



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Johannes Pötter

Design- und Strakentwicklung einer angepassten Heckpartie des „Hamburg Concept Car“

Johannes Pötter

**Design- und Strakentwicklung einer
angepassten Heckpartie des „Hamburg
Concept Car“**

Bachelor-/Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelor-/Masterprüfung

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

Erstprüfer: Prof. Jan Friedhoff
Zweitprüfer: Prof. Johannes Gregor Schimming

Abgabedatum: 30.06.2022

Zusammenfassung

Johannes Pötter

Thema der Bachelorthesis

Design- und Strakentwicklung einer angepassten Heckpartie des „Hamburg Concept Car“

Stichworte

Design, Strak, Heck, Methodik, HCC21, Showcar, Virtueller Prototyp, Class-A, ICEM Surf, Package, Optimierung

Kurzzusammenfassung

Inhalt dieser Arbeit ist die Erstellung eines neuen Heck-Designs für das Hamburg Concept Car, sowie dessen Umsetzung in einen CAD-Datensatz. Grund dafür ist die Anpassung des Hecks auf das aktuelle Design des Gesamtfahrzeugs. Dafür wird eine Analyse der Rahmenbedingung durchgeführt und eine Methode zur Designfindung entwickelt. Anschließend wird unter Berücksichtigung gestalterischer Grundlagen eine Auswahl an Varianten zu erstellt. Nach durchgeführter Bewertung wird der beste Entwurf ausgearbeitet und mittels mehrerer Optimierungsschleifen verbessert.

Johannes Pötter

Title of the paper

Design and surface development of an adapted rear end for the “Hamburg Concept Car”

Keywords

design, surfacing, rear end, method, HCC21, showcar, virtual prototype, class-a, ICEM Surf, package, improvement

Abstract

The content of this work is the creation of a new rear design for the Hamburg Concept Car, as well as its implementation in a CAD data set. The reason for this is to adapt the rear end to the current design of the concept vehicle.

For this purpose, an analysis of the framework condition is carried out and a method for design finding is developed. Subsequently, a selection of variants is created, taking into account design principles. After the evaluation has been carried out, the best design is worked out and improved by means of several optimization loops.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	vi
Abkürzungsverzeichnis	vii
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen.....	3
2.1 Strak.....	3
2.2 Design	4
3 Stand der Technik.....	6
3.1 Gesetzgebung	6
3.2 Fertigung	11
3.3 Aerodynamik.....	11
3.4 Grundlagen der Gestaltung.....	13
4 Methodisches Vorgehen	15
4.1 Grundlagen der methodischen Produktentwicklung	15
4.2 Gewähltes Vorgehen zur Designfindung.....	16
5 Situationsanalyse.....	18
5.1 Package	18
5.2 Icon	19
5.3 Design und Formsprache der alten Stände.....	21
5.3.1 Stand 2018	21
5.3.2 Stand 2019	21
5.3.3 Stand 2020 / 2021	23
5.3.4 Stand 2021 Showcar	25
5.4 Ergebnis aus der Situationsanalyse.....	28
6 Klären der Aufgabenstellung.....	30
6.1 Anforderungsliste.....	30

6.2	Schnittstellen und Grenzen.....	31
7	Konzipieren.....	32
7.1	Analyse eines Fahrzeughecks	32
7.2	Linienmodelle	34
7.3	Grobentwürfe.....	35
7.3.1	Grobentwurf 1.....	36
7.3.2	Grobentwurf 2.....	36
7.3.3	Grobentwurf 3.....	37
7.3.4	Grobentwurf 4.....	37
8	Konzeptstrak.....	38
8.1	Vorstellung der Entwürfe.....	38
8.1.1	Konzeptstrak Entwurf 1.....	38
8.1.2	Konzeptstrak Entwurf 2.....	39
8.1.3	Konzeptstrak Entwurf 3.....	40
8.1.4	Konzeptstrak Entwurf 4.....	40
8.2	Lösungsauswahl für den Konzeptstrak	41
9	Strakausarbeitung und Optimierung.....	43
9.1	Flächenoptimierung	43
9.2	Iterationsschritte	44
9.2.1	Heckklappe.....	45
9.2.2	Schürze	47
9.3	Vorstellung des fertigen Straks	49
10	Zusammenfassung und Ausblick.....	51
11	Literaturverzeichnis	52
12	Bildquellenverzeichnis.....	55
Anhang	A
A	– Linienmodelle.....	B
B	– Konzeptstrak.....	D

Inhaltsverzeichnis

C – Anforderungsliste.....	H
D – Heckklappeniteration	J
E – Erklärung zur eigenständigen Bearbeitung.....	K

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 HCC SC(rechts) und VP (links) Vergleich [B1]	1
Abbildung 2-1 Straklatten [B2]	3
Abbildung 2-2: Frontansichten [B3] und Seitenansichten [B4].....	5
Abbildung 3-1 RCAR-Test - langsamer Frontcrash [B5].....	8
Abbildung 3-2 Windkanal [B6].....	12
Abbildung 3-3 Goldener Schnitt	13
Abbildung 3-4 Aventador vs. Chiron, Linien straff v.s rund bei gleichem Konzept [B7].....	14
Abbildung 4-1: Vorgehensmodell der Produktentwicklung nach [Q15, S. 71]	15
Abbildung 4-2 Vorgehen zur Designfindung.....	16
Abbildung 5-1: Package HCC [B8].....	18
Abbildung 5-2: Icon des HCC [Q1].....	20
Abbildung 5-3: Umsetzung Icon [Q18]	20
Abbildung 5-4: Stand 2019	22
Abbildung 5-5: Stand 2020 / 2021	23
Abbildung 5-6: Stand 2021 Showcar.....	26
Abbildung 5-7: Foto Stand 2021 Showcar [B9].....	27
Abbildung 5-8: Designparameter Stand 2019	28
Abbildung 5-9 Designparameter Stand 2022	28
Abbildung 6-1 Kommunikationsschnittstellen	31
Abbildung 7-1: Bauteilspezifische Bestandteile eines Fahrzeughecks	32
Abbildung 7-2: Bestandteile eines Fahrzeughecks spezifiziert nach Design und Flächenaufbau.....	33
Abbildung 7-3: Beispiel eines Linienmodells	34
Abbildung 7-4: Grobentwurf 1	36
Abbildung 7-5: Grobentwurf 2	36
Abbildung 7-6: Grobentwurf 3	37
Abbildung 7-7: Grobentwurf 4	37
Abbildung 8-1: Konzeptstrak Entwurf 1	38
Abbildung 8-2: Konzeptstrak Entwurf 2.....	39
Abbildung 8-3: Konzeptstrak Entwurf 3.....	40
Abbildung 8-4: Konzeptstrak Entwurf 4.....	41
Abbildung 9-1: Heckansicht Konzeptstand.....	45
Abbildung 9-2: Fertiger Strak hinten perspektivisch	49
Abbildung 9-3: Fertiger Strak	50

