$
Dehngrenze	$80 \frac{N}{mm^2}$
Dichte	$2,65 \frac{Kg}{dm^3}$

Tabelle 3 AlSi10Mg Eigenschaften [27]

Bei der Auswahl der Geometrie ist auf die Fertigbarkeit zu achten. Eine Entformung muss nach dem Gießprozess möglich sein. Hinterschnedungen sind zu vermeiden.

6.3.1 Vordimensionierung offenes Profil

Eine Möglichkeit den Grundträger aus Aluminium zu konstruieren ist, einen offenen Querschnitt auszuwählen, ähnlich wie in Abbildung 25 auf der Seite 15 abgebildet. Der Träger besitzt einen Querschnitt, welcher durch eine Topologie Optimierung auf eine für das Design optimale Art und Weise ausgesteift ist. Der Vorteil eines solchen Profils ist eine gute Fertigbarkeit. Der Grundträger kann daher mit einem Druckgusswerkzeug gefertigt werden und benötigt keine Fügeverfahren.

6.3.1.1 Biegung

Die Berechnung für die, durch die Kraft entstehende, Biegebelastung ist im Anhang im Kapitel 10.10 dargestellt. Bei dem Profil handelt es sich um den Grundträger, der im gefährdeten Querschnitt geschnitten wurde. Mittels Gleichung 1 lässt sich das Flächenträgheitsmoment des dünnwandigen Querschnitts berechnen. Die in dem Querschnitt auftretende Biegespannung ist mit $27,5 \frac{N}{mm^2}$ gering. Das Profil ist für Biegebelastungen, durch ein hohes Flächenträgheitsmoment, gut geeignet.

6.3.1.2 Torsion

Dieses offene Profil ist durch einen Hebelarm in X-Richtung auch einem Torsionsmoment ausgesetzt. Die analytische Berechnung der Torsion ist im Kapitel 10.11 abgebildet. Das Torsionsträgheitsmoment des Profils ist mit $240mm^4$ gering. Die resultierende Torsionsschubspannung beträgt $129,17 \frac{N}{mm^2}$.

6.3.1.3 Vergleichsspannung

Damit die errechneten Spannungen mit den aus dem Zugversuch ermittelten werkstoffspezifischen Werten verglichen werden können, wird die von Mises Vergleichsspannung ermittelt. Die Vergleichsspannung errechnet sich bei einer Torsions- und Biegebelastung vereinfacht mit der in der Formel 2 dargestellten Rechnung. Damit beträgt die von Mises Vergleichsspannung $225,41 \frac{N}{mm^2}$.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 * \tau^2} = \sqrt{\left[27,5 \frac{N}{mm^2}\right]^2 + 3 * \left[129,17 \frac{N}{mm^2}\right]^2} = 225,41 \frac{N}{mm^2}$$

Formel 2 Vergleichsspannung offenes Profil

6.3.1.4 FEM Analyse offenes Profil

Das gewählte Modell wird in der Abaqus CAE Anwendung aufgebaut. Das Torsionsmoment und das Biegemoment wirken in der Analyse gleichzeitig. Der Querschnitt hat dieselben Abmessungen wie bei den in Kapitel 10.10 und 10.11 dargestellten Berechnungen. Das rechte Ende des Trägers stellt hier den gefährdeten Querschnitt dar. Wie in der analytischen Berechnung wird in der FEM Analyse der Träger als einseitig eingespannt angenommen. Dies wird mit einer starren Kopplung des Querschnitts an einen Referenzpunkt, an welchem alle Freiheitsgrade eingeschränkt werden, dargestellt. Die Kräfte und Momente werden am anderen Ende des Trägers

über einen Referenzpunkt aufgebracht, der mittels einer weichen Kopplung mit dem Querschnitt verbunden ist. Der Träger besitzt eine Länge von 110mm und wird mit einer Kraft von 100N entgegengesetzt der, in Abbildung 37 dargestellten, Y-Koordinaten Achse belastet. Des Weiteren wirkt ein Torsionsmoment von 15500Nmm um die in Abbildung 37 dargestellte Z-Achse, jedoch entgegen der durch die rechte Handregel vorgegebenen Drehrichtung.

Die Spannungsspitzen befinden sich an den Kanten der Gurte des Profils. Das Ergebnis der FEM Berechnung ist eine maximale von Mises Spannung von $233,792 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ im gefährdeten Querschnitt. Dieser Wert überschreitet die Streckgrenze des gewählten Werkstoffes. Die Ergebnisse der FEM Berechnung und die Ergebnisse der in Kapitel 6.3.1.3 analytisch errechneten Vergleichsspannung befinden sich in derselben Größenordnung.

Dieses offene Profil am gefährdeten Querschnitt erfüllt daher nicht die Anforderungen an die Festigkeit.

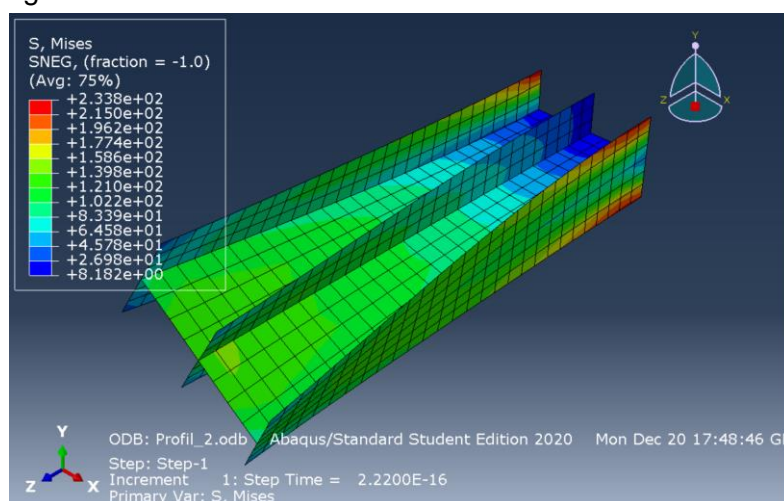


Abbildung 37 FEM Analyse offenes Profil

6.3.2 Vordimensionierung geschlossenes Profil

Da die Berechnungen in Kapitel 6.3.1 ergeben haben, dass die Torsion einen großen Einfluss auf die Spannung im gefährdeten Querschnitt besitzt, kann ein offener, torsionsweicherer Querschnitt nicht eingesetzt werden. Ein geschlossenes Profil ist torsionssteifer als ein offenes Profil. Die Fertigung eines geschlossenen Querschnitts ist jedoch aufwendiger als die eines offenen Profils. Möglichkeiten sind Guss Fertigungen mit einem Einlegekern oder eine Fertigung aus zwei Halbschalen, die anschließend zusammengefügt werden. Zusätzliche Werkzeuge und zusätzliche Arbeitsschritte erhöhen jedoch die Fertigungskosten.

6.3.2.1 Biegung

Die analytische Berechnung der Biegespannung ist in Kapitel 10.12 dargestellt. Durch den auftretenden Steiner Anteil bei der Berechnung des Flächenträgheitsmomentes, der durch die Gurte erzeugt wird, ist das Flächenträgheitsmoment erhöht. Die errechnete Biegespannung, die durch die Kraft von 100N und dem Hebelarm von 110mm im gefährdeten Querschnitt erzeugt wird, beträgt $\delta_b = 8,68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$. Wirkt die Biegung als einzige Belastung an der Struktur, ergibt sich in Verbindung mit den Materialkennwerten eine Biegesicherheit von $S_b = 9,21$.

6.3.2.2 Torsion

Das Torsionswiderstandsmoment ist bei einem dünnwandigen geschlossenen Profil höher als bei einem offenen Profil. Die Berechnung dazu ist in 10.13 dargestellt. Das Torsionswiderstandsmoment ist $W_T = 2000 \text{ mm}^3$. Die daraus resultierende Torsionsschubspannung ist $\tau_{max} = 7,75 \frac{N}{\text{mm}^2}$.

6.3.2.3 Vergleichsspannung

Mit den analytisch errechneten Werten der Biegespannung und Torsionsschubspannung kann die von Mises Vergleichsspannung ermittelt werden. Mit den niedrigeren Werten ist die Vergleichsspannung hier $\sigma_v = 15,99 \frac{N}{\text{mm}^2}$.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 * \tau^2} = \sqrt{\left[8,68 \frac{N}{\text{mm}^2}\right]^2 + 3 * \left[7,75 \frac{N}{\text{mm}^2}\right]^2} = 15,99 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Formel 3 Vergleichsspannung geschlossenes Profil

6.3.2.4 FEM Berechnung geschlossenes Profil

Die FEM Berechnung bei dem geschlossenen Profil, ist wie bei dem offenen Profil, einseitig eingespannt gelagert. Am freien Ende des Trägers, bei dem die Kraft von 100N wirkt, tritt der Effekt der Divergenz auf. Mit steigender Netzfeinheit steigt im Punkt der Krafteinleitung die auftretende Spannung. Dieser Effekt kann im gefährdeten Querschnitt jedoch vernachlässigt werden. Die maximale Vergleichsspannung im gefährdeten Querschnitt ist $\sigma_v = 20,62 \frac{N}{\text{mm}^2}$. Die analytisch errechnete und die, durch die CAE Berechnung ermittelte, Vergleichsspannung befinden sich in derselben Größenordnung.

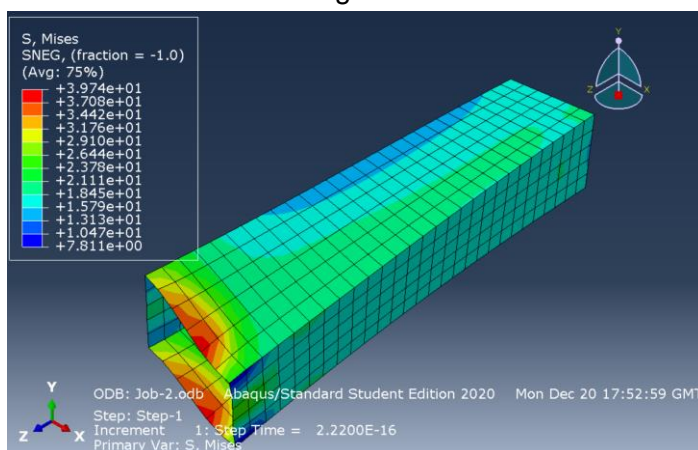


Abbildung 38 FEM Analyse geschlossenes Profil

6.3.3 Fazit der Vordimensionierung

Die berechnete Vergleichsspannung im gefährdeten offenen Querschnitt ist um eine Größenordnung größer als die des geschlossenen Querschnitts. Bei der Belastung von 100N bei einem unsachgemäßen Gebrauch, beträgt die entstehende Spannung $233,792 \frac{N}{\text{mm}^2}$. Bei dem offenen Profil ist diese Spannung bereits oberhalb der Dehngrenze des Materials von $80 \frac{N}{\text{mm}^2}$ und es tritt eine plastische Verformung im gefährdeten Querschnitt auf. Des Weiteren ist die Spannung

oberhalb der Streckgrenze des Materials von $140 \frac{N}{mm^2}$, womit davon auszugehen ist, dass es zum Reißen des Materials kommt.

Das torsionssteife geschlossene Profil hat eine Vergleichsspannung $\sigma_v = 20,62 \frac{N}{mm^2}$ im gefährdeten Querschnitt. Damit kann bei der aufgebrachten Last eine ausreichende Sicherheit gegen plastische Verformung oder gegen ein Reißen des Profils an der Einspannung gewährleistet werden.

Ein offenes Profil im gefährdeten Querschnitt wird aus Festigkeitsgründen daher nicht in Betracht gezogen.

6.4 CAD Modell

Es wird ein Modell des Kameragehäuses mit dem CAD Programm Siemens NX aufgebaut. Es handelt sich um eine frühe Phase in der Entwicklung und das Design, sowie auch die Bauteile können sich noch ändern. Für das Modell wird daher auf eine *All in One Part* Konstruktion zurückgegriffen. Die Bauteile des Kameragehäuses werden hier in einer einzelnen Datei aufgebaut, was das Arbeiten und das aneinander Anpassen der Teile untereinander vereinfacht. Der Bau- raum und die verschiedenen Schraubentypen befinden sich in jeweils eigenen Parts. Während der Konstruktion konnten die Originaldaten der Kamera und der Steckverbindung von Kappa optronics ergänzt werden. Diese werden in eigenen Parts in die Baugruppe eingefügt. Der Assembly Navigator des CAD Modells wird in Abbildung 39 dargestellt.



Abbildung 39 Assembly Navigator

6.5 Konstruktionsablauf

Bei der Konstruktion des Gehäuses wurde in eine Grundkonstruktion und in eine Detaillierung unterschieden. Bei der Grundkonstruktion handelt es sich um den Aufbau von Flächen und Körpern, die eine Funktion erfüllen sollen.

Die Detaillierung hingegen setzt die Bauteile in eine Relation zueinander und sorgt für eine Fertigbarkeit der Bauteile. Am Ende der Konstruktionsphase kam der Kontakt zu der Firma Kappa optronics GmbH zustande, welche einige Daten sowie CAD Modelle zur Verfügung gestellt hat. Daher wurden die Geometrien einiger Bauteile am Ende der Konstruktion für die bereitgestellten CAD Daten optimiert.

6.5.1 Grundkonstruktion

+	✓	+	Model History	
+	✓	+	"Input"	✓
-	✓	+	"Design"	✓
-	✓	+	"Grundkonstruktion"	✓
+	✓	+	"Anbindungsstueck"	✓
+	✓	+	"Design_Außen"	✓
+	✓	+	"Kameraelement"	✓
+	✓	+	"Grundtraeger"	✓
+	✓	+	"Kamerahalter"	✓
+	✓	+	"Abschluss scheibehalterung"	✓
+	✓	+	"Außenverkleidung"	✓
+	✓	+	"Verkleidung_Grundtraeger"	✓
+	✓	+	"Abdeckung_Anbindung"	✓
+	✓	+	"Detailierung"	✓
+	✓	+	"Output"	✓

Abbildung 40 Part Navigator-Grundkonstruktion

Zu Beginn der Konstruktion wird das Anbindungsstück entwickelt. Das Bauteil muss an das Fahrzeug montiert werden können und hat daher eine eindeutig vorgegebene Form. Danach wird das Design das in Kapitel 5.10 ausgewählt wurde als Sketch gezeichnet und anschließend aus Flächen aufgebaut. Die Designflächen stellen die äußeren Fläche der Außenverkleidung des Grundträgers dar. Hier kann bereits die Qualität der Fläche mittels einer Analyse der Knotenpunkteverteilung der Flächen und Highlight Linien festgestellt werden. Die Analysen der Flächen, die in Abbildung 41 und Abbildung 42 dargestellt werden, sind für diese Konstruktion ausreichend. Es kann mit diesen Flächen weitergearbeitet werden. Für eine Serienentwicklung kann hier eine optimierte Kontrollpunktverteilung angestrebt werden.

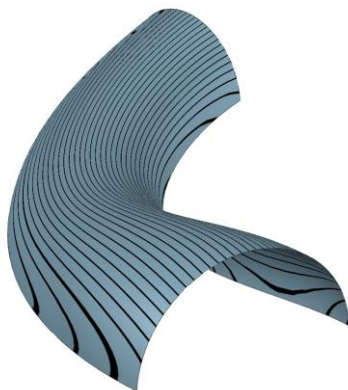


Abbildung 41 Highlight Linien



Abbildung 42 Kontrollpunktverteilung

Anschließend wird das Kameramodul, welches in Kapitel 5.1 vorgestellt wurde als Bauraummodell aufgebaut. Die Kamera wird derart positioniert, dass die Linse der Kamera einen ausreichenden Abstand zur XZ-Ebene hat, um das Sichtfeld, welches in Kapitel 3.4 erklärt ist, darstellen zu können.

Danach kann der Grundträger aufgebaut werden. Die Randbedingungen sind hierfür durch das äußere Design und den Kamerabauraum bereits teilweise bestimmt. Die Hauptaufgaben des Grundträgers sind es, die Kamera zu halten und die Kamera auszurichten.

Der Abschluss scheibenträger wird anschließend vor den Grundträger konstruiert. Er soll eine Abschluss scheibe halten, die in den Abschluss scheibenträger eingeklebt wird und so das Eindringen von Wasser in das Gehäuse verhindert.

Die Abschluss scheibe ist eine zylindrische Glasscheibe mit einem eingefärbten Außenbereich, um die Klebestelle optisch zu verdecken.

Das Gehäuse wird Kameraseitig mit der Außenverkleidung abgeschlossen. Diese wird so konstruiert, dass die Befestigungselemente der Außenverkleidung um die abgeflachten Bereiche des Abschluss Scheibenträgers greifen können. So sind äußerlich keine Metallteile oder Schrauben sichtbar.

Der Grundträger ist anschließend noch zu verkleiden. In diesem Projekt werden hierzu zwei Halbschalen konstruiert, die ineinander befestigt werden. Die äußere Fläche ist durch das vorher bereits festgelegte Design vorgegeben. Das Bauteil bekommt noch Versteifungsrippen, sowie vier Befestigungspunkte. Bei den Bauteilen ist auf eine Entformbarkeit aus dem Werkzeug zu achten. Abschließend werden die Flächen des Anbindungsstücks entwickelt. Hier ist ebenfalls auf eine hohe Flächenqualität zu achten.

6.5.2 Detaillierung

Model History	
+ [Icon] "Input"	✓
- [Icon] "Design"	✓
+ [Icon] "Grundkonstruktion"	✓
- [Icon] "Detaillierung"	✓
+ [Icon] "Anbindungsstueck"	✓
+ [Icon] "Kameraelement"	✓
+ [Icon] "Grundtraeger"	✓
+ [Icon] "Scheibehalterung"	✓
+ [Icon] "Scheibe"	✓
+ [Icon] "Außenverkleidung"	✓
+ [Icon] "Verkleidung_Grundtraeger"	✓
+ [Icon] "Anbindungs_Abdeckung"	✓
+ [Icon] "Output"	✓

Abbildung 43 Part Navigator Detaillierung

Für die Detaillierung des Anbindungsstücks werden Entformschrägen eingefügt, um ein gießbares Anbindungsstück zu erhalten. Das Rohteil ist damit entformbar und bekommt Gewindebohrungen um als Fertigteil anschließend montiert werden zu können.

Der Grundträger wird als Rohteil in Überlänge gefertigt, um für verschiedene Modelle genutzt werden zu können. Dieser wird anschließend zugeschnitten und mit dem Anbindungsstück verschweißt. Das Rohteil des Grundträgers ist somit ein nicht zugeschnittenes nicht gebohrtes Bauteil und wird mit spanender Bearbeitung zum Fertigteil. Die Bauteile Abschluss Scheibehalterung, Abschluss Scheibe und Außenverkleidung werden mit Verrundungen und Entformschrägen entformbar gestaltet, sowie Ausschnitte für eine kollisionsfreie Montage eingefügt.

Die Abdeckung des Anbindungsstücks wird in zwei Bauteile aufgeteilt und Befestigungspunkte eingefügt. So kann die Verkleidung des Anbindungsstücks auch nach der Verbindung von Grundträger und Anbindungsstück montiert werden.

6.5.3 Output.

Im Output befinden sich die Rohteile und die Fertigteile der Konstruktion in jeweils eigenen Ordnern. Das Anbindungsstück und der Grundträger sind in den Rohteilen als gebrochene links dargestellt, um die Rohteile, trotz assoziativer Entwicklung, korrekt anzeigen lassen zu können.

6.6 Bauraummodell

Die Tür, das Seitenfenster und ein Teil der A-Säule werden als Bauraummodell aufgebaut. Hier werden einfache Geometrien verwendet, um die umliegenden Bauteile darzustellen. Um das Bauraummodell zu erstellen, muss das Fahrzeug vermessen werden. Die gemessenen Maße werden für den Aufbau der Geometrien verwendet. Das Kameragehäuse soll an den vorhandenen Schraubpunkten montiert werden können.