Abbildung 9-4: Fertiger Strak Highlightverlauf 50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 8-1: Gewichtung der Bewertungskriterien nach dem Rangfolgeverfahren	41
Tabelle 8-2: Bewertungsmatrix der Nutzwertanalyse	42

Abkürzungsverzeichnis

A2MAC1	Franz. Unternehmen, welches Fahrzeugdaten aus Schnitten publiziert
CAD	Computer Aided Design, Software
FMVSS	Federal Motor Vehicle Safety Standards
GCIE	Global Car Manufacturers Geometrical Information Exchange Plattform
HAW	Hochschule für Angewandte Wissenschaften
HCC / HCC21	Hamburg Concept Car (vormals 2021)
ICEM Surf	kurz: ICEM, CAD-Software zur Oberflächenerzeugung
KET	Karosserie Entwicklung Thurner GmbH
KFZ	Kraftfahrzeug
KS	Konzeptstrak
PKW	Personenkraftwagen
RCAR	Research Council for Automobile Repairs
SC	Showcar
STV	Strak Vertiefung (Masterkurs)
SVTZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
UN-ECE	United Nations Economic Commission for Europe
VP	Virtueller Prototyp
Y0 – Ebene	durch X- und Z-Achse aufgespannt, für alle Ebenenpunkte gilt: Y=0

1 Einleitung

Das Hamburg Concept Car 2021, nachfolgend HCC21 bzw. HCC, ist als Jubiläumsprojekt zum einhundertfünfundzwanzigjährigen Bestehen der Wagenbauschule ins Leben gerufen worden. Die Wagenbauschule von 1896 war die Basis des neuen Departments Fahrzeugentwicklung und Flugzeugbau an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg, nachfolgend HAW [Q7]. Im Jahr 2016 entstand die Idee ein kompaktes, batterieelektrisches und bei Bedarf autonom fahrendes KFZ zu entwickeln, welches großen Fokus auf Komfort und Reisefähigkeit legt, dabei umweltfreundlich ist, und im urbanen Raum möglichst wenig Platz einnimmt. So entstand ein Fahrzeugkonzept, welches außen die Maße der Kompaktklasse vertritt, und im Innenraum das Platzangebot der Luxusklasse hat.

Das gesteckte Ziel war es für das Jubiläum im Jahr 2021 ein Showcar, nachfolgend SC, zu bauen, um die Hochschule und besonders das Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau zu repräsentieren. Das Besondere ist die Projektintegration in den Studienalltag. So wurde das Projekt im Rahmen mehrerer Kurse sowie Studien- und Abschlussarbeiten von Studierenden vorangetrieben und durch Professoren betreut. Auch, nach erfolgreichem Bau des SC, bleibt das Projekt eine wichtige Entwicklungsumgebung, an der fortlaufend weitergearbeitet wird. Die dadurch nötige disziplinübergreifende Kommunikation und Abstimmung zwischen den Studierenden ist ein gutes Lehrmittel für die spätere Berufspraxis.



Abbildung 1-1 HCC SC(rechts) und VP (links) Vergleich [B1]

Kernelement und Ausgabeprodukt sind der virtuelle Prototyp, nachfolgend VP, und das SC, vgl. Abbildung 1-1. Der VP besteht im Wesentlichen aus Konstruktionen und CAD Datensätzen, welche das HCC21 möglichst real und praxisnah ausgearbeitet zeigen. Die Daten wurden Im Rahmen von Kurs-, Abschluss-, und Studienarbeiten erstellt. Das SC ist

die Umsetzung des virtuellen Prototyp Stands 2020. Es wurde aus gefrästen und lackierten Ureol Schaumblöcken auf einem Aluminiumrahmen gebaut. Um Kosten für z.B. Türen und Klappen zu sparen, wurde der SC skulptural abgewandelt und dient primär zu Präsentationszwecken. Die Modellbautechnische Umsetzung sowie auch in vielen Teilen die Datenentwicklung des SC wurde von der Münchner Firma „Karosserie Entwicklung Thurner GmbH“, nachfolgend KET, vorgenommen [Q12].

Der VP wurde über mehrere Iterationsstufen seit 2017 sowohl im Innenraum in Konzept, Design und Strak, als auch an der Außenhaut verändert und optimiert. Der aktuelle Stand des Exterieurs ist jener aus dem Wintersemester 2021.

Um das aktuelle Exterieur des VP abzuschließen, muss ein Heck entwickelt werden, welches thematisch zum Rest des Fahrzeugs passt. Die Entwicklung dieses Designs und dessen Umsetzung in einen CAD Flächendatensatz mithilfe der Software ICEM Surf ist Gegenstand dieser Abschlussarbeit. Es soll ein Weg aufgezeigt werden, wie ein solches Design mit Hilfe einer methodischen Vorgehensweise entwickelt und umgesetzt werden kann. Dazu wird im Rahmen einer umfassenden Analyse eine Anforderungsliste erstellt und das neue Design schrittweise entwickelt. Den Abschluss bildet eine iterative Optimierung. Parallel wird im Rahmen einer Studienarbeit von Finn Oldevend eine neue Rückleuchte entwickelt und ebenso in einem Strak Datensatz umgesetzt. Permanente Kommunikation hilft an dieser Stelle beide Arbeiten zu einem guten Gesamtergebnis zu führen, nicht zuletzt, weil das Heck und die Rückleuchte zu einem Themenbereich gehören. Neben der direkten Kommunikation zwischen den Arbeitsbereichen Heck und Rückleuchte finden wöchentlich Meetings statt, bei denen sich die Teamleitung und alle aktuell am HCC beteiligten austauschen, ihre Arbeitsstände vorstellen und bewerten. Zur zentralen Datenablage wird das von der HAW bereitgestellte Projektlaufwerk verwendet.

2 Grundlagen

Ziel des nachfolgenden Kapitels ist es, einen kurzen Überblick über die Themengebiete Strak und Design zu geben.

2.1 Strak

Der Strak beschreibt eine Geometrie, die aus Freiformflächen besteht. Wortursprung ist der Schiffbau, in dem das englische Wort „strake“ den Plankenverlauf eines Schiffsrumpfes beschreibt [Q14]. Bevor die Konstruktion von Computern unterstützt werden konnte, wurden krümmungsstetige Kurven mit langen flexiblen Linealen gezeichnet. Diese so genannten Straklatten wurden mittels kleiner Gewichte, auch Strakschweinchen genannt, beschwert und konnten so in Form gebracht werden, vgl. Abbildung 2-1.

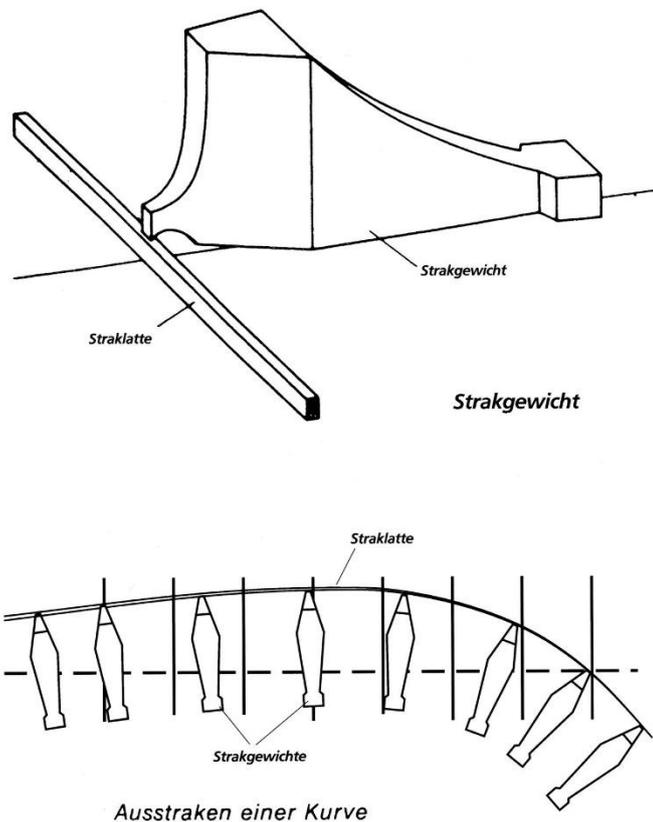


Abbildung 2-1 Straklatten [B2]

Die Kurven wurden auf den Zeichnungsuntergrund übertragen und haben dann als Schnittlinien in mehreren Ebenen, ausgehend von einem Koordinatensystem, eine Freiform abgebildet. Dieses Verfahren wurde im Schiff- und Kutschen- später auch Flugzeug und Automobilbau angewandt, um mit Hilfe von Risszeichnungen Pläne für gekrümmte Bauteile

zu erstellen. Seit dem Einzug moderner Technik wird das Straken am Computer im 3D durchgeführt. Nun wird nicht mehr über Schnitt-, bzw. Risslinien und Ebenen, sondern direkt mit Kurven und Flächen im Raum. Dies geschieht, im Falle von ICEM Surf mit Hilfe der Beziérmathematik¹ erstellt [Q9]. Es gibt mittlerweile mehrere Tools zum Erstellen von Strakflächen, wie z.B.: ICEM Surf, Autodesk Alias oder Rhinoceros 3D. Die mit der Software erstellten Oberflächendaten, werden anschließend in der CAD Konstruktion genutzt, um vollständige Bauteile zu erstellen.

Alle für das Design relevanten und für die Endverbraucher sichtbaren Flächen müssen dabei die so genannte Class A Qualität erfüllen. Diese verlangt krümmungsstetig angeschlossene Flächensätze, welche der Form folgend bombiert sind. Grauzonen gelten als Class B Flächen, die prismatisch ausgetragen werden und dadurch weniger Kosten im Werkzeugbau verursachen. Dazu gehören beispielsweise von Türen und Klappen verdeckte Bereiche, die nur im geöffneten Zustand sichtbar sind. Mittlerweile werden auch Grauzonen feiner ausgearbeitet, da die Anforderungen an eine bessere Optik und Haptik steigen. Besonders im Bereich der Einstiege sind hochwertige, bombierte Flächen attraktiver als solche, die prismatisch erzeugt werden. Die letzte Kategorie bilden die Class C Flächen, welche nur rein konstruktive Anforderungen haben und keine optischen Aspekte erfüllen müssen. Als Vertreter der Class C Flächen wären Ankonstruktionen am Werkzeug zu nennen, die für den Tiefziehprozess notwendig sind [Q3].

2.2 Design

Als Design wird im deutschen Sprachraum die „[...] formgerechte und funktionale Gestaltgebung und daraus sich ergebende Form eines Gebrauchsgegenstandes“ [Q4] bezeichnet. Konkret bedeutet dies, dass alle Faktoren, sowohl ästhetischer als auch funktionaler, fertigungstechnischer und wirtschaftlicher Natur, Einfluss auf das Design haben. Nach Kraus [Q13] ist das Design eben nicht nur die reine Formgestaltung (Stilistik), sondern auch die Umsetzung aller Anforderungen und Wünsche, die besonders im Automobilbau mit Sorgfalt gegeneinander abgewogen werden müssen, um „[...] attraktive Gestaltungs- und Konstruktionslösungen zu kreieren.“ [Q13].

Die Hauptaufgabe eines guten Designs im Fahrzeugbau ist es, bei den potenziellen Kunden jene Emotionen zu wecken, die zum Kauf anregen. Die Emotionen können je nach Kunden- und Marktsituation variieren. So lässt sich jemand, der ein sportliches Coupé kaufen möchte, wohl von einer eleganten, langen Motorhaube begeistern, die vermutlich einen großen,

¹ Beziérmathematik: um 1960 von Pierre Étienne Bézier entwickeltes Verfahren zur parametrischen Beschreibung von Kurven

leistungsstarken Motor verbirgt. Dies wiederum würde aber Kunden abschrecken, die ein kleines, wendiges Auto für die Stadt suchen, mit dem sie überall hinkommen und leicht parken können. Es geht bei Design also auch immer um Kompromisse. So sollte die Front des Coupés sich nicht allzu dramatisch auf die Übersichtlichkeit und das Rangierverhalten auswirken. Und im Inneren des kurzen, kompakten Stadtautos sollte man sich nicht zu klein und exponiert fühlen, damit das Fahrzeug nicht den Anschein erweckt, unsicher zu sein. Das Abwägen von Pro und Contra gehört damit zu den ständigen Aufgaben in der Designentwicklung.

Ein Design transportiert also auch Werte. Diese Werte wiederum helfen ein Design zu entwickeln, vgl. Kapitel 0. Die Fahrzeugfront, oft als Gesicht interpretiert [Q10] kann freundlich, oder neutral oder auch böse aussehen. Eine Seitenansicht kann ein Fahrzeug besonders robust, dynamisch oder elegant wirken lassen, wobei keine der genannten Eigenschaften exklusiv einer Ansicht zugeordnet ist, vgl. Abbildung 2-2.



Abbildung 2-2: Frontansichten [B3] und Seitenansichten [B4]

Aufgrund der langen Entwicklungsdauer und der danach folgenden Bauzeit mit anschließender Lebensdauer, muss ein Fahrzeugdesign über einen langen Zeitraum gefallen. Dabei ist zu unterscheiden, ob das Design einer möglichst kleinen Gruppe nicht gefallen darf und damit allgemein gefällig und neutral ist oder ob eine kleinere Gruppe von Menschen das Design besonders ansprechend findet, was man eher einem polarisierenden Design zuschreiben würde. [Q11]

3 Stand der Technik

Um ein Fahrzeug Exterieur zu entwickeln, müssen diverse Rahmenbedingungen beachtet, und allgemein gültige Vorgehensweisen verfolgt werden. So stellt der Gesetzgeber verschiedene Anforderungen, welche eingehalten werden müssen. Darüber hinaus haben die Fahrzeugversicherer eigene Prüfverfahren entwickelt, um die Reparaturkosten nach einem Crash bewerten zu können und so Grundlagen zur Versicherungseinstufung eines Fahrzeugs zu bekommen. Technische und Package Anforderungen müssen ebenfalls eingehalten werden, und stehen oft in engem Zusammenhang zu den gesetzlichen Anforderungen. Aerodynamische Aspekte haben großen Einfluss auf Fahrstabilität und Energieverbrauch von Fahrzeugen. Das folgende Kapitel dient dazu die allgemeinen Bedingungen aufzuzeigen, die unabhängig vom HCC bei einer Heckneugestaltung zu beachten sind.