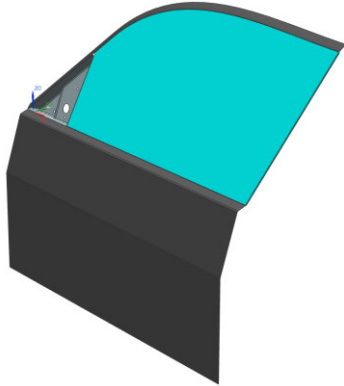


Abbildung 44 Bauraummodell

6.7 Bauteile

Die Bauteile, die benötigt werden, werden zum Teil zugekauft und zum Teil neu gefertigt. Bei den zu fertigenden Teilen ist eine einfache, schnelle und kostengünstige Fertigbarkeit anzustreben. Auch die Werkzeugkosten müssen berücksichtigt werden. Einige Bauteile sind modellspezifisch und können daher nicht für mehrere Modelle genutzt werden. Damit ist die Losgröße der Bauteile teilweise gering.

6.7.1 Kameramodul

Das Kameramodul des Herstellers Kappa Optronics wird auf Basis der öffentlichen Informationen als Blackboxmodell aufgebaut. An der Rückseite des Moduls wird die Verkabelung vorgesehen. In der Abbildung 45 ist ein Bild des Moduls dargestellt, während in Abbildung 46 das Blackboxmodell dargestellt ist. Das Kameramodul ist ein Zukaufteil. Bei dieser Firma wird ebenfalls der verarbeitende Computer, sowie der Monitor und der Kabelsatz eingekauft. Anhand dieses in Abbildung 46 dargestellten Modells werden alle umliegenden Bauteile aufgebaut. Im Verlauf der Konstruktion wurde das Blackboxmodell durch die CAD Daten der Firma Kappa Optronics GmbH ausgetauscht und die Bauteile an das Originalteil angepasst. Dieses Modell ist in Abbildung 47 dargestellt.



Abbildung 45 Kappa Optronics GmbH Kameramodul [28]

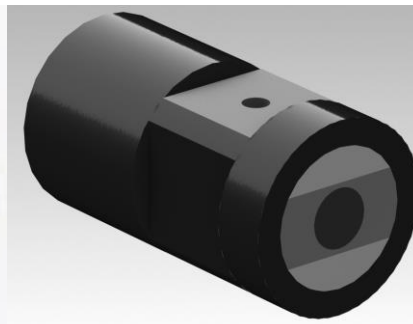


Abbildung 46 Blackboxmodell Kameramodul



Abbildung 47 Kameramodell Kappa Optronics GmbH

6.7.2 Anbindungsstück

6.7.2.1 Allgemeines

Das Anbindungsstück ist ein Aluminiumgussteil. Es ist so konstruiert, dass eine Kabeldurchführung und eine Verschraubung an der Tür möglich bleiben. Die rechteckige Öffnung in der Mitte des Bauteils ist die Kabeldurchführung. Die fünf kleinen runden Durchgangslöcher sind für die spätere Befestigung der Verkleidungen des Anbindungsstückes mittels der Kunststoffschrauben KN6039 2x4 - T6 vorgesehen. Die drei größeren Gewindebohrungen sind mit einem M6 Innengewinde versehen und werden mit den originalen M6*17 Schrauben von BMW an der Tür des Fahrzeuges verschraubt. Das Bauteil hat die Aufgabe, die auch das Anbindungsstück des konventionellen Außenspiegels hat, der in Abbildung 49 dargestellt ist. Es stellt die Verbindung zwischen dem Grundträger und der Karosserie her. Es erfolgt eine Aussteifung des Bauteils. Hierfür eignet sich eine Topologie Optimierung. Dadurch kann die optimale Aussteifung bei vorher definierten Lastfällen gefunden, konstruiert und Leichtbauaspekte berücksichtigt werden. Auch die Materialersparnis muss hier berücksichtigt werden. Ein höherer Materialeinsatz als nötig lässt die Produktionskosten steigen. Zusätzliches Gewicht hat zudem einen Einfluss auf die Energieersparnis, die das Kamera-Monitor System erreicht. Dieser ist in Relation zum Fahrzeuggewicht zwar gering, soll jedoch nicht unerwähnt bleiben. Eine Topologie Optimierung konnte in diesem Projekt nicht durchgeführt werden, es wurde sich daher an dem Aufbau des originalen Anbindungsstücks orientiert.

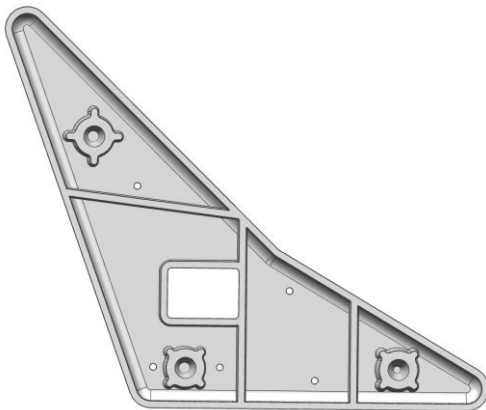


Abbildung 48 Anbindungsstück
Frontansicht



Abbildung 49 Anbindungsstück

Das Anbindungsstück ist ein Aluminiumgussteil. Bei der Konstruktion ist die Entformrichtung festzulegen und auf die Entformbarkeit zu achten. Dieses Bauteil ist modellspezifisch für den BMW E90. Die Losgröße dieses Bauteils ist gering. Hohe Werkzeugkosten, die bei einem im Fahrzeugbau üblichen Aluminiumdruckgusswerkzeug auftreten, können auf nur wenige Bauteile verteilt werden, wodurch die Kosten des Bauteils ansteigen würden [29]. Für die kleine bis mittlere Serie, die angestrebt ist, eignet sich das Kokillengussverfahren. Die Werkzeugkosten sind hier geringer, als bei dem Druckgussverfahren und die Fertigung ist dennoch teilweise oder vollständig automatisierbar. Das Verfahren ermöglicht eine hohe Flexibilität und damit auch eine günstige Erweiterung des Produktportfolios um weitere Fahrzeugmodelle. Der Werkstoff, der hier gewählt wird, ist AlSi10Mg. Die Eigenschaften, die dem Werkstoff zugeordnet werden, sind im Anhang in Kapitel 10.14 dargestellt [30]. Besonders zu nennen sind hier, dass sich der Werkstoff gut im Kokillengussverfahren verarbeiten lässt sowie eine exzellente Schweißbarkeit aufweist.

6.7.2.2 Fertigung des Bauteils

- 1 Kokillengießen des Rohteils
- 2 Entfernen der Gusskokillen
- 3 Bohren der Befestigungslöcher des Anbindungsstücks am Fahrzeug
- 4 Gewindeschneiden in den Befestigungslöchern des Anbindungsstücks



Abbildung 50 Draft Analyse Rohteil

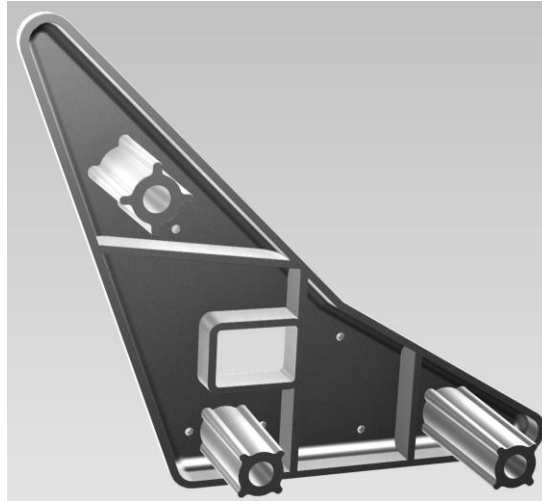


Abbildung 51 Rendering des Fertigteils

6.7.3 Grundträger

6.7.3.1 Allgemeines

Der Grundträger wird aufgrund der in Kapitel 6.3 dargestellten Berechnungen, als geschlossenes Profil ausgeführt. Die Außenabmessungen werden durch das in Kapitel 5.10 ausgewählte Design begrenzt. An der Oberseite des Trägers befindet sich eine Durchgangsbohrung, um die Kamera befestigen zu können. Kameraseitig besitzt der Grundträger zwei Gewindebohrungen, die für das Befestigen des Abschluss Scheibenträgers im Grundträger eingebracht werden. Der Grundträger besitzt eine Überlänge und muss daher zugeschnitten werden. Dadurch kann dieser jedoch für verschiedene Fahrzeugmodelle genutzt werden und ist nicht nur für den BMW E90 einsetzbar.



Abbildung 52 Grundträger

Damit die Kamera gerade ausgerichtet ist, werden wie in Abbildung 53 und Abbildung 54 dargestellt, Ausrichtungsstege mit eingegossen. Die Kamera wird daran angelegt und eine Verdrehung der Kamera so eingeschränkt.

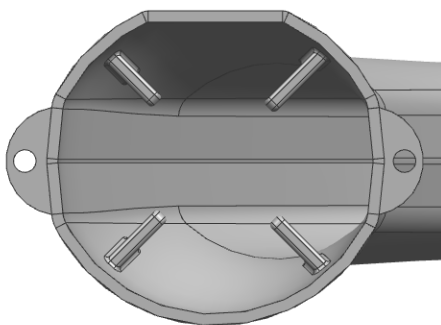


Abbildung 53 Ausrichtungsstege

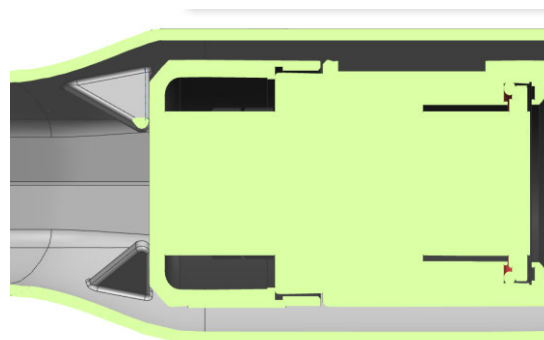


Abbildung 54 Grundträger im Schnitt

Das Bauteil wird wie bereits das in Kapitel 6.7.2 vorgestellte Anbindungsstück, im Kokillengussverfahren hergestellt. Bei dem Verfahren ist es möglich einen Sandkern einzulegen, um die innere Geometrie Formen zu können.

Der Grundträger wird Kameraseitig noch mit zwei Gewindebohrungen versehen. An diesen Gewindebohrungen wird der Abschluss Scheibenträger befestigt. Das Bauteil wird ebenfalls aus dem Werkstoff AlSi10Mg gefertigt. Das Werkstück besitzt damit später gute Materialeigenschaften sowie eine exzellente Schweißbarkeit.

6.7.3.2 Fertigung

- 1 Kokillengießen des Bauteils
- 2 Sandkern ausspülen
- 3 Durchgangsloch der Kamerahalterung bohren
- 4 Gewindebohrungen für den Abschlusscheibenträger einbringen
- 5 Grundträger zuschneiden



Abbildung 55 Rendering des Rohteils

6.7.4 Abschluss Scheibenträger

6.7.4.1 Allgemeines

Der Abschluss Scheibenträger ist ein Bauteil, welches an den Grundträger angeschraubt wird. Es handelt sich um ein Kunststoffbauteil. In diesen wird die Abschluss Scheibe aus Glas eingeklebt. Dieses Bauteil kann bei allen Versionen des nachrüstbaren Kamera-Monitor Systems eingesetzt werden und ist nicht modellspezifisch. Gefertigt wird der Abschluss Scheibenträger im Kunststoffspritzgussverfahren. Als Werkstoff wird der für den Fahrzeugbau übliche ABS Kunststoff verwendet. Dieser kann im Spritzgussverfahren verarbeitet werden und besitzt gute mechanische Eigenschaften. Festgeschraubt wird der Träger mit zwei M3*6 T10 Schrauben, die in den Grundträger eingeschraubt werden.

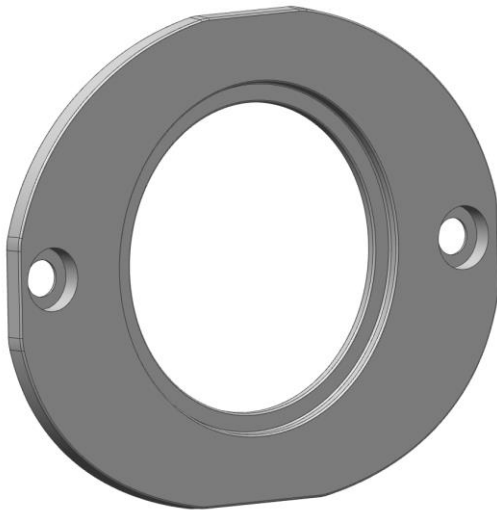


Abbildung 56 Abschluss Scheibenträger

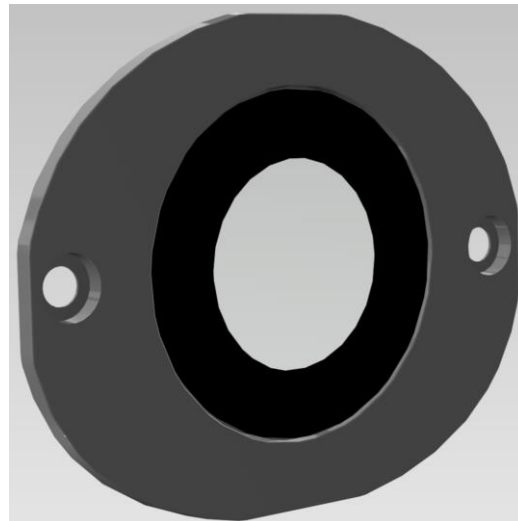


Abbildung 57 Rendering des Abschluss Scheibenträgers inkl. Scheibe

6.7.4.2 Fertigung

- 1 Spritzgießen des Bauteils
- 2 Einkleben der Abschluss Scheibe



Abbildung 58 Draft Analyse Abschluss Scheibenträger

6.7.5 Kamerahalterung

6.7.5.1 Allgemein

Die Kamerahalterung ist für die Kamera von Kappa optronics GmbH entwickelt. Sie umschließt den rechteckigen Bereich des Gehäuses und besitzt an der Oberseite einen Gewinde Einsatz, der eine Verbindung zwischen dem Grundträger und der Kamera ermöglicht. Bei der Kamerahalterung handelt es sich um ein Kunststoff Spritzgussteil. Der Gewindeeinsatz hat einen Außendurchmesser von 6mm und ein Innengewinde für die metrische M4 Schraube. Die an der Kamera anliegenden Flächen der Kamerahalterung sind gerade und umschließen die Kamera formschlüssig. Um die Kamera in dem Kamerahalter zu befestigen, muss die Halterung elastisch aufgebo-gen und über die Kamera eingeschoben werden.

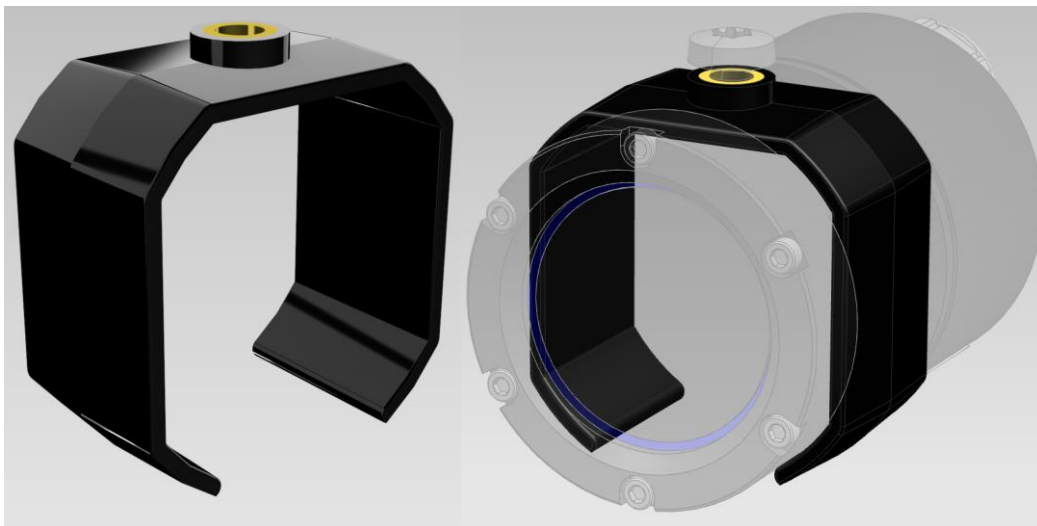


Abbildung 59 Kamerahalterung Rendering

6.7.5.2 Fertigung

- 1 Spritzgießen des Bauteils
- 2 Einsetzen des Gewindeeinsatzes

6.7.6 Außenverkleidung

6.7.6.1 Allgemein

Bei der Außenverkleidung handelt es sich um eine optische Blende, die an dem Abschluss Scheibenträger mittels vier Befestigungselemente befestigt wird. Sie besteht aus Kunststoff und wird im Spritzgussverfahren hergestellt. Das Bauteil ist nicht modellspezifisch und kann daher bei verschiedenen Modellen verwendet werden. Es gehört zum Exterieur Design des Fahrzeuges und kann dementsprechend unterschiedliche Oberflächen erhalten. Schwarz genarbter Kunststoff, lackierte Oberfläche oder eine Verchromung wären hier möglich. Die Außenverkleidung schließt das Gehäuse hinten ab.

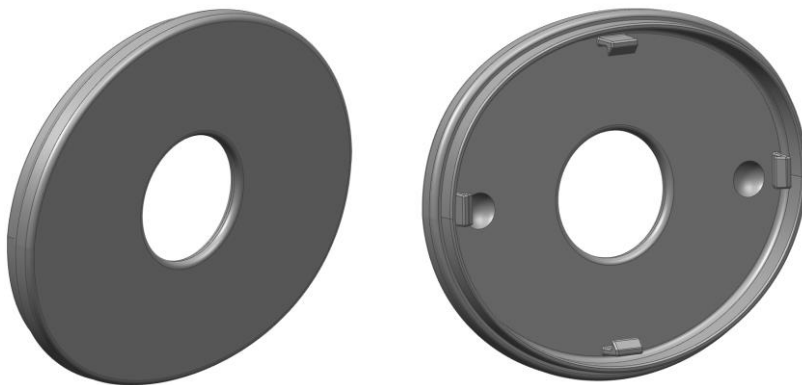


Abbildung 60 Zwei Ansichten der Außenverkleidung

Die Blende besitzt eine Öffnung an der Stelle, an der der Klarglasbereich des Abschluss Scheibenträgers sitzt. Da es bei diesem Bauteil durch die Befestigungselemente zu hinterschnitten kommt, ist ein komplizierteres Werkzeug nötig, um dieses Bauteil zu fertigen. Der Bauteilpreis kann jedoch über eine höhere Losgröße geringgehalten werden, da das Bauteil in allen Modellvarianten verbaut werden kann. Zwei Kugelausschnitte werden eingebracht, um den nötigen Bau- raum für die den Abschluss Scheibenträger befestigenden Schrauben vorzusehen.

6.7.6.2 Fertigung

1 Spritzgießen des Bauteils

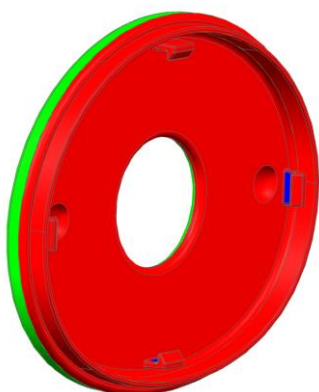


Abbildung 61 Draft Analyse
vordere Abdeckung

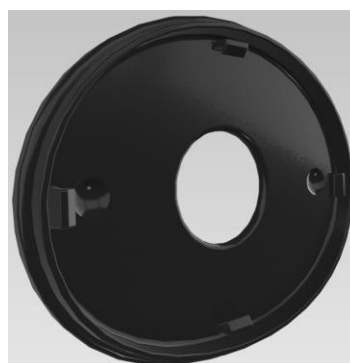


Abbildung 62 Rendering der vorderen Abdeckung

6.7.7 Verkleidung des Grundträgers

6.7.7.1 Allgemein

Der Grundträger wird von der oberen und unteren Verkleidung des Grundträgers verkleidet. Das Bauteil ist ein Designelement und kann in verschiedenen Werkstoffen, Lackierungen und Oberflächen angeboten werden. Bei dem nachrüstbaren Gehäuse bietet es sich an, Versionen aus schwarzen genarbtten Kunststoffoberflächen und Carbon Folien überzogenen Kunststoffteilen anzubieten. Die obere und untere Schale wird aneinander, an den vier Verbindungspunkten befestigt. Diese Verbindungen stellen den Bauraum dar, in dem ein Verrastungsmechanismus montiert werden kann. Auch direkte Anlageflächen für den Grundträger sind hier vorgesehen.

Die Verkleidungen werden im Kunststoffspritzgussverfahren hergestellt. Das große Kunststoffteil ist mit zwei Längsversteifungen und acht Querversteifungen versteift. Die Wandstärke dieser Bauteile beträgt 1mm.



Abbildung 63 Rendering Verkleidung Grundträger

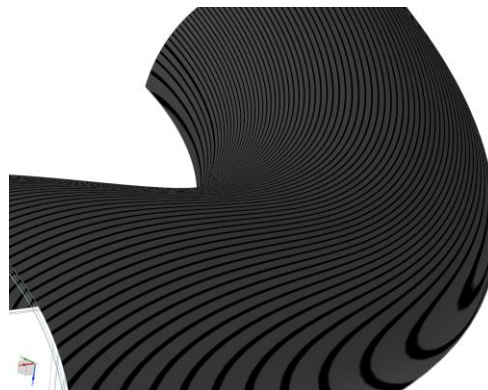


Abbildung 64 Highlight Linien Verkleidung Grundträger

6.7.7.2 Fertigung

- 1 Spritzgießen des Bauteils
- 2 Oberfläche nachbearbeiten

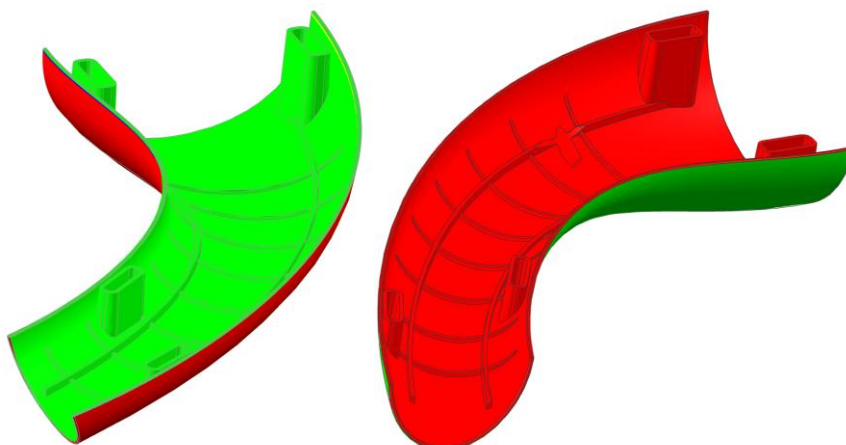


Abbildung 65 Verkleidung Grundträger Draft Analyse

6.7.8 Verkleidung des Anbindungsstücks

6.7.8.1 Allgemein

Die Verkleidung des Anbindungsstücks ist ein Kunststoffbauteil, welches in ähnlicher Bauweise bereits an dem konventionellen Spiegel vorhanden ist. Eine Anforderung an dieses Bauteil ist es, dass es einfach demontierbar und montierbar ist. So wird bei einer Beschädigung ein günstiger Austausch gewährleistet. Um das Demontieren der Abdeckung des Anbindungsstücks zu ermöglichen, wird es zweiteilig gefertigt. Die beiden Bauteile werden mit dem Anbindungsstück verschraubt. Auf der Rückseite des Bauteils befinden sich die Verschraubungspunkte. Die Bauteile werden beide mit dem Kunststoffspritzgussverfahren gefertigt und können anschließend verschiedene Oberflächen Veredelungen erhalten. Lackierungen, Folierung sowie ein Verchromen wären hier denkbar.

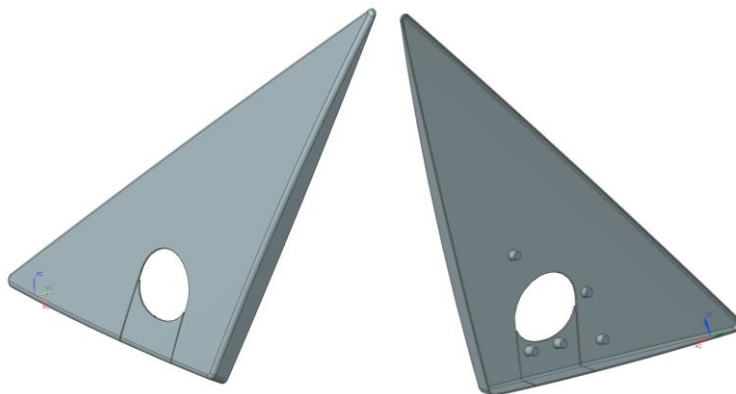


Abbildung 66 Verkleidung des Anbindungsstücks in zwei Ansichten

6.7.8.2 Fertigung

- 1 Spritzgießen der beiden Bauteile
- 2 Vorbohren der Löcher für die Montage

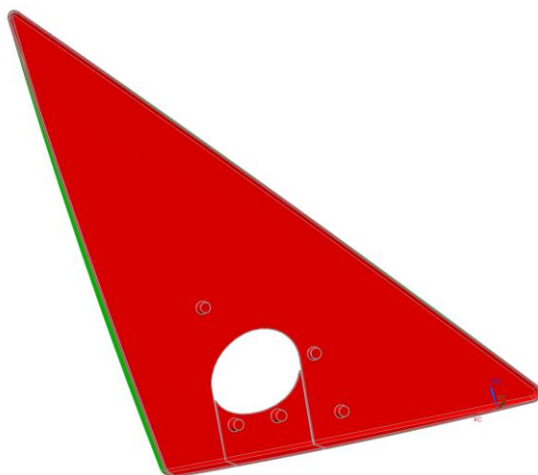


Abbildung 67 Draft Analyse Verkleidung Anbindungsstück



Abbildung 68 Rendering Verkleidung Anbindungsstück

6.8 Zusammenbauanleitung

- 1 Zu Beginn des Zusammenbaus werden Grundträger und Anbindungsstück zusammengesweißt.



Abbildung 69 Zusammenbau Schritt 1 (verschweißen)

- 2 Danach wird der obere Teil der Verkleidung des Anbindungsstücks von hinten mit dem Anbindungsstück verschraubt.



Abbildung 70 Zusammenbau Schritt 2 (obere Verkleidung Anbindungsstück montieren)

- 3 Das untere Teil der Verkleidung des Anbindungsstücks wird nun auf gleiche Weise mit dem Anbindungsstück verschraubt.



Abbildung 71 Zusammenbau Schritt 3 (untere Verkleidung Anbindungsstück montieren)

- 4 Kamerahalter an dem rechteckigen Bereich der Kamera befestigen.

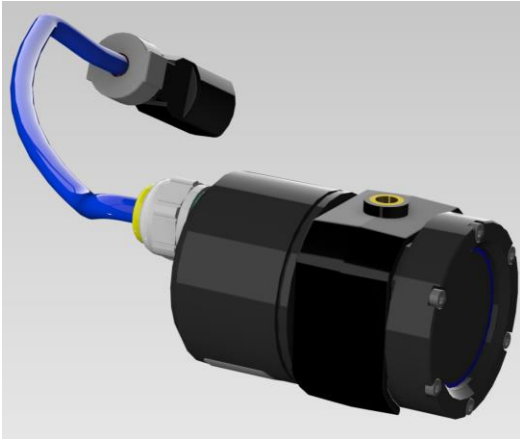


Abbildung 72 Schritt 4 (Kamerahalter an der Kamera montieren)

- 5 Die Kamera kann nun eingesetzt und oben mit einer Schraube fixiert werden. Die elektrischen Leitungen können hier durch den Grundträger und durch das Anbindungsstück geführt werden.

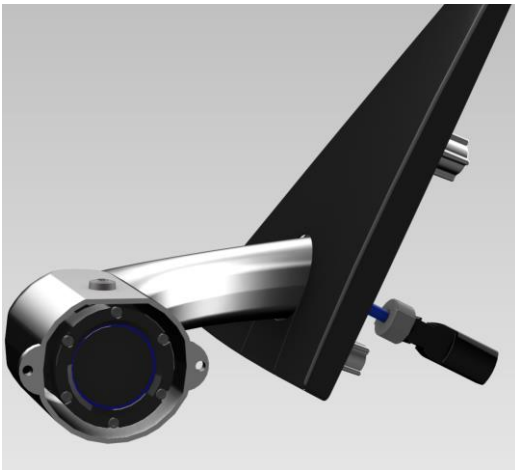


Abbildung 73 Zusammenbau Schritt 5 (Kamera montieren)

- 6 Davor wird der Abschluss Scheibenträger montiert, indem er mit zwei Schrauben an dem Grundträger fixiert wird.

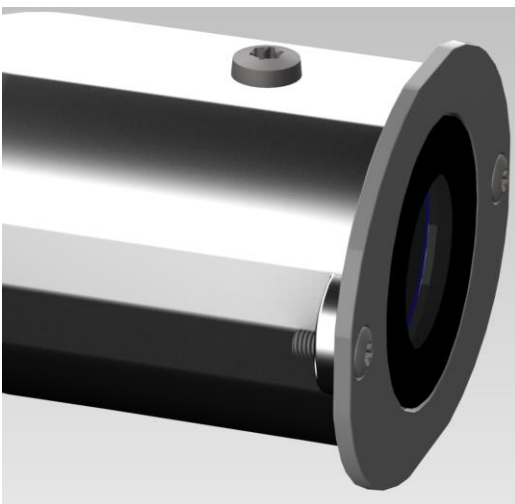


Abbildung 74 Zusammenbau Schritt 6 (Abschluss Scheibenträger montieren)

7 Über den Abschluss Scheibenträger wird die Außenblende gesteckt.

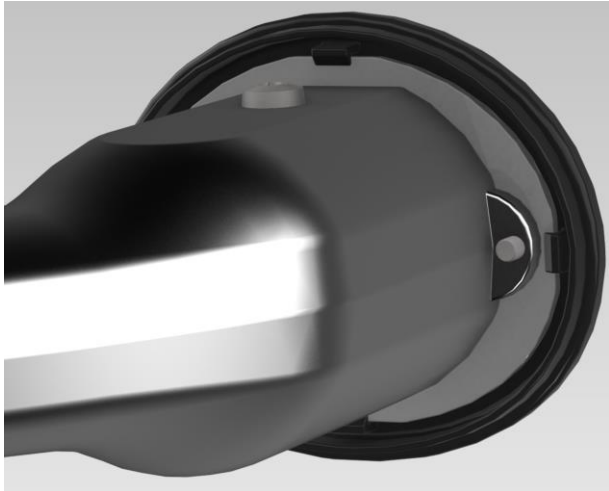


Abbildung 75 Zusammenbau Schritt 7 (Außenblende montieren)

8 Die untere Verkleidung des Grundträgers wird positioniert.

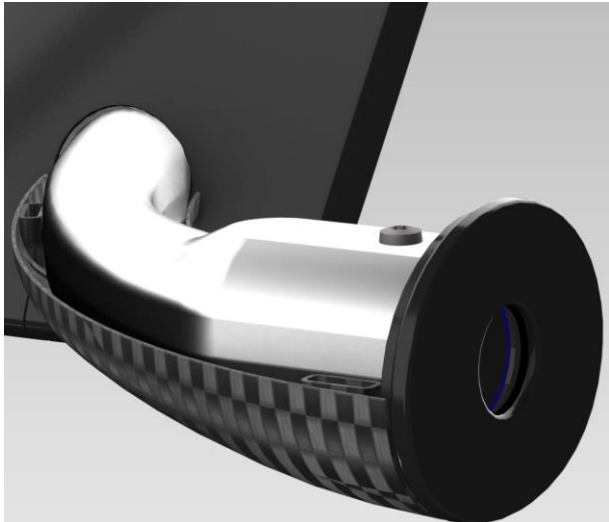


Abbildung 76 Zusammenbau Schritt 8 (untere Verkleidung montieren)

9 Die untere und obere Verkleidung des Grundträgers werden nun miteinander verbunden.

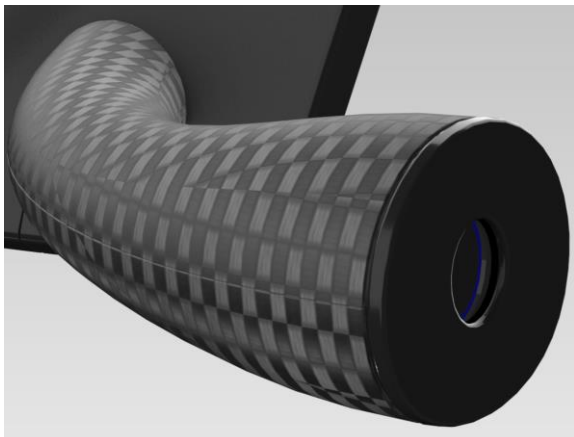


Abbildung 77 Zusammenbau Schritt 9 (obere Verkleidung montieren)

6.9 Stückliste

Die Stückliste ist im Anhang im Kapitel 10.15 dargestellt. Die angegebenen Massen sind aus dem im CAD Programm ermittelten Volumen der Körper sowie deren Dichte errechnet worden. Als Dichte für den ABS Kunststoff wird hierbei $0,00104 \frac{g}{mm^3}$ und für die Bauteile aus AlSi10Mg $0,00265 \frac{g}{mm^3}$ gewählt. Für das Kameragehäuse werden die in Kapitel 6.7 vorgestellten Bauteile benötigt, dazu gehören der Grundträger, das Anbindungsstück, der Abschluss Scheibenträger, die Scheibe, die vordere Außenverkleidung, die obere und untere Verkleidung des Anbindungsstücks, die obere und untere Verkleidung des Grundträgers, das Kameramodul, der Kamerahalter sowie diverse Schrauben für die Befestigung der Bauteile. Diese Bauteile sind für beide Fahrzeugseiten nötig. Insgesamt besteht das Kameragehäuse des Umrüstsatzes damit aus 52 Einzelteilen. Hinzu kommen noch die Bauteile des Monitorgehäuses.

6.10 Spannungen im gefährdeten Querschnitt

Nachdem die Bauteile konstruiert sind, kann das Prüfen der Spannungen im gefährdeten Querschnitt folgen. Der Querschnitt des Grundträgers wird dafür in Abaqus CAE aufgebaut und mit den gleichen Kräften und Momenten belastet wie bereits die Profile in der Vordimensionierung. Der gefährdete Querschnitt ist mit lediglich geringen Spannungen belastet. Die hier maximal auftretende Spannung ist mit $10,06 \frac{N}{mm^2}$ gering.

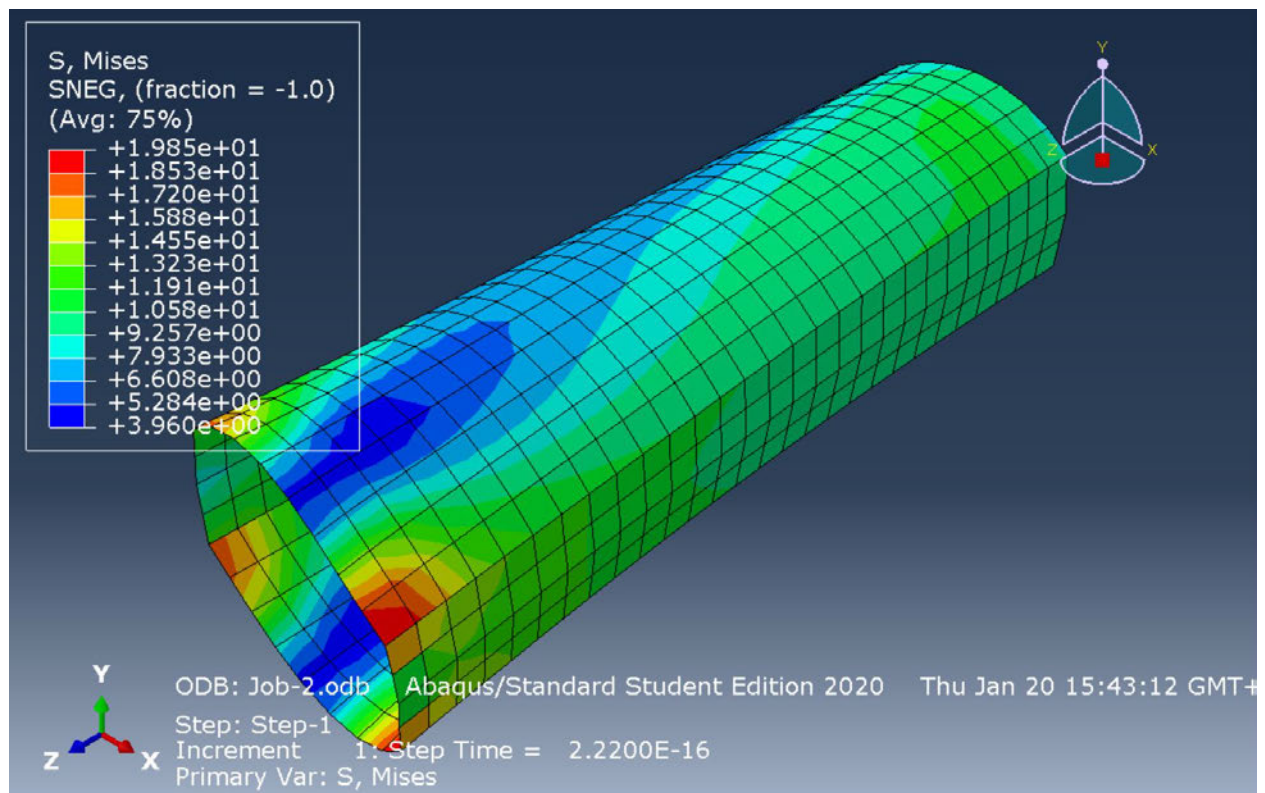


Abbildung 78 FEM Analyse entwickeltes Profil

7 Kostenkalkulation

7.1 Zielgruppenanalyse-Kundenschätzung

7.1.1 Kundenschätzung über Modellreihen

Um eine Kostenkalkulation erstellen zu können, ist eine Einschätzung der möglichen Absatzmenge erforderlich. Da das entwickelte Kameragehäuse nur an dem BMW E90 montiert werden kann, werden die Absatzmengen nach oben von den Produktionszahlen dieser Baureihe begrenzt. In Regensburg wurden 800.000 Fahrzeuge des BMW E90 im Zeitraum von 2005 bis 2011 hergestellt. Insgesamt wurden in etwa 3.000.000 Fahrzeuge der Baureihe hergestellt [31] [32].

Um eine realistische Einschätzung des deutschen Marktes zu erhalten, werden Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes ausgewertet. Der Datenstand ist vom 01 Januar 2021 und somit zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Ausarbeitung über ein Jahr alt. Die dadurch entstehenden Ungenauigkeiten werden in dieser Abschätzung vernachlässigt. Das Kraftfahrt-Bundesamt hat eine Tabelle zum Bestand an zugelassenen Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Herstellern und Typen veröffentlicht. Nach dieser Liste sind insgesamt 59.167.774 Fahrzeuge angemeldet. Durch eine Auswertung der Daten können die Fahrzeuge von BMW einzeln betrachtet werden. Unter diesen Fahrzeugen sind 4.314.828 Fahrzeuge von BMW. Mit Hilfe der Verkaufsbezeichnungen kann die Anzahl der Fahrzeuge der 3er Reihe ermittelt werden. Insgesamt sind 1.053.047 Fahrzeuge von BMW der 3er Reihe zugeordnet. Die Produktionszahlen sowie der Bestand der unterschiedlichen Baureihen des Mittelklassefahrzeuges variieren. In Abbildung 79 ist ein Diagramm dargestellt, welches den weltweiten Absatz aller Generationen im Vergleich darstellt. Nun wird die, mittels der Tabelle zum Bestand an Kraftfahrzeugen, ermittelten absoluten Anzahl aller 3er BMW durch die Anzahl der sechs Generationen geteilt. Da nicht alle Generationen gleiche Produktionszahlen haben und daher auch nicht gleich häufig vorhanden sind, entsteht bei diesem Vorgang ein Fehler, der jedoch vernachlässigt wird. Seit 2019 wird die 7. Generation der 3er Reihe gefertigt. Für diese Baureihe gibt es zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit keine Verkaufszahlen. Daher wird diese Generation in der Berechnung vernachlässigt. Es ergeben sich ca. **175.508** E90 Modelle in Deutschland, die potenziell mit dem System nachgerüstet werden können.