3.1 Gesetzgebung

Damit Fahrzeuge im Crashfall optimal aufeinander abgestimmt sind, schreibt die Gesetzgebung der meisten Nationen vor, wie ein Fahrzeug beschaffen sein muss, damit es homologiert und zugelassen wird. So werden beispielsweise keine zu hoch sitzenden Querträger bei SUVs zugelassen, damit es beim Unfall mit niedrigeren Kraftfahrzeugen zum „Überfahren“ kommt. Solche Regelungen sind nicht international vereinheitlicht. Für das HCC wurden in der Konzeptphase der chinesische und europäische Raum als Kernmärkte ausgesucht, was nicht bedeutet, dass man den großen amerikanischen Markt außer Acht lassen sollte.

Die Fahrzeugregularien für den europäischen Raum sind nicht einfach ersichtlich, da die Übersichtlichkeit durch viele und frequente Änderungen sowie Anpassungen nicht gegeben ist. Für den asiatischen Raum ist dies weitaus erschwert, da die Vorschriften meist in Landessprache verfasst sind. Daher wird im Rahmen der gesetzlichen Absicherung dieser Arbeit mit Referenzdaten gearbeitet und die Ausführung der Regularien wird auf die im Heck befindlichen Bauteile begrenzt.

Die Bestimmungen im europäischen Raum werden durch die „United Nations Economic Commission for Europe“ UN-ECE, bzw. kurz ECE Regularien festgelegt. Wo die ECE-Regularien nicht greifen, gilt nationales Recht.

Für diese Arbeit wurden folgende Regularien ausgewählt:

- ECE-R26 Vorstehende Außenkanten [Q22]
- ECE-R42 Pendelschlagtest [Q24]
- VERORDNUNG (EU) Nr. 1003/2010 DER KOMMISSION Kennzeichensichtbarkeit [Q26]
- VERORDNUNG (EU) Nr. 1009/2010 DER KOMMISSION Radabdeckung [Q27]
- ECE-R4 Kennzeichenbeleuchtung [Q23]

Die Regularien für die rückwärtige Beleuchtung des Fahrzeugs werden in der entsprechenden Studienarbeit behandelt. Für das Heckdesign notwendige Informationen werden vom Verantwortlichen der Arbeit direkt bezogen und finden hier nur am Rande Erwähnung.

In den USA werden ähnliche Regularien durch die „Federal Motor Vehicle Safety Standards“ (FMVSS) aufgestellt. Beispielhaft wurden für die FMVSS 581 die groben Testbedingungen herausgearbeitet. Alle anderen, nicht EU-Regularien finden zwar Beachtung, werden hier aber nicht gesondert vorgestellt.

Die wichtige Regelung FMVSS 581 „Bumper Standard“ [Q6] befasst sich einem Aufpralltest, wobei ein schweres Pendel mit geringer Geschwindigkeit auf das Heck aufschlägt. Dieser Test soll den langsamen Heckaufprall simulieren und stellt damit Anforderungen an die Crashstruktur und die Schürze. Die Versuche werden sowohl mittig auf das Heck als auch auf die Ecken angewendet. Laut FMVSS dürfen nach erfolgtem Pendelschlagtest mit Ausnahme der Kennzeichenbeleuchtung keine Beleuchtungseinrichtungen oder Reflektoren beschädigt sein. Weiterhin muss die Kofferraumklappe normal funktionieren. Auch dürfen vom Fahrzeug keine Anbauteile wie Abdeckungen, etc. abfallen oder beschädigt sein, mit Ausnahme der Schürze, wobei diese inkl. ihrer Montageelemente nicht abfallen darf. Schwere Schäden wie undichte Kraftstoffsysteme, restriktiv beschädigte Abgasanlagen, defekte Antriebs- und Aufhängungssysteme, etc. dürfen nicht auftreten. Ziel dieser Anforderung ist es, dass die beteiligten Fahrzeuge nach Bagatellunfällen aus eigener Kraft, und verkehrssicher die Unfallstelle verlassen können. Weiterhin soll gewährleistet werden, dass kein „Überfahren“ der Crashstrukturen stattfindet, wie eingangs des Kapitels beschrieben.

Der Pendelschlagtest wird zuerst unter einem Winkel von 30° zur Längsachse mit einer Geschwindigkeit von 1,5mph (ca. 2,4km/h) an einer Fahrzeugecke durchgeführt. Anschließend wird fahrzeugmittig in Flucht der Längsachse getestet, mit einer

Aufprallgeschwindigkeit von 2,5mph (ca. 4km/h). Abschließend muss das Fahrzeug rückwärts mit 2,5mph mittig gegen eine starre Barriere fahren. Die Höhe des Aufschlagpunktes (Referenzhöhe) von Testpendel und Barriere soll dabei zwischen 16 und 20 Zoll (ca. 407-509mm) ab Bodenebene sein.

In der ECE-R42 [Q24] wird ein ähnliches Vorgehen beschrieben. Hier wird jeweils nur ein Einschlag auf der Referenzhöhe von 445mm auf Fahrzeugmitte und der Ecke vorgenommen. Das mindestens 3,3m lange Pendel schlägt mit 2,5km/h auf die Ecke und mit 4km/h auf die Mitte des Fahrzeugs. Die Anforderungen gleichen sich mit der Ausnahme, dass die Beleuchtungseinrichtungen nicht explizit unbeschadet sein müssen, aber in vollem Umfang verkehrstüchtig.

Bei der Durcharbeitung dieser Regularien ist die starke Ähnlichkeit der beiden Regularien aufgefallen. International verkaufte Fahrzeuge entsprechen demnach auch in einigen Aspekten den gleichen beziehungsweise ähnlichen Regularien. Ein gutes Beispiel für so ein Gleichnis ist der Kennzeichenmontagewinkel, welcher 2015 von den USA auf die 30° Neigung (vormals 15°) der europäischen Regelung [Q26] angepasst wurde.

Auch zu beachten ist der RCAR-Test der Versicherer [Q17]. Er stellt eine weiche Anforderung dar, denn ein nicht Bestehen führt lediglich zu einer höheren Versicherungseinstufung und gefährdet nicht die Zulassungsfähigkeit eines Fahrzeugs. Für einen großen Markt ist diese Einstufung wichtig, da die potenziellen Käufer ein niedrig eingestuftes Fahrzeug eher kaufen als ein höher eingestuftes. Abbildung 3-1 zeigt beispielhaft einen langsamen Frontcrash.