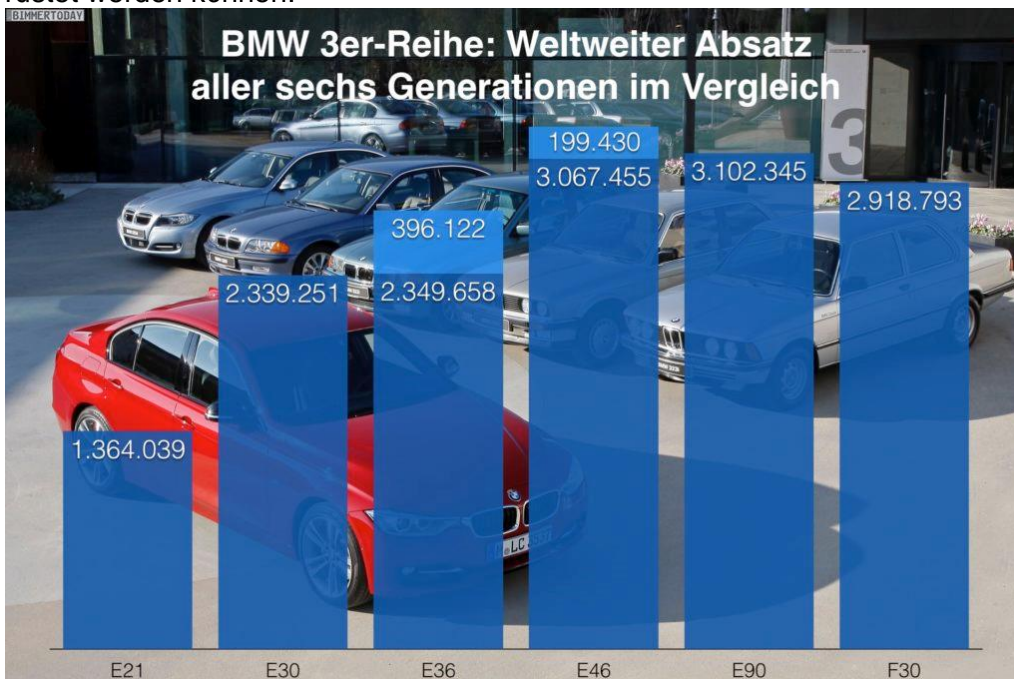


Abbildung 79 Weltweiter Absatz aller Sechs Generationen im Vergleich [31]

7.1.2 Kundenschätzung über die Typenschlüsselnummer

In der Tabelle des Kraftfahrt-Bundesamtes gibt es zusätzlich zu dem Herstellernamen und den Verkaufsbezeichnungen die Typenschlüsselnummern. Bei der Durchsicht der TSN ist auffällig, dass diese zwischen dem Baujahr 2005 und 2012 mit dem Buchstaben A beginnt. Wird also zunächst nach allen Fahrzeugen gefiltert, deren TSN mit einem A beginnt und anschließend nach der Verkaufsbezeichnung der 3er Reihe, erhält man die Anzahl aller 3er BMW, die zwischen 2005 und 2012 gebaut worden und in Deutschland zugelassen sind. Insgesamt haben 1.227.260 Fahrzeuge eine Typenschlüsselnummer die mit A beginnt und somit ein Baujahr in etwa zwischen 2005 und 2012. **290.991** Fahrzeuge davon sind 3er BMW's und können durch die Baujahre der Baureihe E 90 zugeordnet werden.

7.1.3 Kundenschätzung

In der Kostenkalkulation wird davon ausgegangen, dass 5% der Fahrzeuge in Deutschland das System nachrüsten lassen. Die in Kapitel 7.1.1 durchgeführte Schätzung würde bei einer Verkaufsquote von 5% aller BMW E90 Fahrer zu einer Anzahl an absetzbaren Nachrüstsetzen von in etwa 8.774 Stück führen. Eine Schätzung aufgrund der Typenschlüsselnummern, wie in Kapitel 7.1.2 dargestellt, führt zu 14.550 verkauften Umrüstsätzen bei, gleichbleibendem prozentualen Anteil. In die Schweiz sowie Österreich können ebenfalls weitere Umrüstsätze verkauft werden. Für die folgende Kalkulation wird daher mit **10.000** verkaufbaren Umrüstsätzen gerechnet.

7.2 Kostenkalkulation

Die Berechnung der Kostenkalkulation ist im Kapitel 10.16 dargestellt. Sie wird in die Bestandteile Gehäusekosten, Kamera-Monitorkosten sowie Zulassungskosten aufgeteilt.

Die Kostenkalkulation beginnt mit der Berechnung der Materialmenge. Da die Bauteile bereits in einem CAD Programm aufgebaut wurden, kann das Volumen der Einzelteile einfach dargestellt werden. Da die in Kapitel 6.7 vorgestellten Bauteile jeweils spiegelsymmetrisch für die Fahrer und die Beifahrerseite benötigt werden, müssen die errechneten Volumina mit 2 multipliziert werden. Es wird eine ABS Menge von 143g benötigt, um alle Kunststoffbauteile zu füllen. Die Aluminiummenge beträgt 358g. Zu diesen Mengen kommt ein Aufschlag von 30%. Dieser ist für Angussbereiche oder andere im Produktionsvorgang entstehenden mit materialgefüllte Bereiche, die nicht für die Bauteile verwendet werden können. Mit einem Rohstoffpreis pro Kilogramm können dann anschließend die Materialkosten ermittelt werden. Hinzu kommen die Kosten für Kleinmaterial. Das Kleinmaterial beschreibt Zusatzstoffe wie Klebstoff und Schrauben die als Material ebenfalls benötigt werden. Diese werden mit 7€ berücksichtigt. Materialkosten gesamt sind **90.197,36€**.

Für die Fertigungskosten ist eine Schätzung der Werkzeugkosten notwendig. Für die Bauteile, die im Kunststoff-Spritzgussverfahren hergestellt werden, wird mit Werkzeugkosten von 50.000€ pro Werkzeug gerechnet. Insgesamt sind 13 Spritzgusswerkzeuge notwendig. Für ein Kokillengusswerkzeug für die Aluminiumbauteile wird von 30.000€ pro Werkzeug ausgegangen. Insgesamt sind 4 Kokillengusswerkzeuge notwendig. Damit ergeben sich Werkzeugkosten von insgesamt 720.000€. Hinzu kommt ein Fertigungsgemeinkostenaufschlag von 60% der Werkzeugkosten für die Fertigung der Bauteile. Insgesamt ergeben sich damit Fertigungskosten von 1.232.000€. Mit den Fertigungskosten gesamt ergeben sich somit die Herstellungskosten von **1.322.197,36€**.

Es werden 35% der Herstellungskosten für die Verwaltung und den Vertrieb aufgeschlagen. Damit ergeben sich die Selbstkosten von **1.784.966,435€**.

Es wird ein Gewinn von 20% vorausgesetzt und zu den Selbstkosten addiert. Woraus sich der Nettoverkaufspreis ergibt. Mit einer Mehrwertsteuer von 19% und unter Berücksichtigung der Stückzahl von 10.000 Stück ergibt sich ein Preis von **264,44 €** für das Gehäuse pro Umrüstsatz.

Die Kamera- und Monitorkosten kommen zu den Kosten für das Gehäuse hinzu und fallen bei jedem einzelnen der Umrüstsätze in voller Höhe an. Für das Set bestehend aus den 2 Kameramodulen, 2 Monitore, 2 Steuereinheiten sowie dem Kabelsatz fallen Kosten zwischen 3000€ und 4500€ an. Für diese Kalkulation wird damit ein Preis von **3750€** angenommen.

Um dem Kunden die Zulassung des Umrüstsatzes zu vereinfachen, wird eine Typengenehmigung der Bauteile vorgesehen. Die Kosten dafür werden mit 20.000€ angenommen und werden auf die Stückzahl verteilt. Insgesamt kostet der Umrüstsatz somit **4.016,44€**, wenn eine Stückzahl von 10.000 Nachrüstsätzen verkauft wird.

In diesem Preis ist jedoch nicht das Gehäuse des Monitors enthalten.

7.3 Auswertung

Mit einem Gesamtpreis von 4.016,44€ ohne Monitorgehäuse bei einer Stückzahl von 10.000 Umrüstsätzen, ist ein Umrüsten eine kostenintensive Veränderung für Gebrauchtfahrzeuge. Auch ein Erhöhen der Stückzahl kann den Preis nicht signifikant verringern. Der hauptsächliche Kostentreiber des Umrüstsatzes ist die Elektronik. Das Diagramm 5 stellt die Kosten über der Stückzahl dar. Bei geringen Stückzahlen können die hohen Werkzeugkosten auf nur wenige produzierte Umrüstsätze verteilt werden, wodurch die Stückpreise ansteigen. Je höher die produzierte Stückzahl ist, desto geringer kann der Preis gestaltet werden. Der Preis kann jedoch nicht unter 3750€ fallen, da diese bei jedem Satz anfallen. Aus diesem Grund nähert sich die Kurve des Gesamtpreises des Kameragehäuses der Kurve der Kosten der elektronischen Komponenten an. Sie kann diese jedoch nicht unterschreiten. Das entwickelte Kameragehäuse ist nicht an die verbaute Kamera gebunden. Der verfügbare Bauraum ist auch von anderen Kameras nutzbar. Wird die Elektronik günstiger, kann der Gesamtpreis sinken und das System wird für weitere Kunden eine Interessante Umrüstoption.

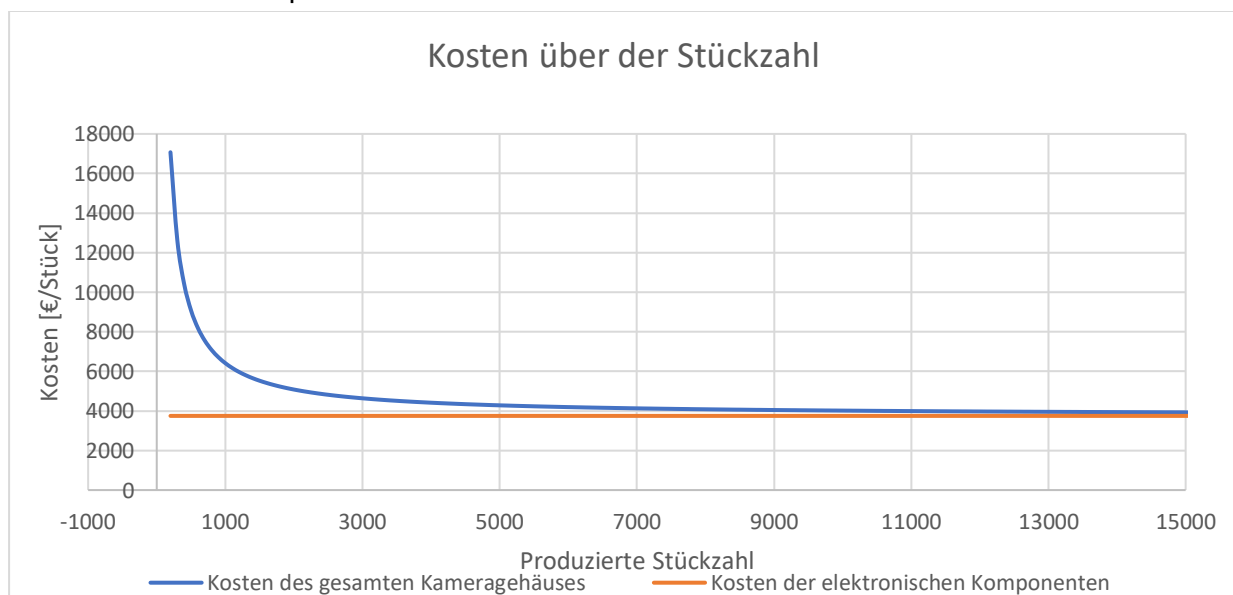


Diagramm 5 Kosten über der Stückzahl

8 Rapid Prototyping

Von den Bauteilen werden anschließend Prototypen hergestellt und die dadurch gewonnenen Erkenntnisse und Verbesserungsvorschläge genannt.

8.1 Allgemeines zur additiven Fertigung

Es wird ein 3D Drucker genutzt. 3D drucken ist ein additives Fertigungsverfahren, bei dem schichtweise Material auf eine Grundplatte aufgetragen wird und so Formen entstehen. Die verwendbaren Materialien hängen hierbei von den Möglichkeiten des Druckers ab. Das Fertigungsverfahren hat eine hohe Flexibilität, was die herstellbaren Bauteile betrifft. So kann ein Drucker alle Kunststoffbauteile herstellen, ohne dass verschiedene Werkzeuge nötig sind. Dennoch kommt es zur Fertigung der Serienbauteile nicht in Frage. Das Verfahren benötigt für das Drucken der Bauteile erheblich länger als herkömmliche Druckgussfertigungen und ist daher für Serienfertigungen nicht effizient. Zudem ist die Oberflächenqualität bei ausgedruckten Bauteilen ohne Nachbearbeitung oft unzureichend und nicht zuverlässig reproduzierbar.

8.2 3D Drucker

Der 3D Drucker, der für die Herstellung der Bauteile verwendet wird, ist ein Kywoo Tycoon 3D Max. Dieser hat eine Druckbettgröße von 300mm*300mm*230mm. In dieser Konstruktion wird PLA Kunststoff als Filament verwendet, da es sich gut verarbeiten lässt und niedrige Drucktemperaturen ermöglicht. Alternativ wäre auch die Verarbeitung von TPU, PETG oder auch ABS Filamenten in dem vorhandenen Drucker möglich. Er besitzt ein beheizbares Druckbett. Gedruckt wird bei einer Druckbetttemperatur von 60°C und einer Düsen Temperatur von 200°C.

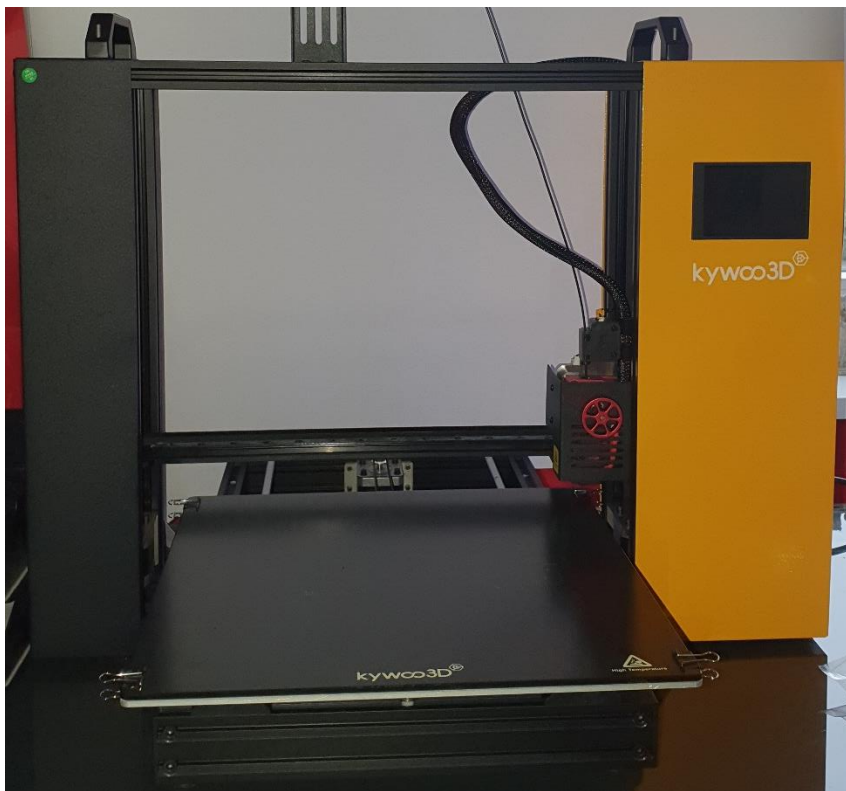


Abbildung 80 Kywoo Tycoon 3D Max

8.3 Vorgehensweise

Zunächst werden die einzelnen Bauteile, die in Siemens NX aufgebaut worden sind, von dort aus als STL Datei exportiert. Diese kann anschließend in eine Slicing Software eingelesen werden. In diesem Fall wird der Ultimaker Cura Slicer genutzt. Hier können Einstellungen für den Drucker getroffen werden. Gedruckt wird mit einem Filament Durchmesser von 1,75mm. Die Schichtdicke, mit der der flüssige Kunststoff aufgetragen wird, beträgt 0,2mm. Die Druckgeschwindigkeit beträgt $60 \frac{mm}{s}$ für Stützstrukturen und $30 \frac{mm}{s}$ für die Außenwände.

Damit der Drucker Überhänge in einem Winkel, die größer als 45° sind, herstellen kann, müssen Stützstrukturen aufgebaut werden. Die meisten der aufgebauten Bauteile, die für das Gehäuse benötigt werden, können nicht ohne Stützstrukturen gedruckt werden. Das zusätzlich gedruckte Material muss anschließend vorsichtig vom Bauteil entfernt werden. Wenn das Bauteil nun optimal ausgerichtet ist und die Stützstrukturen richtig eingestellt worden sind, kann die Datei als Gcode Datei gespeichert werden. In dieser Datei befinden sich die Anweisungen, mit denen der Drucker das Material auftragen kann. Diese wird im Anschluss auf eine SD-Karte geladen und der Druckauftrag wird dann vom Drucker aus gestartet.

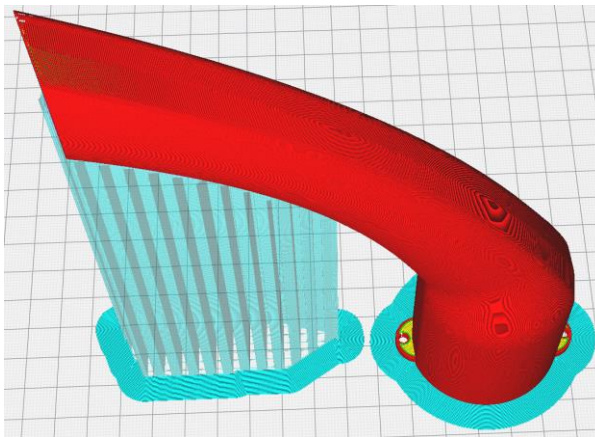


Abbildung 81 Grundträger mit Stützstrukturen in Cura



Abbildung 82 Grundträger nach Abschluss des Druckvorganges

8.4 Gedruckte Prototypen

Die in Kapitel 6.7 vorgestellten Bauteile werden in diesem 3D Drucker anschließend gefertigt und die gefertigten Bauteile untersucht.

8.4.1 Abschluss Scheibenträger

Die Aufgabe dieses Bauteils ist es, die die Kamera schützende Abschluss Scheibe mit dem Grundträger zu verbinden. Die Klebefläche, mit der diese Scheibe mit dem Abschluss Scheibenträger verbunden wird, sollte gegebenenfalls vergrößert werden, um einen sicheren Sitz der Abschluss Scheibe zu gewährleisten. Zudem wird dadurch das Auftragen des Klebstoffes vereinfacht. Der Sitz für die Schrauben ist dünn ausgelegt. Es empfiehlt sich diesen zu verstärken, um eine bessere Fertigbarkeit und verbesserten Halt zu schaffen. Um Kosten einzusparen, kann das Bauteil symmetrisch um eine Achse gestaltet werden. So kann das Bauteil für die linke und die rechte Seite verwendet werden. Dadurch werden 50.000 Euro für das Druckgusswerkzeug eingespart und die Stückzahl für das eine Werkzeug steigt von 10.000 auf 20.000 Bauteile an. Die Kosten des Bauteils sinken damit signifikant.



Abbildung 83 Prototyp des Abschluss Scheibenträgers in zwei Ansichten

8.4.2 Grundträger

Um den Grundträger exakt mit dem Anbindungsstück verschweißen zu können, ist es empfehlenswert eine Ausrichtungsgeometrie in die Körper einzubringen. So kann vermieden werden, dass die Bauteile im falschen Winkel verschweißt werden. Die Ausrichtungsstege im Inneren des Grundträgers werden, durch den im Kokillengussverfahren eingesetzten Sandkern geformt. Um eine gute Gießbarkeit zu ermöglichen, können diese in der Form angepasst werden. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Steckverbindung der Kamera durch diese Stege geführt werden kann, um den Einbau zu erleichtern.



Abbildung 84 Prototyp des Grundträgers zwei Ansichten

8.4.3 Anbindungsstück

Das Anbindungsstück ist dem des konventionellen Spiegels nachempfunden. Um Gewicht und Material einzusparen, kann eine Topologie Optimierung durchgeführt werden. Zudem sollte hier im Versuch geprüft werden, ob die Haltepunkte, die die obere und untere Verkleidung des Anbindungsstücks befestigen sollen, ausreichend sind oder ob andere Positionen schwingungstechnisch günstiger sind.



Abbildung 85 Prototyp Anbindungsstück in zwei Ansichten

8.4.4 Außenverkleidung

Die Außenverkleidung schließt das Gehäuse kameraseitig ab. Die Halterungen mit der das Bauteil an dem Abschluss Scheibenträger befestigt wird, können optimiert werden. Mit einer vergrößerten Klemmfläche an den Verbindungshaken kann das Bauteil besser am Abschluss Scheibenträger gehalten werden. Der Querschnitt des Hakens kann durch eine Anpassung des Längen-Breitenverhältnisses die elastische Verformung während der Verbindung verbessern.



Abbildung 86 Prototyp Außenverkleidung in zwei Ansichten

8.4.5 Obere Verkleidung Grundträger

Die obere Verkleidung des Grundträgers ist ein wesentlicher Bestandteil des Designs des Gehäuses. Die Versteifungsstreben, die sich an der Unterseite des Bauteils befinden, sorgen für eine gute Aussteifung. Diese sollte bis in den Bereich der Kamera fortgesetzt werden, um dort ebenfalls eine Versteifung zu erreichen. Die Anlageflächen der Verkleidungen verhindern Bewegungen senkrecht zur Profilmittel. Entlang der Profilmittellinie ist jedoch eine Verschiebung möglich. Um das zu vermeiden, ist zu empfehlen, den Grundträger mit einigen Bohrungen zu versehen und die beiden Verkleidungen mit Führungsstiften, die in den Grundträger führen, korrekt zu positionieren.



Abbildung 87 Prototyp obere Verkleidung des Grundträgers in zwei Ansichten

8.4.6 Untere Verkleidung Grundträger

Die untere Verkleidung des Grundträgers ist das Gegenstück zur oberen Verkleidung. Gemeinsam umschließen die Bauteile den Grundträger. Wie bereits bei der oberen Verkleidung erwähnt, sollte die Versteifung bis in den Bereich, der die Kamera umschließt, fortgeführt werden, um die Steifigkeit zu verbessern und Führungsstifte eingebracht werden.



Abbildung 88 Prototyp untere Verkleidung des Grundträgers in zwei Ansichten

8.4.7 Verkleidung Anbindungsstück oben

Die Verkleidung des Anbindungsstücks ist zweigeteilt, um ein einfaches Austauschen dieses Bauteils zu ermöglichen, ohne dass es beschädigt werden muss. Das ist bei dem Prototyp bereits möglich. In weiteren Tests sollte geprüft werden, ob der Abstand der drei Befestigungspunkte ausreicht, um auch bei hohen Geschwindigkeiten ausreichenden Halt zu gewährleisten.

Bei der Materialstärke ist es empfehlenswert, wie bereits bei den Verkleidungen des Grundträgers Versteifungsrippen zu konstruieren, um eine höhere Steifigkeit zu erhalten.



Abbildung 89 Prototyp der oberen Verkleidung des Anbindungsstücks in zwei Ansichten

8.4.8 Verkleidung Anbindungsstück unten

Bei der unteren Verkleidung des Anbindungsstücks sollte in praktischen Tests und bei unterschiedlichen Lastfällen geprüft werden, ob die Befestigung mit 2 Befestigungspunkten ausreicht oder ob eine weitere Verbindung empfehlenswert ist.

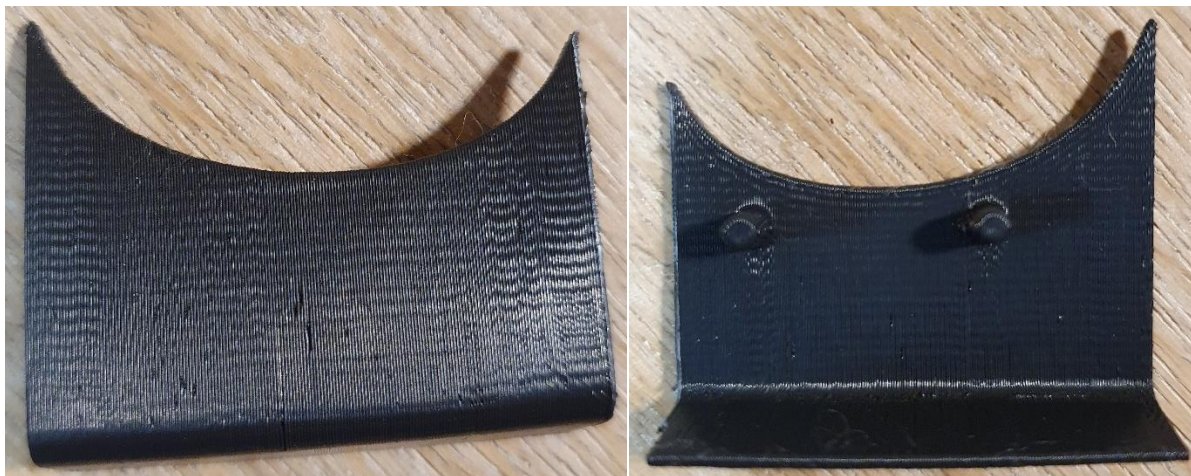


Abbildung 90 Prototyp der unteren Verkleidung des Anbindungsstücks in zwei Ansichten

8.4.9 Kamerahalterung

Die Kamerahalterung verbindet die Kamera mit dem Grundträger. Die Anforderungen an das Bauteil sind, dass es sich elastisch verformen lässt, um die Kamera aufnehmen zu können. Es muss jedoch bei eingesetzter Kamera einen festen Halt für diese geben. Die Elastizität des Halters ist ausreichend, um die Kamera gut einsetzen zu können. Wenn die Kamerahalterung montiert ist, sitzt sie sicher im Grundträger. Um die Festigkeit zu erhöhen kann das Bauteil mit einer Überpressung konstruiert werden. Damit wird das Einsetzen der Kamera zwar erschwert, die Kamera wird dadurch aber besser fixiert. Der Gewindeinsatz kann um Kosten zu sparen entfernt werden und Kunststoffschrauben verwendet werden.



Abbildung 91 Prototyp Kamerahalterung

8.5 Erste Verbesserungen der Bauteile

Die Bauteile, die aufgebaut worden sind, bieten Verbesserungspotenzial. Einige Bauteile werden daher nach der Untersuchung verbessert und von den verbesserten Versionen ebenfalls Prototypen hergestellt.

8.5.1 Außenverkleidung

Die Außenverkleidung hat vier Befestigungspunkte, mit der das Bauteil an dem Abschluss Scheibenträger befestigt werden soll. Bei der ersten Version sind diese Befestigungselemente bei dem Versuch, sie in vorgesehener Weise zu montieren, gebrochen. Damit das vermieden werden kann, wird der Querschnitt der Befestigungselemente angepasst. In der zweiten Iteration des Bauteils ist die Befestigung an dem Abschluss Scheibenträger nun möglich. Die Verbindung lässt sich jedoch nicht einfach lösen, da hierfür mindestens zwei der Befestigungselemente gleichzeitig elastisch verformt werden müssen. In der nächsten Iteration dieses Bauteils sollten lediglich drei oder weniger Befestigungselemente verwendet werden, um ein Lösen zu vereinfachen.



Abbildung 92 Außenverkleidung links erste Version / rechts zweite Version mit Abschluss Scheibenträger

8.5.2 Abschluss Scheibenträger

Der Abschluss Scheibenträger hat in der ersten Version eine zu kleine Fläche gehabt mit der die Abschluss Scheibe befestigt werden kann. Um die Klebenacht für die Befestigung der Abschluss Scheibe besser aufbringen zu können, wurde diese Fläche in der verbesserten Version vergrößert. Die Schraubenauflage mit der das Bauteil an dem Grundträger befestigt wird, ist in der ersten Iteration zu dünn ausgelegt gewesen. In der zweiten Version konnte diese vergrößert werden. Damit wird die Verbindung zum Grundträger verbessert.



Abbildung 93 Abschluss Scheibenträger links erste Version / rechts zweite Version

8.6 Fazit des Prototypenbaus

Durch die Fertigung der Prototypen konnten einige Erkenntnisse über die Bauteile gesammelt und Verbesserungsvorschläge gemacht werden. In zukünftigen Iterationen des Gehäuses können damit bessere Ergebnisse erzielt werden. Der Zusammenbau der Bauteile hat funktioniert. Die Kamera ist montierbar und auch einfach demontierbar. Die Ausrichtungsstege im Grundträger richten diese auch in die vorgesehene Richtung aus. Weitere Bilder des Prototypen sind im Anhang im Kapitel 10.17 einzusehen.



Abbildung 94 Prototyp am Fahrzeug

Abbildung 95 Zusammenbau des Prototypen

9 Schlussbetrachtung und Fazit

Zum Abschluss der Arbeit wird die Einhaltung der gesetzten Ziele sowie Anforderungen und Wünsche überprüft. Zur besseren Darstellung der Ergebnisse wird ein Erfüllungsgrad berechnet. Hierfür wird eine Bewertung der einzelnen Anforderungen und Wünsche vorgenommen. So kann der Erfolg des Projektes quantitativ dargestellt werden.

9.1 Einhaltung des Zielsatzes

des Außenspiegelgehäuses montiert, eine vorgegebene Kamera integriert und über die vorhan-

Das entwickelte Kameragehäuse ist für einen BMW E90 angepasst, kann jedoch mit geringen Anpassungen der Maße für verschiedene Fahrzeuge modifiziert werden. Die Kamera, die integriert wird, kommt von der Firma Kappa optronics GmbH, die ebenfalls an der Entwicklung von Kamera-Monitorssysteme für unter anderem Volkswagen, KTM und Aston Martin beteiligt waren. Das Anbindungsstück des Gehäuses kann an die vorhandenen Schraubpunkte der BMW E90 Tür geschraubt werden. Im Verlauf der Konstruktion wurde darauf geachtet, die Bauteile so aufzubauen, dass mit wenig Aufwand die Bauteile auch für weitere Fahrzeugmodelle genutzt werden können. So ist das Anbindungsstück, die obere Verkleidung des Anbindungsstücks und die obere und untere Verkleidung des Grundträgers Fahrzeugspezifisch, jedoch können der Grundträger, der Abschluss Scheibenträger, die Kamerahalterung die Abschluss Scheibe und die Außenverkleidung auch Modellübergreifend verbaut werden.

9.2 Einhaltung der Anforderungsliste

Der Erfüllungsgrad ergibt sich aus den definierten Anforderungen der Anforderungsliste im Kapitel 10.2. Um eine quantitative Abschätzung vornehmen zu können wird die Erfüllung der Anforderungen bewertet. Dabei entspricht ein Wert von 0 „Anforderung nicht erfüllt“ und 100 „Anforderung vollumfänglich erfüllt“. Im Anschluss wird ein arithmetisches Mittel errechnet, um einen Wert für die Erfüllung aller Anforderungen zu erhalten.

Die Anforderungen an die Ausladung ist mit einer Ausladung von in etwa 65mm zwischen dem äußersten Punkt an der Tür zu dem äußersten Punkt an dem Gehäuse sehr gering.

Die Bauhöhe ist mit einer maximalen Höhe von in etwa 60mm ebenfalls gering.

Die Kompatibilität mit dem BMW E90 wird hauptsächlich mit dem Anbindungsstück realisiert. Die Schraubpunkte sowie die Kabeldurchführung ist für das Fahrzeug ausgelegt.

Der Grundträger ist zudem derart ausgelegt, dass die Kamera darin montiert werden kann.

Die Anforderungen an die Geometrie werden vollumfänglich erfüllt.

Der Wunsch eines geringen Luftwiderstandes ist zum Großteil erfüllt worden. Das Design ist durch die geringere Stirnfläche günstiger für den Luftwiderstand als der konventionelle Spiegel.

Aerodynamische Optimierungen und weitere Verkleinerungen mit kleineren Kameras sind hier dennoch denkbar.

Das gewählte geschlossene Profil kann die Einzelkraft, die in Z Richtung auf das Gehäuse wirkt, gut aufnehmen. Die entstehenden Biegemomente und Torsionsmomente führen zu geringen Spannungen. Die hier eingerechnete Sicherheit kann jedoch in Frage gestellt werden, da die derzeitige Auslegung für den Missusefall überdimensioniert wirkt. Hier kann durch eine Topologie Optimierung gegebenenfalls Material gespart werden.

Das Gehäuse besitzt durch die für den Fahrzeugbau üblichen Materialien auch eine gute Witterungsfestigkeit. Aluminium und ABS Kunststoffe werden in der Kraftfahrzeugindustrie auch für konventionelle Außenspiegel verwendet. An den Stellen, an denen jedoch Schrauben in den Grundträger eingebracht werden, die üblicherweise aus Stahl gefertigt werden, kann es zu Kontaktkorrosion kommen. Dieses Problem ist bei dem konventionellen Spiegel ebenfalls aufgetreten.

Die Stoßfestigkeit ist hoch. Es werden hohe Kräfte benötigt, um den Grundträger plastisch zu verformen. Die Verkleidung des Grundträgers kann bei Stoßbelastung jedoch brechen. Die Funktion des Gehäuses kann bei einer beschädigten Grundträger Verkleidung jedoch erhalten bleiben.

Das Bruchverhalten der Kunststoffteile ist bei Unfallsituationen entscheidend. Der Kunststoff ABS wird für den Fahrzeugbau häufig eingesetzt und besitzt ein gutes Bruchverhalten.

Die Fertigung der Bauteile findet im Kunststoffspritzguss Verfahren und im Kokillengussverfahren statt. Das Kunststoffspritzgussverfahren ist im Fahrzeugbau ein weit verbreitetes Verfahren für die Herstellung von Kunststoffbauteilen. Das Kokillengussverfahren hingegen wird in der Großserie seltener eingesetzt. Für die gewählte Konstruktion hat das Verfahren viele Vorteile, jedoch erhöht sich bei dem Verfahren auch die Fertigungszeit im Vergleich zum Druckgussverfahren.

Die Fertigungsverfahren der Verkleidungsbauteile ermöglichen gute Oberflächenbilder und lassen Narbungen zu. In der Entwicklung wird auf für den Fahrzeugbau gängiges Material zurückgegriffen, welches eine gute UV-Beständigkeit besitzt.

Die Radiengröße von 2,5mm in der Konstruktion kann eingehalten werden.

Das Gehäuse besteht aus einem AlSi10Mg Innenteil, welches im Kokillengussverfahren hergestellt wird und einer Kunststoffspritzgussverkleidung.

Die Fertigungskosten der Gehäuseteile sind mit 264,44€ geringer als die in der Anforderungsliste angestrebten 800€. Durch die Kosten für Kamera ECU Kabelsatz und Monitor sind jedoch die 2.000€ Gesamtpreis für den Umrüstsatz nicht erreicht worden.

Aus den genannten Gründen wurde die Bewertung, wie in Abbildung 96 gezeigt, vorgenommen

Geometrie			
1.1	1.2	1.3	1.4
100	100	100	100
Kräfte/Momente/Spannungen			
2.1	2.2		
80	90		
Beanspruchungen			
3.1	3.2		
95	90		
Werkstoff			
4.1	4.2	4.3	4.4
100	80	100	100
Sicherheit			
5.1			
100			
Fertigung			
6.1	6.2		
100	100		
Kosten			
7.1	7.2		
100	0		
Erfüllungsgrad		89,6875	%

Abbildung 96 Erfüllungsgrad

Es ergibt sich ein Erfüllungsgrad der Anforderungen von 89,69%. Bis auf den Gesamtpreis des Systems konnten die meisten Forderungen teilweise oder vollständig erfüllt werden.

9.3 Einschätzung des Reifegrades der Konstruktion

Das nachrüstbare Kamera Monitorsystem für den BMW E90 befindet sich in einem frühen Stadium der Entwicklung. Der erste Prototypenbau hat Verbesserungsmöglichkeiten an allen Bauteilen gezeigt. In einer vertiefenden Entwicklung können die einzelnen Bauteile durch die vorgeschlagenen Anpassungen verbessert werden. Die einzelnen Bauteile erfüllen bereits die für sie vorgesehenen Aufgaben. Vor einer Serienfertigung sind jedoch noch diverse Optimierungen, Berechnungen und praktische Untersuchungen nötig.

9.4 Mögliche Erweiterungen

Für Fahrzeuge, die einen Fahrtrichtungsanzeiger im Außenspiegel besitzen, müssen Versionen mit einer solchen Vorrichtung auch in dem nachrüstbaren Kamera Monitorsystem angeboten werden können.