Abbildung 3-1 RCAR-Test - langsamer Frontcrash [B5]

Der RCAR-Test ist der EC-R42 und dem FMVSS 581 sehr ähnlich, mit dem Unterschied, dass eine auf einem Wagen befindliche Rammbarriere mit 5km/h auf die Fahrzeugecke, und mit 10km/h auf die Fahrzeugmitte trifft. Bei dem Heckaufschlag wird die Referenzhöhe von 455mm auf 405mm abgesenkt. So wird simuliert, dass auflaufende Fahrzeuge durch die meistens durchgeführte Bremsung auf der Vorderachse einfedern. Anschließend wird geprüft, was durch den Versuch beschädigt wurde und was die Reparatur kosten wird, um einschätzen zu können, wie das Fahrzeug in Bezug auf langsame Unfälle einzustufen ist.

Um technische Anforderungen im Bereich Crashesicherheit und Reparaturfreundlichkeit einzuhalten, muss eng mit der Konstruktion zusammengearbeitet werden. Das HCC verfügt bis jetzt nur rudimentär über Informationen im Bereich Crashesicherheit Heck und eine tatsächliche Auslegung existiert zum Zeitpunkt dieser Ausarbeitung noch nicht. Um trotzdem Informationen zur möglichen Lage von Bauteilen wie dem hinteren Querträger sowie Bauraumbedarf zu bekommen kann man sich an real existierenden Fahrzeugen bedienen.

Hierfür werden im Rahmen dieser Arbeit A2MAC1- und GCIE- Schnitte verwendet. Als Referenzfahrzeuge werden ein Volkswagen Golf aus 2012 ein Golf Sportsvan aus 2020 und ein Passat von 2014 verwendet. Diese Fahrzeuge wurden ausgewählt, weil die entsprechenden Schnitte verfügbar im Rahmen der Hochschularbeit verfügbar waren. Mit der ECE-R42 und der FMVSS 581 konnte herausgearbeitet werden, dass die mittlere Höhe des hinteren Querträgers ca. 445mm über Bodenniveau im unbeladenen Zustand liegt. Die GCIE Schnitte bestätigen dies. Zwischen den Querträgern und der Außenhaut liegen mindestens 8mm, wovon 3mm auf die Materialstärke der hinteren Schürze entfallen und 5mm Luftraum vorgesehen werden müssen, damit Schürze und Querträger im Fall von Vibrationen keinen Kontakt und damit Störgeräusche erzeugen können. Nach der ECE-R127 Fußgängerschutz [Q21] muss im Heckbereich kein extra Pralldämpfer für den Fußgängerschutz vorgesehen werden.

Die Querträgerprofile der beiden Golf Varianten ähneln sich, während der Passat ein anderes Profil hat. Das hat damit zu tun, dass der Passat für den amerikanischen und asiatischen Markt modifiziert angeboten wird. Das Profil des Golfs ist weltweit bei allen Varianten gleich und wird deshalb als Referenz für das HCC verwendet.

Die Deformationsraumuntersuchung muss für den langsamen Crash auf die Informationen der Referenzfahrzeuge reduziert werden. Die Prüfung der Deformationsräume aus den GCIE-Schnitten ergibt als Mindestwert für den Passat ca. 61mm zwischen Außenhaut und dem nächstgelegenen kritischen Bauteil, der Heckklappe. Als großes und teures

Blechbauteil ist die Heckklappe im Crashfall möglichst zu schützen und vor Beschädigung zu bewahren, damit der RCAR-Test gut absolviert wird. Gleiches gilt für die Rückleuchte. Interessant ist der sehr kleine Wert von 27mm zwischen Querträger und Heckklappe beim Passat. Die anderen Fahrzeuge schneiden hier etwas besser ab. Mit diesen Informationen kann die Querträgerposition abgeschätzt werden.

Als Besonderheit bei dem Golf und einigen anderen Fahrzeugen, welche die Kennzeichenverprägung in der Schürze haben, ist anzumerken, dass der Querträger für die Verprägung eingerückt ist. Das hat im Crashfall einen späteren Kontakt der beiden Querträger des auflaufenden Fahrzeuges und dem aufgelaufenen zur Folge. Um hier trotzdem genug Sicherheit für z.B.: die Heckklappe zu bieten, müssen die Querträger in ihrem Profil besonders widerstandsfähig und in Längsrichtung derart gestaltet sein, dass der Prüfkörper und der Querträger sich bei Erstkontakt an mehreren Stellen gleichzeitig berühren. Normalerweise folgen die Träger in etwa dem Verlauf der Heckschürze.

Für Fußgängerschutz schreibt die ECE-R26 in der Regelung für vorstehende Außenkanten vor, dass alle Außenkanten, die von einer 100mm großen Kugel berührt werden können, einen Radius von mindestens 2,5mm aufweisen müssen. Für Kanten, die weniger als 5mm hervorstehen, genügt es, wenn diese gebrochen sind. Für Kanten die weniger als 1,5mm hervorstehen entfallen diese Regelungen. Weiterhin dürfen keine Teile so nach außen gerichtet sein, dass Fußgänger oder Zweiradfahrer davon erfasst werden können. Luftführungen und Aussparungen sind in Absatz 6.3 der ECE-R26 näher definiert.[Q22]

Analog zur Verordnung Nr. 1003/2010 [Q26] und der ECE-R4 [Q23] wird mit der FMVSS 108 „Lamps, Reflective Devices, and Associated Equipment“ [Q5] festgelegt, wie das Kennzeichen montiert und beleuchtet sein muss. Die Vorschriften besagen, dass ein 300x150mm (USA) bzw. 520x120mm (EU) großes Kennzeichen von einer oder mehr Beleuchtungseinrichtungen derart angestrahlt werden muss, dass mindestens 8° Strahlwinkel zwischen Lichtaustrittsfläche und dem weit entferntesten Punkt auf dem Kennzeichen erreicht werden. Dies gilt ebenso, wenn ein Kennzeichenhalter verwendet wird. Weiterhin muss das Kennzeichen nach oben bis 15° zur Horizontalen voll sichtbar sein, und darf nach [Q26] sowie [Q5] maximal -5° bis +30° Neigungswinkel zur Vertikalen haben, wenn das Kennzeichen zwischen 0,3 und 1,2m vom Boden entfernt ist. Die Montagefläche soll nahezu flach sein und darf in nur einer Richtung Krümmung ($R > 5000$) aufweisen.

Die Radabdeckung und Böschungswinkel gehören ebenfalls zu den relevanten gesetzlichen Grundlagen für das Heckdesign. Hier hat Höhnl [Q11] bereits die entsprechende Vorarbeit

geleistet. Da der hintere Radspiegel im Rahmen seiner Ausarbeitung analysiert und ausgelegt wurde und eine gute Flächenqualität aufweist, wird dieser weiterverwendet. Der hintere Böschungswinkel ist mit 12° angegeben und ist nach Überprüfung der alten Stände ohne Probleme einzuhalten. Dazu sei erwähnt, dass weder in der ECE, der FMVSS, noch der deutschen Straßenverkehrszulassungsverordnung (STVZO) Mindestböschungswinkel für normale PKW angegeben sind. Lediglich die STVZO fordert: „Fahrzeuge müssen in straßenschonender Bauweise hergestellt sein und in dieser erhalten werden.“ [Q19]. Den nötigen Winkel könnte man alternativ auch durch einen aus GCIE-Schnitten abgelesenen Durchschnittswert ermitteln.

3.2 Fertigung

Das Seitenteil besteht bei einer konventionellen Karosserie aus Stahlblech, welches tiefgezogen wird. Die Schürze als separat montiertes Bauteil wird meist aus einem ABS Kunststoff im Spritzgießverfahren hergestellt. Werkzeuge zur Herstellung müssen möglichst günstig gehalten werden. Um die saubere Entformung der Werkstücke aus den Werkzeugen zu ermöglichen, ohne dabei zwingend mehrteilige Werkzeuge zu verwenden, müssen Entformwinkel eingehalten werden. Diese sind in Abhängigkeit von Material, Fertigungsprozess und Geometrie des herzustellenden Bauteils unterschiedlich groß. Um die aufwendige Recherche zu umgehen, wird mit den Erfahrungswerten aus einem Praktikum in einer Strakabteilung nahe Wolfsburg gearbeitet: $4-7^\circ$ Entformwinkel genügen für die meisten Anwendungen.

3.3 Aerodynamik

Ein weiterer Einfluss auf das Design kann der Aerodynamik zugrunde liegen. Man unterscheidet in der aerodynamischen Optimierung zwischen Formoptimierung, bei der die Fahrzeuggrundform schon sehr günstig ausgelegt ist, und der Detailoptimierung bei der ein nicht zwingend aerodynamisch günstiges Design mit Blick auf die Aerodynamik optimiert wird. Der VW XL1, vgl. Abbildung 3-2, verfügt über eine ausgeprägte Tropfenform mit scharfen Abrisskanten im Heckbereich und teilverkleideten Radhäusern. Ein solches Fahrzeug ist schon in seiner Grundform sehr aerodynamisch. Gerade die Kurzheckfahrzeuge wie das HCC schneiden aufgrund des steilen Heckwinkels nicht gut ab und müssen daher im Detail optimiert werden. Dazu eignen sich z.B. günstig geformte Frontspoiler, Diffusoren und Heckspoiler. Auch kann mithilfe von Abrisskanten, glatten Unterböden, Sekundärdichtungen und weiteren aerodynamisch sinnvollen Elementen der cw-Wert optimiert werden. [Q16] Aufgrund der Komplexität und des Umfangs wird in dieser Arbeit ein kurzer Einblick in das Thema der aerodynamischen Optimierung gegeben. Es

werden zusätzlich einige mögliche Optionen für eine solche Optimierung aufgezeigt. Die Voraussetzungen hierfür sind bereits gegeben, da die genannten Bauteile (siehe oben) am Fahrzeug bereits vorgesehen sind, vgl. Kapitel 0.



Abbildung 3-2 Windkanal [B6]

3.4 Grundlagen der Gestaltung

Eine der meistverwendeten Grundlagen zur Proportionierung bei der Gestaltung ist der goldene Schnitt, der erstmals durch Euklid von Alexandria dokumentiert wurde [Q2]. Er beschreibt wie eine Strecke im Verhältnis von ca. 1:1,618 in einen Major (großer Anteil) und einen Minor (kleiner Anteil) unterteilt wird, vgl. Abbildung 3-3. Mathematisch stehen Gesamtstrecke zu Major im gleichen Verhältnis wie Major zu Minor. So kann der Minor anschließend den Major wieder teilen und das Verhältnis bleibt stets gleich. Diese Proportionierung wird von Menschen seit jeher als schön empfunden, weil auch in der Natur vieles auf natürliche Weise in diesem Verhältnis proportioniert ist. Nicht zuletzt der Mensch selbst ist im Ideal nach dem goldenen Schnitt proportioniert. Das Teilungsverhältnis von ca. 1:1,618 lässt sich demnach als gute Grundlage zur Gestaltung heranziehen.

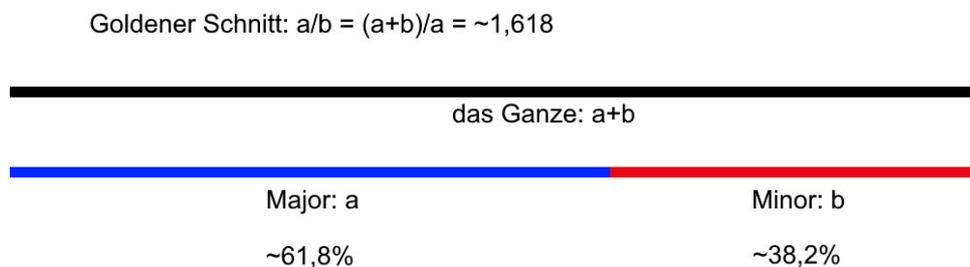


Abbildung 3-3 Goldener Schnitt

Als Inspirationen werden in den großen Designabteilungen sogenannte Moodboards verwendet. Ein Moodboard zeigt verschiedene Bilder, welche den Designer auf das Thema einstimmen und die Gedanken kanalisieren sollen. Im Rahmen des Interior Design wurde durch Adomeit ein Moodboard erstellt [Q1]. Weitere für das Interior erstellte Moodboards wurden im Rahmen des Colour- und Trimprozesses erstellt und können ebenfalls herangezogen werden.

Ein weiteres Hilfsmittel stellen Designparameter dar. Sie beschreiben die Ausrichtung des Konzeptes in Bezug auf die Außenwirkung und unterstützen die Entscheidungsfindung, wenn unterschiedliche Lösungen gegeneinander abgewogen werden müssen. Zwei sich gegenüberstehende Eigenschaften werden durch einen Verhältnisbalken voneinander getrennt. Somit kann festgelegt werden, mit welcher Eigenschaft sich das fertige Fahrzeug eher identifizieren lassen soll. Abbildung 5-8 zeigt die Designparameter für das HCC, welche im Kurs STV 2019 definiert wurden.

Als weiteres Hilfsmittel und insbesondere um einem Design eine Identität zu geben, wird oft ein Icon verwendet, vgl. Kapitel 0. Dabei kann es sich um verschiedene Dinge handeln,

beispielsweise grafische Elemente, Tiere oder Symbole, die spezielle Winkel, Proportionen und Bombierungen aufweisen. Um ein Icon im Rahmen der Gestaltung nutzen zu können, muss dieses nicht strikt umgesetzt oder direkt dargestellt werden. Vielmehr dient es als Grundlage, damit die Formensprache des Gesamtdesigns einheitlich ist. So werden Linienführung und Grafiken darauf abgestimmt und das Icon findet sich meist an mehreren Stellen im Fahrzeug Interieur und Exterieur wieder.