10 Anhang

10.1 Terminplan

	KW47	KW48	KW49	KW50	KW51	KW52	KW1	KW2	KW3	KW4	KW5	KW6	KW7
Rechtliches und Benchmark													
Benchmark													
Rechtliches und Grundlagen													
Planungsphase													
Anforderungsliste erstellen													
Funktionsstruktur erarbeiten													
Zielsatz													
Teilziele definieren													
Entwurfsphase													
4 Vorentwürfe zeichnen													
4 Vorentwürfe modellieren													
Vorentwürfe erarbeiten, bewerten und entscheiden													
Realisierungsphase													
Technische Umsetzung in Form von Skizzen klären													
Bauraummodell der Umgebungsgeometrie erstellen													
Vordimensionierung der Bauteile / FEM Modelle													
Konzept in CAD umsetzen													
Fertigungsverfahren festlegen													
CAD Modell detaillieren													
Kosten kalkulieren													
Berechnungen durchführen													
Rapid Prototyping													
Dokumentation													
Dokumentation erstellen													
	erledigt		in Arbeit		geplant								

10.2 Anforderungsliste

Anforderungsliste					
Bachelorarbeit Wintersemester 2021/2022					
Nr.	Datum	Anforderung	Art	Wert/Daten	Bemerkung
1		Geometrie			
1.1	29.11.2021	Schmale Ausladung	F	<250 mm	Schmäler als vorhandener Spiegel
1.2	29.11.2021	Geringe Bauhöhe	F	<150 mm	Geringer als vorhandener Spiegel
1.3	29.11.2021	BMW E90 kompatibel	F		Verschraubpunkte und optische Elemente
1.4	29.11.2021	Kameragehäuse passend platzieren	F	Kappa optronics GmbH	Zukaufteil mit gegebenen Maßen
2		Kräfte/Momente/Spannungen			
2.1	29.11.2021	Luftwiderstand gering halten	W		Fließendes Design wählen
2.2	29.11.2021	Missuse abstützen von oben	F	100N	Kraft wirkend von oben nach unten
3	29.11.2021	Beanspruchungen			
3.1	29.11.2021	Witterungsfestigkeit	F		
3.2	03.12.2021	Stoßfestigkeit	F		
4		Werkstoff			
4.1	29.11.2021	Gutes Bruchverhalten	F		Aus Sicherheitsgründen
4.2	29.11.2021	Gute Fertigbarkeit	F		Einfach und gut produzierbare Bauteile
4.3	29.11.2021	Ansprechendes Oberflächenbild/Narbung	W		
4.4	29.11.2021	Werkstoffe UV beständig	F		
5		Sicherheit			
5.1	29.11.2021	Radiengröße	F	≥2.5mm	Nach Vorschrift der UNECE R46
6		Fertigung			
6.1	29.11.2021	Aluminium Guss Innenteil	W		
6.2	29.11.2021	Kunststoff Spritzguss Verkleidung	W		
7		Kosten			
7.1	05.12.2021	Geringe Fertigungskosten der Gehäuseteile	W	<800	
7.2	12.12.2021	Geringe Gesamtkosten des Umrüstsatzes	W	<2200	

10.3 Designentwurf 1



10.4 Designentwurf 2



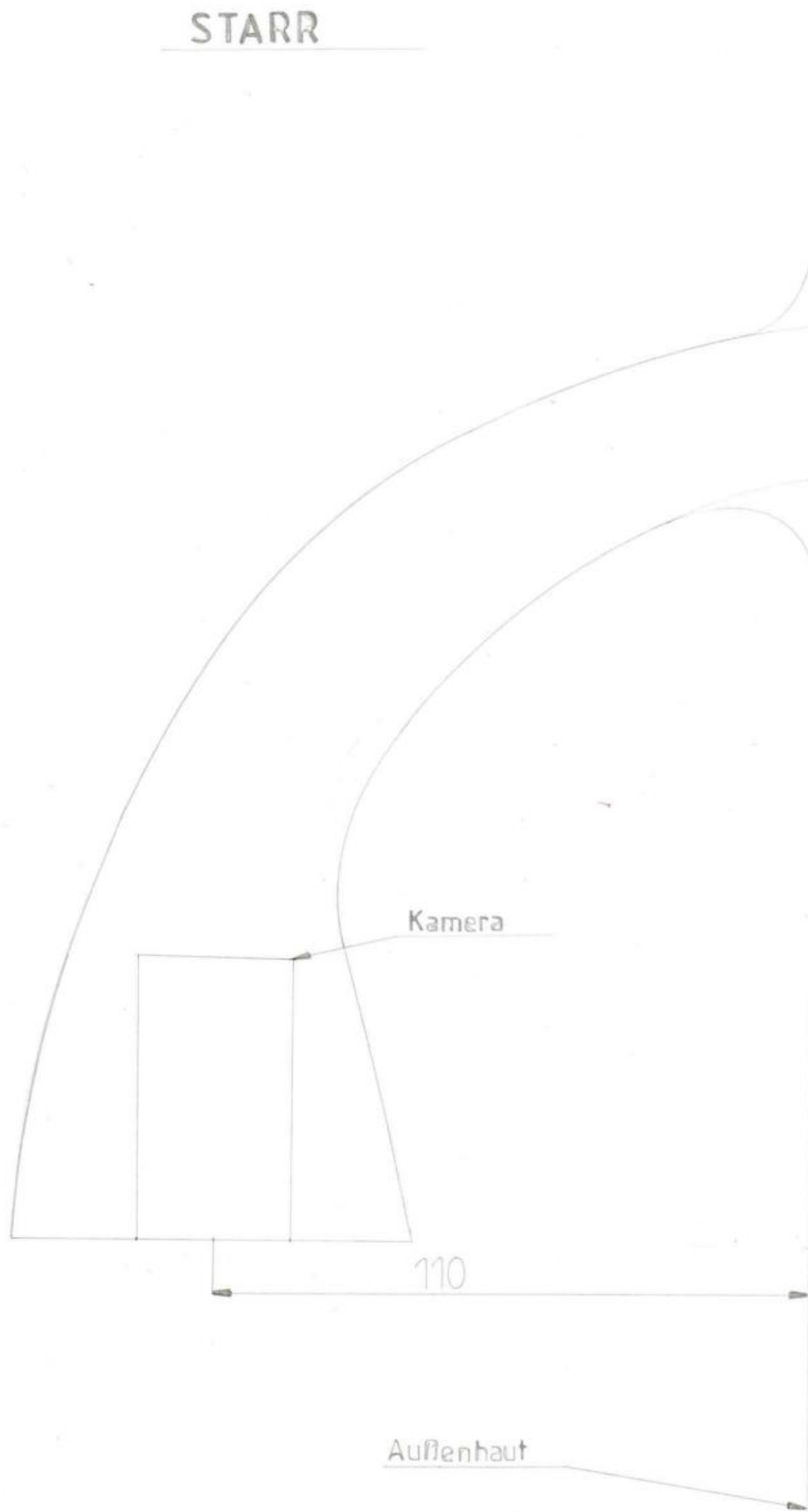
10.5 Designentwurf 3



10.6 Designentwurf 4

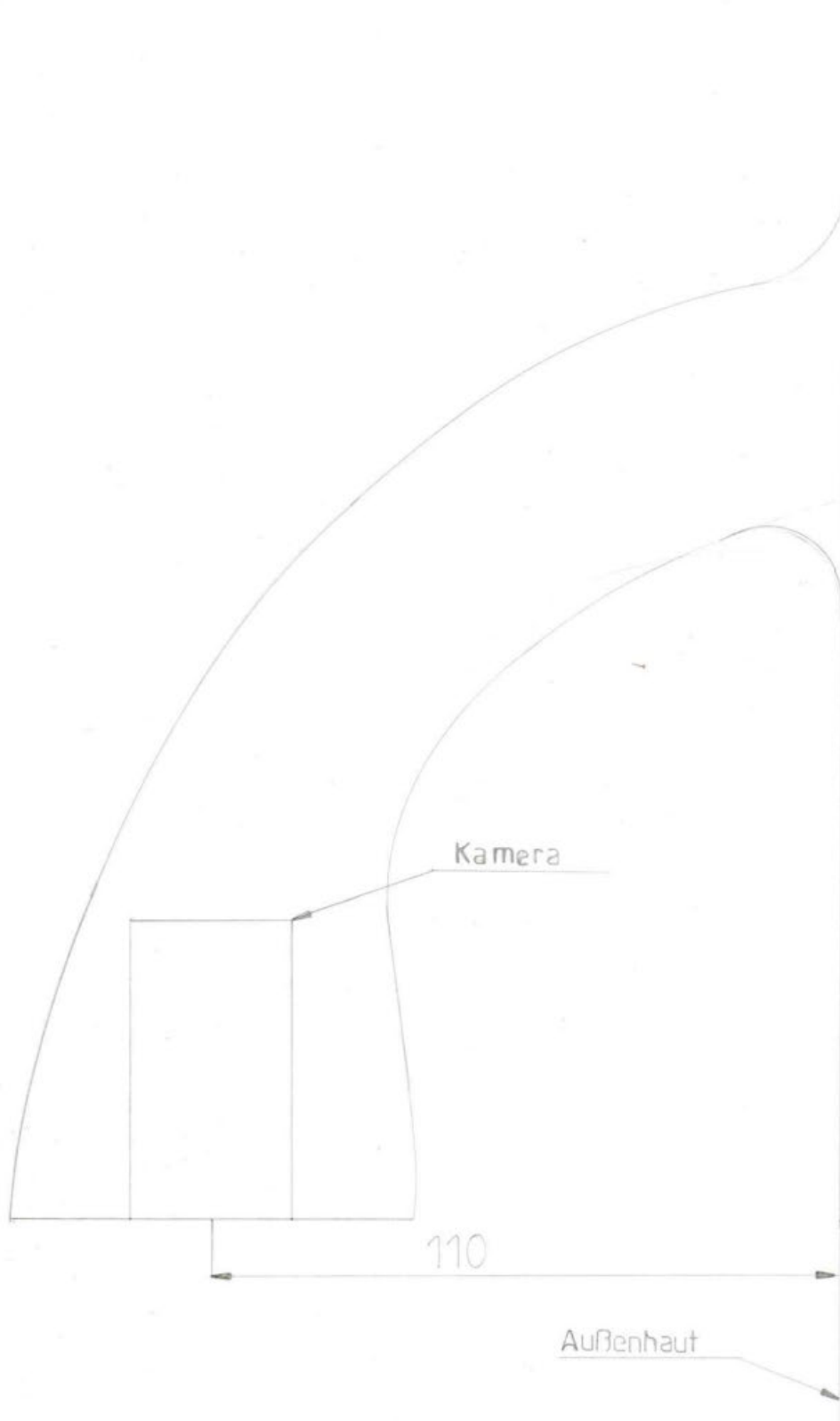


10.7 Zeichnungsdarstellung starr

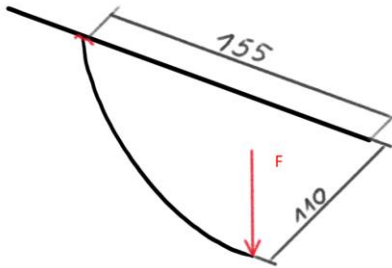


10.8 Zeichnungsdarstellung verstärkt

Verstärkt



10.9 Auftretende Drehmomente



Das Biegemoment, das durch die Einzellast auftritt, berechnet sich aus der Kraft F und dem Hebelarm von 110mm.

$$M_b = F * l$$

$$M_b = 100N * 110mm$$

$$\underline{M_b = 11000Nmm}$$

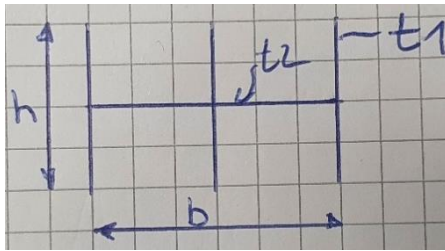
Das Torsionsmoment, das durch die Einzellast auftritt, berechnet sich aus der Kraft F und dem Hebelarm von 155mm.

$$M_T = F * l$$

$$M_T = 100N * 155mm$$

$$\underline{M_T = 15500Nmm}$$

10.10 Vordimensionierung Biegebelastung offenes Profil



Gegebene Werte:

$$t1 = 2mm$$

$$t2 = 2mm$$

$$h = 20mm$$

$$b = 30mm$$

$$l = 110mm$$

$$F = 50N$$

$$t1 \ll h$$

$$t2 \ll b$$

Mit der Annahme, dass das Bauteil dünnwandig ist, wird das Flächenträgheitsmoment errechnet.

$$I_y = 3 * \frac{t1 * (h)^3}{12} \quad (1)$$

$$I_y = 3 * \frac{2mm * (20mm)^3}{12} = 4000mm^4 \quad (2)$$

Die Biegespannung wird nach der Formel 3 berechnet.

$$\delta_b = \frac{M1 * (\frac{h}{2})}{I_y} \quad (3)$$

$$\delta_b = \frac{11000Nmm * 10mm}{4000mm^4} \quad (4)$$

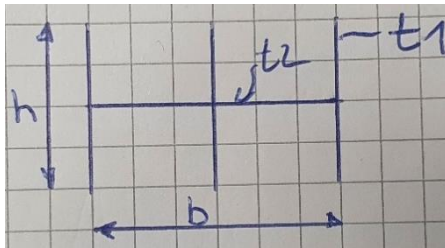
$$\delta_b = 27,5 \frac{N}{mm^2} \quad (5)$$

Die Sicherheit wird errechnet.

$$S_b = \frac{\delta_A}{\delta_b} \quad (6)$$

$$S_b = \frac{80 \frac{N}{mm^2}}{27,5 \frac{N}{mm^2}} = 2,909 \quad (7)$$

10.11 Vordimensionierung Torsion offenes Profil



Gegebene Werte:

$$t1 = 2mm$$

$$t2 = 2mm$$

$$h = 20mm$$

$$b = 30mm$$

$$l = 110mm$$

$$F = 100N$$

$$M_T = 15500Nmm$$

Berechnung der maximalen Schubspannung

Das Torsionsträgheitsmoment ergibt sich aus:

$$I_T = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n h_i * t_i^3 \quad (8)$$

$$I_T = \frac{1}{3} (3 * h * t1 + b * t2) = \frac{1}{3} [3 * 20mm * (2mm)^3 + 30mm * (3mm)^3] \quad (9)$$

$$I_T = 240mm^4 \quad (10)$$

Damit kann im Folgenden das Torsionswiderstandsmoment errechnet werden.

$$W_T = \frac{I_T}{t_{max}} \quad (11)$$

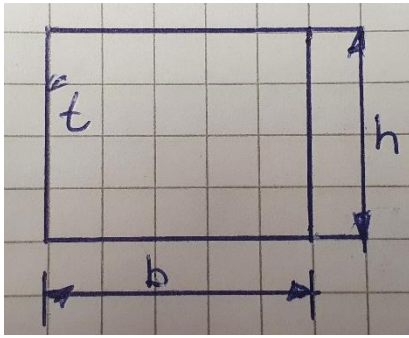
$$W_T = \frac{240mm^4}{2mm} = 120mm^3 \quad (12)$$

Anschließend wird τ_{max} bestimmt.

$$\tau_{max} = \frac{M_T}{W_T} \quad (13)$$

$$\tau_{max} = \frac{15500Nmm}{120mm^3} = 129,17 \frac{N}{mm^2} \quad (14)$$

10.12 Vordimensionierung Biegebelastung geschlossenes Profil



$$\begin{aligned}t &= 2\text{mm} \\h &= 20\text{mm} \\b &= 25\text{mm} \\l &= 110\text{mm} \\F &= 100\text{N}\end{aligned}$$

Mit der Annahme, dass das Bauteil dünnwandig ist, wird das Flächenträgheitsmoment errechnet.

$$I_y = 2 * \frac{t \cdot (h)^3}{12} + t * b * \left[\frac{h}{2} \right]^2 \quad (15)$$

$$I_y = 2 * \frac{2\text{mm} \cdot (20\text{mm})^3}{12} + 2\text{mm} * 25\text{mm} * \left[\frac{20\text{mm}}{2} \right]^2 * 2 = 12666,66\text{mm}^4 \quad (16)$$

Die Biegespannung wird nach der Formel 3 berechnet.

$$\delta_b = \frac{M1 * \left(\frac{h}{2} \right)}{I_y} \quad (17)$$

$$\delta_b = \frac{11000\text{Nmm} * 10\text{mm}}{12666,66\text{mm}^4} \quad (18)$$

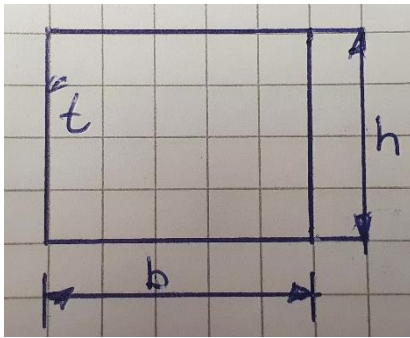
$$\delta_b = 8,68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (19)$$

Die Sicherheit wird errechnet.

$$S_b = \frac{\delta_A}{\delta_b} \quad (20)$$

$$S_b = \frac{80 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{8,68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 9,21 \quad (21)$$

10.13 Vordimensionierung Torsion geschlossenes Profil



Gegebene Werte

$$t = 2\text{mm}$$

$$h = 20\text{mm}$$

$$b = 25\text{mm}$$

$$M_T = 15500\text{Nmm}$$

Berechnung der maximalen Schubspannung

Torsionswiderstandsmoment W_T berechnen

$$W_T = 2 * A_m * t_{min} \quad (22)$$

$$W_T = 2 * [20\text{mm} * 25\text{mm}] * 2\text{mm} \quad (23)$$

$$W_T = 2000\text{mm}^3 \quad (24)$$

Anschließend wird die Torsionsschubspannung τ_{max} bestimmt.

$$\tau_{max} = \frac{M_T}{W_T} \quad (25)$$

$$\tau_{max} = \frac{15500\text{Nmm}}{2000\text{mm}^3} = 7,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (26)$$

10.14 AlSi10Mg Eigenschaften [30]

Aluminium alloy EN AB-43000

Chemical designation: EN AB-AlSi10Mg(a)
Swedish standard: Type 4253, [1], [2]

Chemical composition¹:

	Min %	Max %
Si	9,0	11,0
Fe	-	0,40
Cu	-	0,03
Mn	-	0,45
Mg	0,25	0,45
Cr	-	-
Ni	-	0,05
Zn	-	0,10
Pb	-	0,05
Sn	-	0,05
Ti	-	0,15

Others each max 0,05%
and total max 0,15%

General description of properties:

Near-eutectic alloy with excellent castability properties and good resistance to hot tearing. Good machinability, excellent weldability and high resistance to chemical attack.

Suitable applications:

For complicated thin-wall, pressure-tight castings subjected to fatigue loading. Very good resistance to corrosion and high strength after heat treatment.

Heat treatment:

Solution heat treated at 520-530°C for 3-6 hours followed by quenching in water and artificial ageing at 150-175°C for 15-5 hours

Casting characteristics, S-Sand cast, K-Chill cast²:

Solidification range, °C, about	Casting temperature °C, about	Fluidity	Resistance to hot tearing	Shrinkage %, about	Pressure tightness
600-550	680-750	Excellent	Excellent	S: 1-1,2 K: 0,8-1	Good

Mechanical properties of separately untreated cast test bars²:

Tensile strength, R _m , MPa, min.	Proof stress R _{p0,2} , MPa, min.	Elongation A ₅₀ , %, min.	Brinell hardness HBS, min.
S: 150 K: 180	S: 80 K: 90	S: 2 K: 2,5	S: 50 K: 55

Mechanical and physical properties²:

Density kg/dm ³	Strength	Machinability	Weldability	Resistance to corrosion
2,65	Good	Good	Excellent	Good
Decorative anodizing	Ability to be polished	Linear thermal expansion 293-373°K, °K ⁻¹	Electrical conductivity MS/m	Thermal conductivity W/m ² K
Not recom.	Poor	21 x 10 ⁻⁶	19 – 25	150 - 170

10.15 Stückliste

Pos. Nr.	Baugruppe	Einzelteile	Bezeichnung	Anzahl	NEW / MOD / BUY	Volumen (mm³)	Baugruppengewicht (g)	Material	Herstellverfahren	Einzelkosten	Kosten mal Anzahl	Baugruppenkosten
	Kameragehäuse			18		134166,224	249,556					249,29 €
1		Anbindungsstück links Grundträger links		1	NEW	28942,87	76,67	AlSi10Mg	Kokillenguss	-	-	-
2		Grundträger links		1	NEW	38641,01	102,4	AlSi10Mg	Kokillenguss	-	-	-
3		Abschlusschleibenbeträger links		1	NEW	2916,16	3,03	ABS	Spritzguss	-	-	-
4		Schleibe		2	NEW	874,44	2,186	Glas	-	-	-	-
5		Außenverkleidung links		1	NEW	8682,53	9,03	ABS	Spritzguss	-	-	-
6		Verkleidung Grundträger links oben		1	NEW	17065,1	17,74	ABS	Spritzguss	-	-	-
7		Verkleidung Grundträger links unten		1	NEW	17222,814	17,9	ABS	Spritzguss	-	-	-
8		Abdeckung Anbindungsstück links oben		1	NEW	18461,38	19,19	ABS	Spritzguss	-	-	-
9		Abdeckung Anbindungsstück links unten		1	NEW	1359,92	1,41	ABS	Spritzguss	-	-	-
10		Anbindungsstück rechts Grundträger rechts		1	NEW	28942,87	76,67	AlSi10Mg	Kokillenguss	-	-	-
11		Grundträger rechts		1	NEW	38641,01	102,4	AlSi10Mg	Kokillenguss	-	-	-
12		Abschlusschleibenbeträger rechts		1	NEW	2916,16	3,03	ABS	Spritzguss	-	-	-
13		Außenverkleidung rechts		1	NEW	8682,53	9,03	ABS	Spritzguss	-	-	-
14		Verkleidung Grundträger rechts oben		1	NEW	17065,1	17,74	ABS	Spritzguss	-	-	-
15		Verkleidung Grundträger rechts unten		1	NEW	17222,814	17,9	ABS	Spritzguss	-	-	-
16		Abdeckung Anbindungsstück rechts oben		1	NEW	18461,38	19,19	ABS	Spritzguss	-	-	-
17		Abdeckung Anbindungsstück rechts unten		1	NEW	1359,92	1,41	ABS	Spritzguss	-	-	-
18		Halterung Kamera		2	NEW			ABS	Spritzguss	-	-	-
	Elektronik											3,750,00 €
19		Kameramodul COM	Kappa Optronics	2	BUY	-	-	-	-	-	-	-
20		Monitor ohne Gehäuse	Kappa Optronics	2	BUY	-	-	-	-	-	-	-
20		ECU	Kappa Optronics	2	BUY	-	-	-	-	-	-	-
21		Kabelsatz	Kappa Optronics	2	BUY	-	-	-	-	-	-	-
	Verbindungselemente											5,55 €
22		Gewindehülse Kamerahalterung		2	BUY	-	-	-	-	0,20 €	0,40 €	-
23		Schrauben Anbindungsstück	M6*17	6	BUY	-	-	Stahl	-	0,74 €	4,44 €	-
24		Schrauben Anbindungsstückverkleidung	KN6039 2x4 - T6	10	BUY	-	-	Stahl	-	0,02 €	0,20 €	-
25		Schrauben Abschlusschleibenbeträger	STM39 3*6 - T10	4	BUY	-	-	Stahl	-	0,03 €	0,10 €	-
26		Befestigungsschraube Kamerahalterung		2	BUY	-	-	Stahl	-	0,20 €	0,40 €	-