Die Linienführung ist besonders für PKW relevant[Q10]. Wichtig ist dabei der Bezug zu Design- und Formsprache. So kann durch Linienzüge z.B. das Icon dargestellt werden, vgl. Kapitel 0. Linien können auf unterschiedliche Weise unterbrochen und wiederaufgenommen werden. Solche, die nicht um das Fahrzeug herumführen sollten an geeigneter Stelle auslaufen. Wichtig dabei ist, dass der Bezug erkannt, und die Linien so eindeutig zugeordnet werden. Dies umzusetzen ist komplex, da gerade der Übergang in verschiedenen Ansichten nicht einfach zu treffen ist, und sich allein mit einem bloßen „Durchlaufen“ nicht ausreichend gut wiedergeben lässt. Grund hier ist, dass je nach Betrachtungswinkel, aufgrund der im Front- und Heckbereich vorliegenden Querbombierung des Fahrzeugs, die Linien anders zu sehen sind. Die Darstellung solcher Verläufe kann mehrere Iterationen benötigen, damit die Linienverläufe in allen Ansichten gut aussehen. Abbildung 3-4 stellt beispielhaft dar, wie ähnliche Fahrzeugkonzepte komplett unterschiedliche Linienstile verwenden können.



Abbildung 3-4 Aventador vs. Chiron, Linien straff v.s. rund bei gleichem Konzept [B7]

4 Methodisches Vorgehen

Im Automobilbau beschäftigen sich ganze Abteilungen mit der Designfindung [Q13]. Da im Rahmen einer Abschlussarbeit solche Ressourcen leider nicht aufgewendet werden können, muss man sich auf grundsätzliche Methoden und Vorgehensweisen beschränken, die dabei helfen ein gutes Design zu entwickeln. In der Projektarbeit von M. Adomeit [Q1] werden einige davon vorgestellt und genutzt, um ein Designkonzept für das Interieur des HCC zu entwickeln. Um die Designfindung im Rahmen dieser Arbeit möglichst effizient und nachvollziehbar zu gestalten, wird auch hier ein methodisches Vorgehen gewählt, welches im Folgenden kurz dargestellt wird.

4.1 Grundlagen der methodischen Produktentwicklung

Nach [Q15, S.66] besteht der Produktentwicklungsprozess aus den „[...] vier Hauptarbeitsphasen: Klären der Aufgabe, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten [...]“. Die VDI 2221 Blatt 1 (2019) [Q25] „Entwicklung technischer Produkte und Systeme – Modell der Produktentwicklung“ teilt die Aktivitäten der Produktentwicklung weiter auf und weist jedem Schritt ein Arbeitsergebnis zu. Beide Aspekte zusammen genommen können nach [Q15, S.70/71] in einem allgemeinen Vorgehensmodell der Produktentwicklung zusammengefasst werden, vgl. Abbildung 4-1.

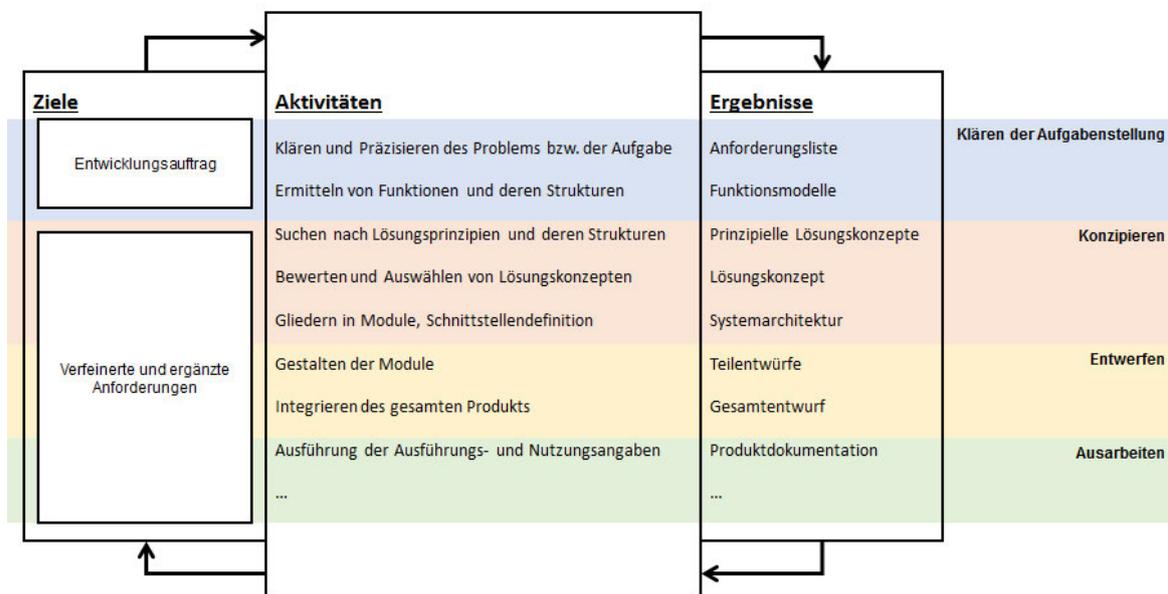


Abbildung 4-1: Vorgehensmodell der Produktentwicklung nach [Q15, S. 71]

Für den nachfolgenden Designprozess kann dieses Verfahren zweckdienlich angewendet werden. Dabei ist es essenziell, dass zwischen den Arbeitsschritten iterativ vor- und zurückgesprungen werden kann, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

4.2 Gewähltes Vorgehen zur Designfindung

In den nachfolgenden Kapiteln wird das gewählte Vorgehen zur Designfindung umgesetzt. Abbildung 4-2 zeigt die in Kapitel 0 vorgestellte Methodik angewendet auf die vorliegende Aufgabenstellung auf.