10.16 Kostenkalkulation

1. Gehäusekosten			
Werkzeugbau			
Art	Kosten/Werkzeug	Anzahl	Werkzeugkosten
Spritzgusswerkzeuge	50.000 €	13	650.000 €
Kokillengusswerkzeuge	30000	4	120.000 €
Werkzeugkosten			770.000 €
Kostenpreis pro Kg Aluminium			
Primärpreis Börse	1,6 €/Kg		
Legierung	0,4 €/Kg		
Schmelzenergie	0,43 kWh/Kg		
Strompreis	0,15 €/kWh		
Investitionen Lohnkosten	0,5 €/Kg		
	2,5645 €/Kg		
Bei einer Stückzahl von	10000 Stück		
Materialkosten			
ABS Menge	0,14274 Kg		
Materialkosten ABS	4,45 €/Kg		
Gemeinaufschlag Material ABS	1,30 30% Aufschlag		
Absoluter Preis ABS Bauteile	8257,51 €		
Aluminium Menge	0,35814 Kg		
Materialkosten	2,5645 €/Kg		
Gemeinaufschlag Material Alu	1,30 30% Aufschlag		
Absoluter Preis Aluminium Bauteile	11939,85 €		
Kleinmaterial	7,00 €		
Materialkosten ohne Kamera Gesamt	90197,35939 €		
Fertigungskosten			
Spritzgusswerkzeuge	650.000 € €		
Kokillengusswerkzeuge	120.000 € €		
Werkzeugkosten	770.000 € €		
Fertigungsgemeinkosten	1,6 60% Aufschlag		
Fertigungskosten	1.232.000 € €		
Herstellungskosten	1322197,359 €		
Verwaltungsgemeinkosten	0,2 20 % Verwaltungsgemeinkosten		
Vertriebsgemeinkosten	0,15 15 % Vertriebsgemeinkosten		
Selbstkosten	1784966,435 €		
Gewinnaufschlag	1,2 20% Gewinnaufschlag		
Netto Verkaufspreis	2141959,722 €		
Mehrwertssteuer	19 %		
Umsatz inkl. Mwst	2644394,719 €		
Preis /stück	264,44 €/Stück		
2 Kamera-Monitorkosten			
Kappa Optronics Set	3750 €/Stück		
3 Zulassungskosten			
Typgenehmigung der Bauteile	20000 €		
4 Kosten pro Umrüstsatz	4016,44 €		

10.17 Bilder des Prototypen





11 Verzeichnisse

11.1 Literaturverzeichnis

- [1] *ECE R 46*, 2014.
- [2] A. O. J. d. S. S. B. J. B. S. B. Rodney Leitner, „Kamera-Monitor-Systeme als Fahrerinformationsquelle,“ Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach, 2021.
- [3] M. K. M. S. Dr. Björn Ostermann, „Kamera-Monitor-Systeme (KMS) zur Vermeidung von Abbiegeunfällen,“ BG Verkehr, 2016.
- [4] *Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)*, 2012.
- [5] „SAE International,“ [Online]. Available: <https://www.sae.org/standards/content/j3155/>. [Zugriff am 01 12 2021].
- [6] *Richtlinie 2003/97/EG des Europäischen Parlaments und des Rates*, 2003.
- [7] A. Terzis, „Handbook of Camera Monitor Systems,“ Springer Verlag, 2016.
- [8] *Verordnung (EG) Nr. 661/2009*, 2009.
- [9] „Glossar der Lichtplanung,“ [Online]. Available: <https://www.schorsch.com/de/wissen/glossar/kontrast.html>. [Zugriff am 01 12 2021].
- [10] *Kompendium der Mediengestaltung*, Springer Verlag, 2014.
- [11] „Wikipedia Blooming,“ [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Blooming>. [Zugriff am 01 12 2021].
- [12] „2003/97 EG,“ 2013.
- [13] „ISO 16505 Road vehicles — Ergonomic and performance aspects of Camera Monitor Systems — Requirements and test procedures,“ 2015.
- [14] „Wikipedia Smear,“ [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Smear#/media/Datei:Blooming.jpg>. [Zugriff am 02 12 2021].
- [15] „Pixolum Lens Flare,“ [Online]. Available: <https://www.pixolum.com/blog/fotografie/lens-flare>. [Zugriff am 02 12 2021].
- [16] „Zwischengas.com,“ [Online]. Available: <https://www.zwischengas.com/de/blog/2018/02/07/Schon-bald-werden-der-Ru-ckspiegel-der-Vergangenheit-angeho-ren.html>. [Zugriff am 29 11 2021].
- [17] „Kappa Optronics,“ [Online]. Available: <https://www.kappa-optronics.com/de/vision-solutions/kameras-fuer-automotive/digitaler-aussenspiegel.cfm>. [Zugriff am 29 11 2021].
- [18] „ecomento.de,“ [Online]. Available: <https://ecomento.de/2019/05/29/elektroauto-honda-e-ab-werk-mit-kamerasystem-statt-seitenspiegel/>. [Zugriff am 29 11 2021].
- [19] „electrive.net,“ [Online]. Available: <https://www.electrive.net/2020/01/27/honda-e-ist-das-genug-im-jahr-2020/>. [Zugriff am 29 11 2021].
- [20] „Lexus.de,“ [Online]. Available: <https://www.lexus.de/discover-lexus/lexus-news/news-articles/lexus-es-mit-digitalen->

- aussenspiegeln?lexReferrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F#hero. [Zugriff am 29 11 2021].
- [21] „Audi e-tron,“ [Online]. Available: <https://www.audi.at/e-tron/e-tron/faszination>. [Zugriff am 02 12 2021].
- [22] „Audi Aerodynamik,“ [Online]. Available: <https://www.audi.com/de/experience-audi/mobility-and-trends/e-mobility/e-tron-aerodynamic.html>. [Zugriff am 04 12 2021].
- [23] „Wikipedia Aston Martin Valkyrie,“ [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/wiki/Aston_Martin_Valkyrie. [Zugriff am 02 12 2021].
- [24] „KTM X-BOW,“ [Online]. Available: <https://www.ktm.com/de-at/models/x-bow/x-bow-gtx-2020.html>. [Zugriff am 02 12 2021].
- [25] S. M. S. GmbH, „Blue Eagle digital camera DC3K-1-LVD“.
- [26] „Kamera-Monitor-Systeme als Ersatz für den Außenspiegel“.
- [27] „Zismann,“ [Online]. Available: <https://www.zismann.de/images/zismann/Eigenschaften-Silafont-09.pdf>. [Zugriff am 15 12 2021].
- [28] „Kappa Optronics CMS,“ [Online]. Available: <https://www.kappa-optronics.com/de/vision-solutions/automotive/cms-digitaler-aussenspiegel/>. [Zugriff am 27 12 2021].
- [29] „Handelsvertreter,“ [Online]. Available: <https://www.handelsvertreter.de/de/wesolowski-industrievertretung-ohg/kleine-serie-groese-wirkung-prazisions-kokillenguss>. [Zugriff am 02 01 2022].
- [30] „Stena Aluminium,“ [Online]. Available: <https://www.stenaaluminium.de/>. [Zugriff am 02 01 2022].
- [31] „Bimmertoday,“ [Online]. Available: <https://www.bimmertoday.de/2019/09/23/bmw-3er-reihe-die-stuckzahlen-aller-generationen-im-vergleich/>. [Zugriff am 09 01 2022].
- [32] „BMW Group-Werke,“ [Online]. Available: <https://www.bmwgroup-werke.com/regensburg/de/produkte/modellhistorie.html#ace-2135830290>. [Zugriff am 09 01 2022].
- [33] „EUR-LEX Der Vorrang des EU-Rechts,“ [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:I14548&from=DE>. [Zugriff am 02 12 2021].
- [34] „UNECE R125,“ 2010.

11.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Kennzeichnungen an _____	3
Abbildung 2 Blooming Effekt [11] _____	4
Abbildung 3 Spiegelgruppen für Fahrzeuge der Klasse M1 nach UNECE R46 [1] _____	5
Abbildung 4 Sichtfeld von Spiegeln der Gruppe 3 nach ECE R46 [1] _____	5
Abbildung 5 Smear Effekt [14] _____	7
Abbildung 6 Lens Flare Effekt [15] _____	7
Abbildung 7 VW XL1 außen [16] Abbildung 8 VW XL1 innen [17] _____	9
Abbildung 9 Honda E außen [18] Abbildung 10 Honda E innen [19] _____	9
Abbildung 11 Lexus ES Kamera [20] Abbildung 12 Lexus ES Monitor [20] _____	10
Abbildung 13 Audi e-tron Kamera [21] Abbildung 14 Audi e-tron Monitor [21] _____	10
Abbildung 15 Aston Martin Valkyrie Kamera [23] _____	11
Abbildung 16 Aston Martin Valkyrie Monitor [23] _____	11
Abbildung 17 KTM X-BOW Monitor [24] Abbildung 18 KTM X-BOW GTX Kamera [24] _____	11
Abbildung 19 Sichtfeld nach Designgruppe 1 und 3 _____	12
Abbildung 20 Sichtfeld nach Designgruppe 2 _____	12
Abbildung 21 Nutzwertanalyse der Designgruppen _____	12
Abbildung 22 Set von Kappa optronics GmbH _____	15
Abbildung 23 Maße des Kameramoduls _____	15
Abbildung 24 First Sensor DC3K-1-LVD [25] _____	15
Abbildung 25 BMW Kamera- Monitor System Wing [26] _____	15
Abbildung 26 Modelliermasse bei der Verarbeitung _____	16
Abbildung 27 Geschliffener Zustand aller erstellten Entwürfe _____	16
Abbildung 28 Designentwurf 1 _____	17
Abbildung 29 Designentwurf 2 _____	18
Abbildung 30 Designentwurf 3 _____	18
Abbildung 31 Designentwurf 4 _____	19
Abbildung 32 Nutzwertanalyse zur Bewertung der Designentwürfe _____	19
Abbildung 33 Vergleich der Stirnfläche _____	19
Abbildung 34 Kamera Positionierung _____	19
Abbildung 35 Skizze unsachgemäßer Gebrauch _____	20
Abbildung 36 Vereinfachung für Berechnungs- und FEM Modelle _____	21
Abbildung 37 FEM Analyse offenes Profil _____	23
Abbildung 38 FEM Analyse geschlossenes Profil _____	24
Abbildung 39 Assembly Navigator _____	25
Abbildung 40 Part Navigator-Grundkonstruktion _____	26
Abbildung 41 Highlight Linien _____	26
Abbildung 42 Kontrollpunktverteilung _____	26
Abbildung 43 Part Navigator Detailierung _____	27
Abbildung 44 Bauraummodell _____	28
Abbildung 45 Kappa optronics GmbH Kameramodul [28] _____	28
Abbildung 46 Blackboxmodell Kameramodul _____	28
Abbildung 47 Kameramodell Kappa Optronics GmbH _____	28
Abbildung 48 Anbindungsstück Frontansicht _____	29
Abbildung 49 Anbindungsstück _____	29
Abbildung 50 Draft Analyse Rohteil _____	30

Abbildung 51 Rendering des Fertigteils	30
Abbildung 52 Grundträger	31
Abbildung 53 Ausrichtungsstege	31
Abbildung 54 Grundträger im Schnitt	31
Abbildung 55 Rendering des Rohteils	32
Abbildung 56 Abschluss Scheibenträger	33
Abbildung 57 Rendering des Abschluss Scheibenträgers	33
Abbildung 58 Draft Analyse Abschluss Scheibenträger	33
Abbildung 59 Kamerahalterung Rendering	34
Abbildung 60 Zwei Ansichten der Außenverkleidung	35
Abbildung 61 Draft Analyse vordere Abdeckung	35
Abbildung 62 Rendering der vorderen Abdeckung	35
Abbildung 63 Rendering Verkleidung Grundträger	36
Abbildung 64 Highlight Linien Verkleidung Grundträger	36
Abbildung 65 Verkleidung Grundträger Draft Analyse	36
Abbildung 66 Verkleidung des Anbindungsstücks in zwei Ansichten	37
Abbildung 67 Draft Analyse Verkleidung Anbindungsstück	37
Abbildung 68 Rendering Verkleidung Anbindungsstück	37
Abbildung 69 Zusammenbau Schritt 1 (verschweißen)	38
Abbildung 70 Zusammenbau Schritt 2 (obere Verkleidung Anbindungsstück montieren)	38
Abbildung 71 Zusammenbau Schritt 3 (untere Verkleidung Anbindungsstück montieren)	38
Abbildung 72 Schritt 4 (Kamerahalter an der Kamera montieren)	39
Abbildung 73 Zusammenbau Schritt 5 (Kamera montieren)	39
Abbildung 74 Zusammenbau Schritt 6 (Abschluss Scheibenträger montieren)	39
Abbildung 75 Zusammenbau Schritt 7 (Außenblende montieren)	40
Abbildung 76 Zusammenbau Schritt 8 (untere Verkleidung montieren)	40
Abbildung 77 Zusammenbau Schritt 9 (obere Verkleidung montieren)	40
Abbildung 78 FEM Analyse entwickeltes Profil	41
Abbildung 79 Weltweiter Absatz aller Sechs Generationen im Vergleich [31]	42
Abbildung 80 Kywoo Tycoon 3D Max	45
Abbildung 81 Grundträger mit Stützstrukturen in Cura	46
Abbildung 82 Grundträger nach Abschluss des Druckvorganges	46
Abbildung 83 Prototyp des Abschluss Scheibenträgers in zwei Ansichten	47
Abbildung 84 Prototyp des Grundträgers zwei Ansichten	47
Abbildung 85 Prototyp Anbindungsstück in zwei Ansichten	48
Abbildung 86 Prototyp Außenverkleidung in zwei Ansichten	48
Abbildung 87 Prototyp obere Verkleidung des Grundträgers in zwei Ansichten	49
Abbildung 88 Prototyp untere Verkleidung des Grundträgers in zwei Ansichten	49
Abbildung 89 Prototyp der oberen Verkleidung des Anbindungsstücks in zwei Ansichten	50
Abbildung 90 Prototyp der unteren Verkleidung des Anbindungsstücks in zwei Ansichten	50
Abbildung 91 Prototyp Kamerahalterung	51
Abbildung 92 Außenverkleidung links erste Version / rechts zweite Version mit Abschluss Scheibenträger	51
Abbildung 93 Abschluss Scheibenträger links erste Version / rechts zweite Version	52
Abbildung 94 Prototyp am Fahrzeug	52
Abbildung 95 Zusammenbau des Prototypen	52
Abbildung 96 Erfüllungsgrad	55

11.3 Diagrammverzeichnis

<i>Diagramm 1 Bewertung Designentwurf 1</i>	17
<i>Diagramm 2 Bewertung Designentwurf 2</i>	18
<i>Diagramm 3 Bewertung Designentwurf 3</i>	18
<i>Diagramm 4 Bewertung Designentwurf 4</i>	19
<i>Diagramm 5 Kosten über der Stückzahl</i>	44

11.4 Formelverzeichnis

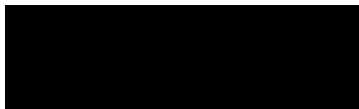
<i>Formel 1 Leuchtdichtekontrastverhältnis [9]</i>	4
<i>Formel 2 Vergleichsspannung offenes Profil</i>	22
<i>Formel 3 Vergleichsspannung geschlossenes Profil</i>	24

12 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, Amir Tavakoli, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel:

Die Entwicklung eines Kameragehäuses für ein Kamera-Monitor System als Einrichtung für indirekte Sicht an einem Personenkraftwagen.

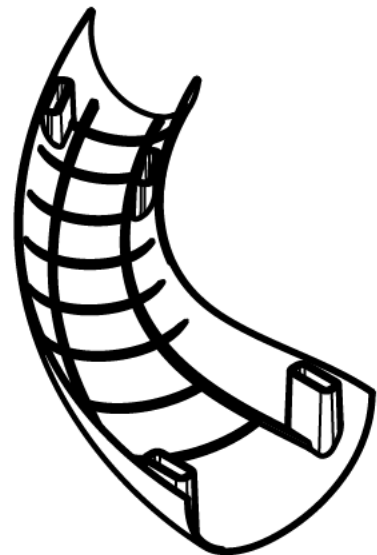
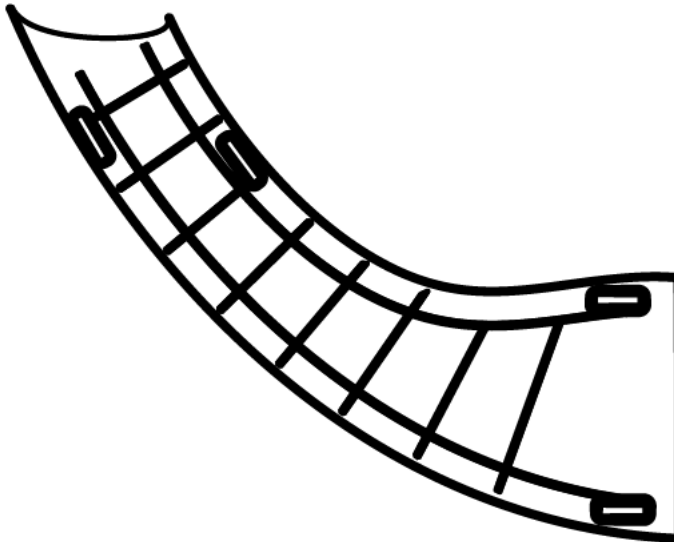
Ohne fremde Hilfe selbstständig und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.



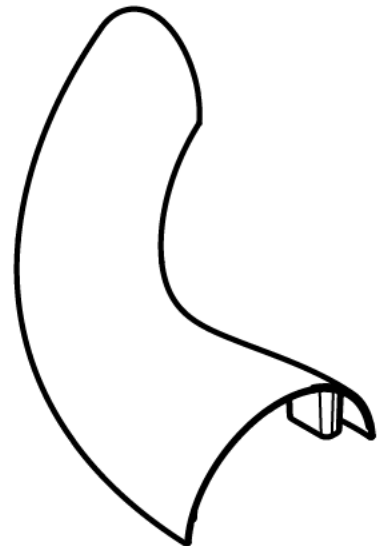
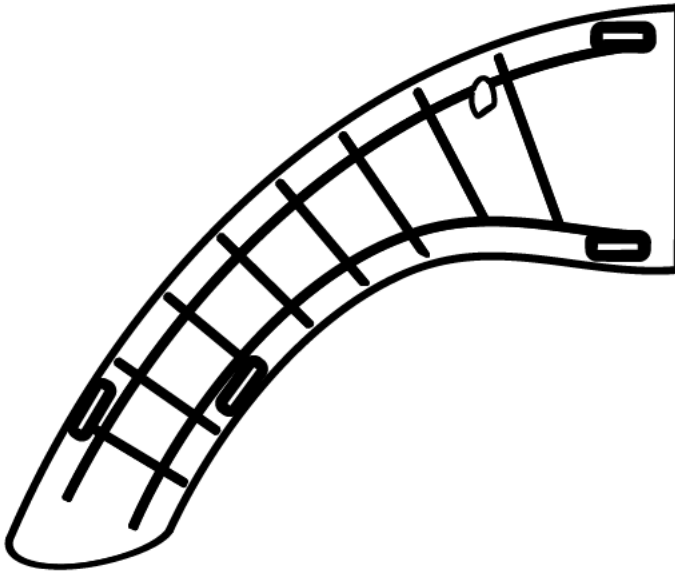
Unterschrift



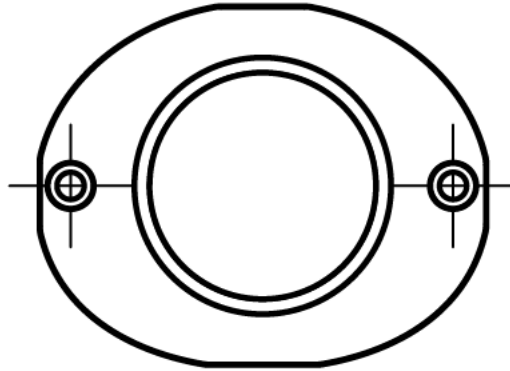
Ort, Datum

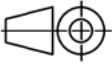



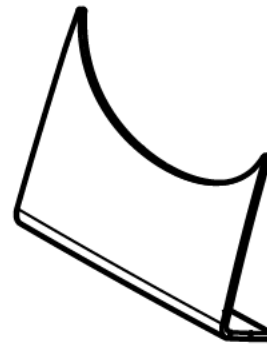
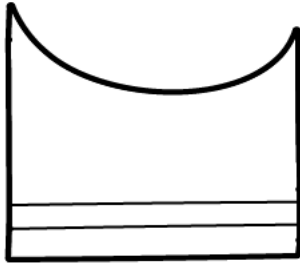
	Allgmeintoleranz DIN ISO 2768-mk	Maßstab 1:2	Blattformat A4	Werkstoff AlSi10Mg	Gewicht 0,0767
Genehmigt von		Erstellt durch (Name, Matrikelnummer, Sem.-Gruppe)			
		Dokumentenart Einzelteilzeichnung		Dokumentenstatus fertiggestellt	
Titel, zusätzlicher Titel Verkleidung Grundträger unten links		Zeichnungsnummer 1		Änd. A	Ausgabedatum 03.02.2022
		Spr. de	Blatt 1/1		





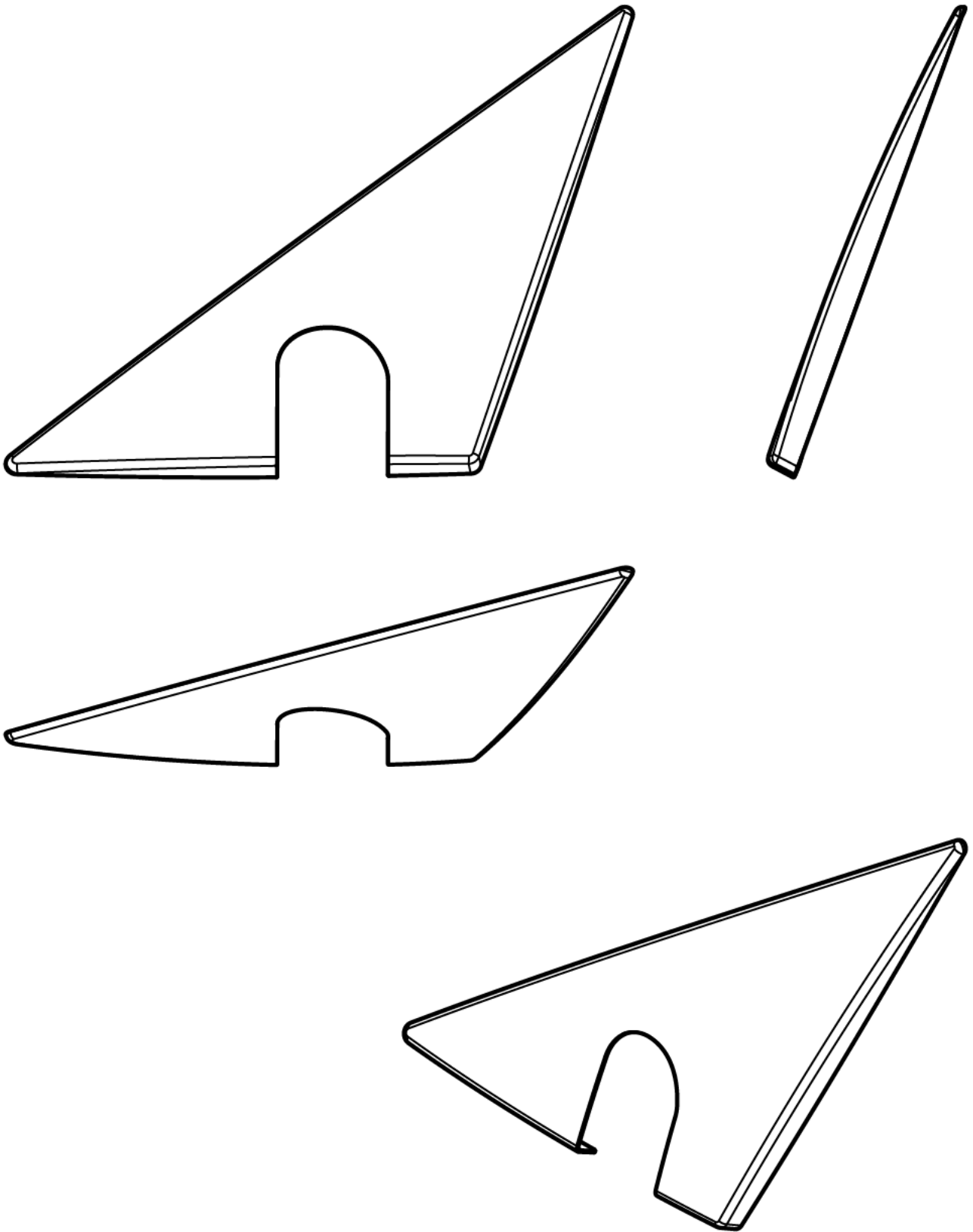
	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768-mk	Maßstab 1:2	Blattformat A4	Werkstoff ABS	Gewicht 0,0178
Genehmigt von		Erstellt durch (Name, Matrikelnummer, Sem.-Gruppe) A. Tavakoli, [REDACTED]			
		Dokumentenart Einzelteilzeichnung		Dokumentenstatus fertiggestellt	
		Titel, zusätzlicher Titel Verkleidung des Grundträgers oben links		Zeichnungsnummer 2	
				Änd. A	Ausgabedatum 03.02.2022

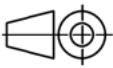



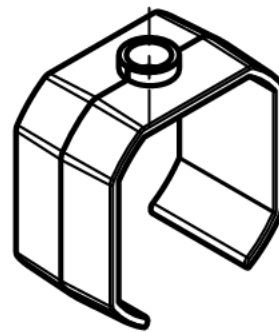
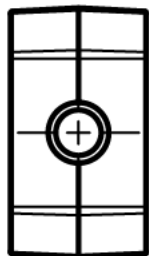
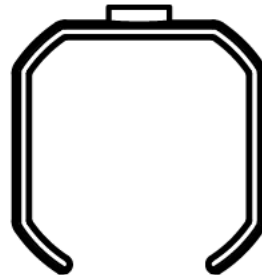
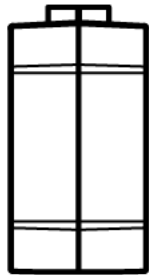
	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768-mk	Maßstab 1:1	Blattformat A4	Werkstoff ABS	Gewicht 0,00303
Genehmigt von		Erstellt durch (Name, Matrikelnummer, Sem.-Gruppe) A. Tavakoli, [REDACTED]			
	Dokumentenart Einzelteilzeichnung		Dokumentenstatus fertiggestellt		
	Titel, zusätzlicher Titel Abschluss Scheibenträger		Zeichnungsnummer 3		
	Änd. A	Ausgabedatum 03.02.2022	Spr. de	Blatt 1/1	





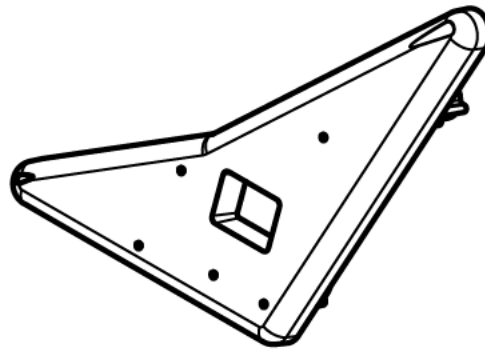
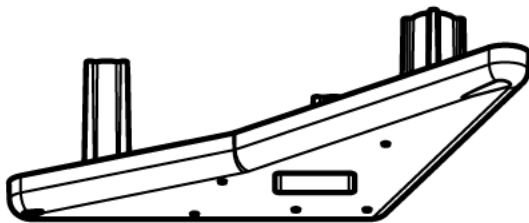
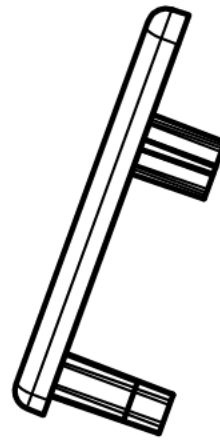
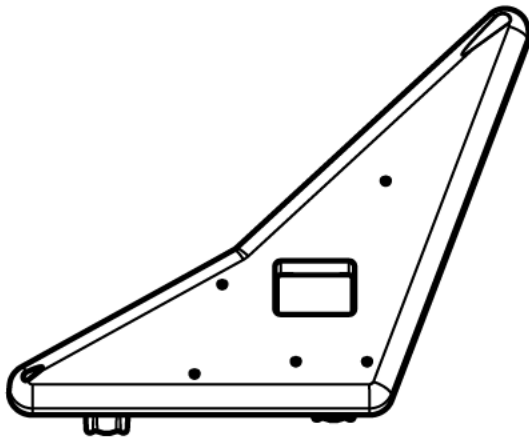
	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768-mk	Maßstab 1:1	Blattformat A4	Werkstoff ABS	Gewicht 0,00141
Genehmigt von		Erstellt durch (Name, Matrikelnummer, Sem.-Gruppe) A. Tavakoli, [REDACTED]			
		Dokumentenart Einzelteilzeichnung		Dokumentenstatus fertiggestellt	
		Titel, zusätzlicher Titel Verkleidung des Anbindungsstücks unten links		Zeichnungsnummer 4	
		Änd.	Ausgabedatum	Spr.	Blatt
A	03.04.2022	de	1/1		



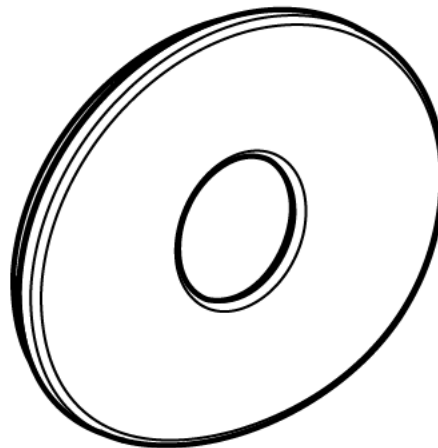
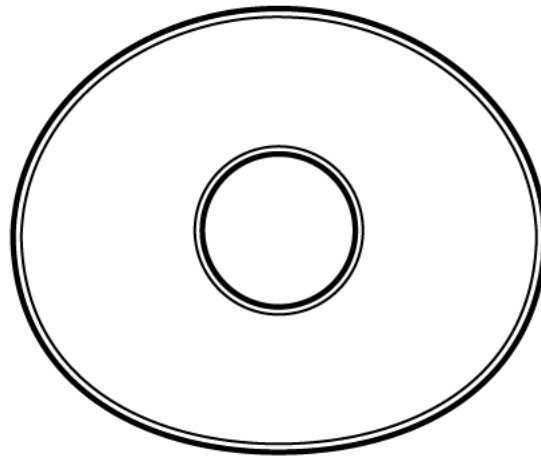
	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768-mk	Maßstab 1:2	Blattformat A4	Werkstoff ABS	Gewicht 0,0192
Genehmigt von		Erstellt durch (Name, Matrikelnummer, Sem.-Gruppe) A. Tavakoli, [REDACTED]			
		Dokumentenart Einzelteilzeichnung		Dokumentenstatus fertiggestellt	
		Titel, zusätzlicher Titel Verkleidung des Anbindungsstücks oben links		Zeichnungsnummer 5	
		Änd. A	Ausgabedatum 03.02.2022	Spr. de	Blatt 1/1

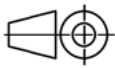



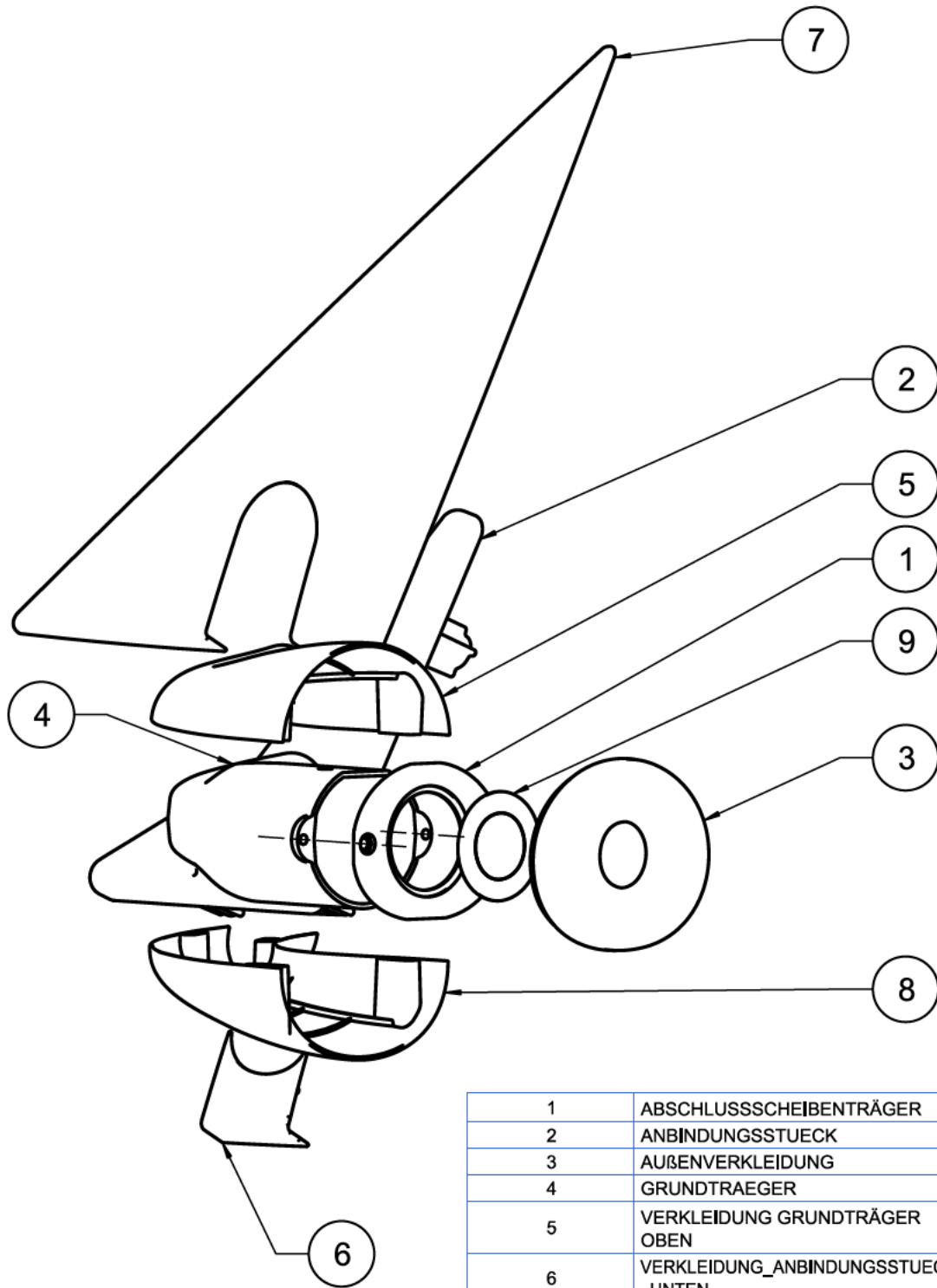
	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768-mk	Maßstab 1:1	Blattformat A4	Werkstoff ABS	Gewicht 0,00607
Genehmigt von		Erstellt durch (Name, Matrikelnummer, Sem.-Gruppe) A. Tavakoli, [REDACTED]			
	Dokumentenart Einzelteilzeichnung		Dokumentenstatus fertiggestellt		
	Titel, zusätzlicher Titel Kamerahalterung		Zeichnungsnummer 6		
	Änd.	Ausgabedatum	Spr.	Blatt	
A	03.02.2022	de	1/1		




	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768-mk	Maßstab 1:2	Blattformat A4	Werkstoff AlSi10Mg	Gewicht 0,0767
Genehmigt von		Erstellt durch (Name, Matrikelnummer, Sem.-Gruppe) A. Tavakoli, [REDACTED]			
		Dokumentenart Einzelteilzeichnung		Dokumentenstatus fertiggestellt	
		Titel, zusätzlicher Titel Anbindungsstück links		Zeichnungsnummer 7	
		Änd. A	Ausgabedatum 03.02.2022	Spr. de	Blatt 1/1



	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768-mk	Maßstab 1:1	Blattformat A4	Werkstoff ABS	Gewicht 0,00903
Genehmigt von		Erstellt durch (Name, Matrikelnummer, Sem.-Gruppe) A. Tavakoli, [REDACTED]			
		Dokumentenart Einzelteilzeichnung		Dokumentenstatus fertiggestellt	
		Titel, zusätzlicher Titel Außenverkleidung		Zeichnungsnummer 8	
		Änd. A	Ausgabedatum 03.02.2022	Spr. de	Blatt 2/2



1	ABSCHLUSSSCHEIBENTRÄGER	1
2	ANBINDUNGSSTUECK	1
3	AUßENVERKLEIDUNG	1
4	GRUNDTRAEGER	1
5	VERKLEIDUNG GRUNDTRÄGER OBEN	1
6	VERKLEIDUNG_ANBINDUNGSSTUECK UNTEN	1
7	VERKLEIDUNG_ANBINDUNGSSTÜCK_ OBEN	1
8	VERKLEIDUNG_GRUNDTRAEGER_UN TEN	1
9	ABSCHLUSSSCHEIBE_	1
PC NO	PART NAME	QTY

 Genehmigt von	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768-mk	Maßstab 1:2	Blattformat A4	Werkstoff	Gewicht
	Erstellt durch (Name, Matrikelnummer, Sem.-Gruppe) A. Tavakoli				
	Dokumentenart Explosionszeichnung		Dokumentenstatus fertiggestellt		
	Titel, zusätzlicher Titel Explosionszeichnung Kameragehäuse BMW E90		Zeichnungsnummer 0815-4711		
	Änd. A	Ausgabedatum 26.01.2022	Spr. de	Blatt 1/1	