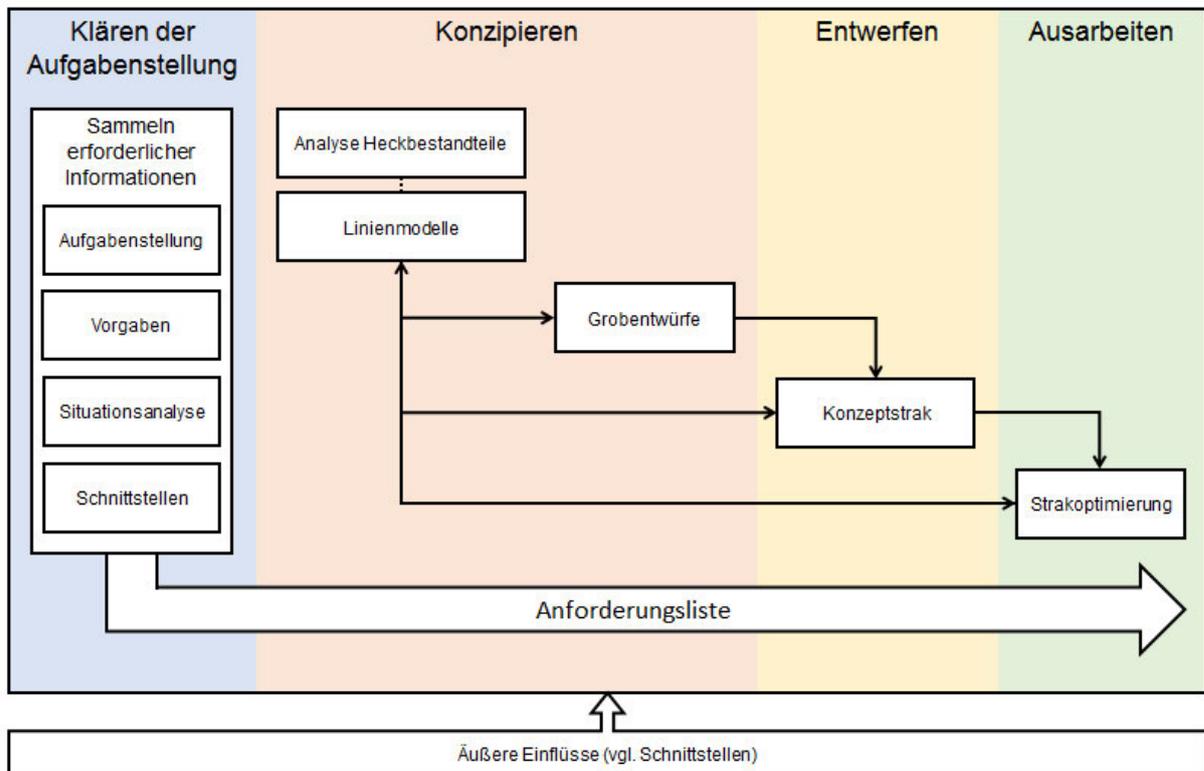


Abbildung 4-2 Vorgehen zur Designfindung

Zunächst werden im Rahmen der Aufgabenstellung alle erforderlichen Informationen zusammengetragen, zu denen u.a. allgemeine Regularien gehören, vgl. Kapitel 3. Projektspezifische Vorgaben sind das Package und die geforderte Design Identität. Im Rahmen der Situationsanalyse werden die designrelevanten Parameter aus den bereits vorhandenen Ständen herausgearbeitet und aufbereitet, vgl. Kapitel 5. Den Abschluss bildet die Schnittstellenanalyse. Da während des Projekts permanent Rücksprachen gehalten werden, ist die Kenntnis der Schnittstellen sehr wichtig, vgl. Kapitel 0. Aus all diesen Informationen wird eine erste Version der Anforderungsliste erstellt, welche im Zuge der Bearbeitung weiter ergänzt wird, vgl. Kapitel 6.1.

Die Konzepterstellung, vgl. Kapitel 7, umfasst nach Analyse der allgemeinen Heckbestandteile das Erstellen von Linienmodellen. Darauf folgen mehrere Grobentwürfe, die dann in einem ersten Konzeptstrak umgesetzt werden, vgl. Kapitel 8. Die Bewertung kann so praxisnaher erfolgen, da die Zusammenhänge von Design und Flächenaufbau im

3D besser verstanden und beurteilt werden können. Ziel hierbei soll es sein, sich für einen Entwurf zu entscheiden, der ausgearbeitet wird.

Um diesen Entwurf entsprechend auszuarbeiten und die optimale Ergebnisqualität zu erhalten, wird der Strak iterativ verfeinert, vgl. Kapitel 9.

5 Situationsanalyse

Nachdem das grundlegende Vorgehen aufgezeigt, vgl. Kapitel 4, und allgemeine Vorgaben ausgearbeitet wurden, vgl. Kapitel 3, kann nun explizit auf das HCC eingegangen werden. Im ersten Schritt sind dafür das spezifische Package und die bestehenden Designanforderungen zu analysieren.

5.1 Package

Jedes Bauteil benötigt einen entsprechenden Bauraum und aus der Gesamtheit aller notwendigen Bauräume ergibt sich wiederum das Package. Um dieses Package herum kann das Design entstehen und muss in ständiger Rücksprache mit der Technik zur Serienreife ausgearbeitet werden. Die Packagevorgaben für das HCC, vgl. Abbildung 5-1, wurden bei der Konzeptauslegung grob aus GCIE-Schnitten zusammengestellt und später überarbeitet. Das Ergebnis ist eine Gesamtfahrzeuginnenlänge im Bereich der Golfklasse mit besonders kurzen Überhängen, um zwischen den Achsen einen komfortablen Innenraum zu schaffen. Die weitere Ausarbeitung der Baugruppen erfolgt schrittweise und nach Relevanz der Teile. So ist nachvollziehbar, dass zuerst Antrieb, Batteriepaket und Fahrwerk ausgelegt wurden, damit der Bauraumbedarf genauer definiert werden kann, und erst später kleinere Baustellen wie Kofferraumschloss, Anhängerkupplung und Wischermotor bearbeitet werden.

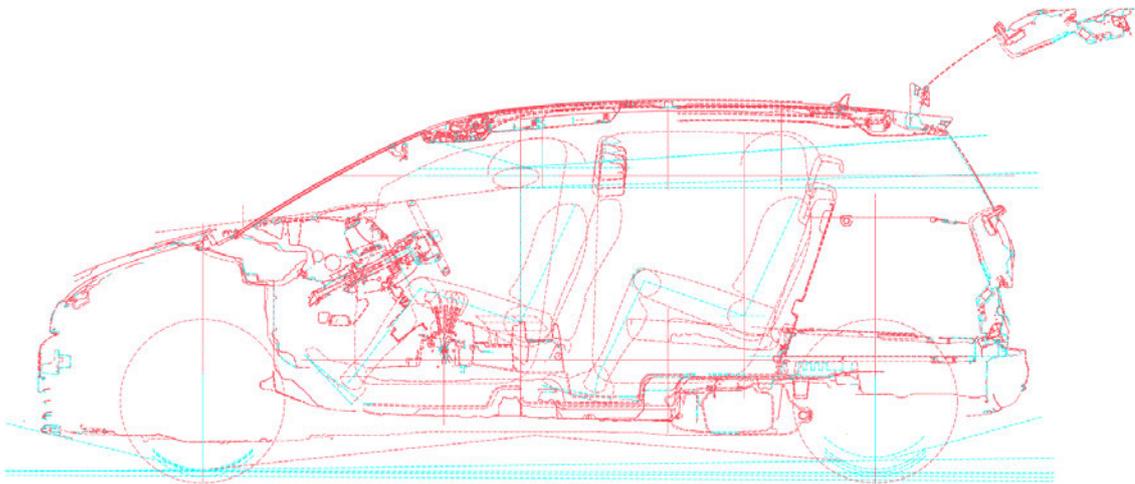


Abbildung 5-1: Package HCC [B8]

Für den Heckbereich liegen kaum Vorgaben vor, weshalb notwendige Bauräume zunächst abgeschätzt werden müssen. Da das HCC ein lebendes Projekt ist, was Studierenden über viele Jahre als Lehrprojekt dient, können Bauraumbedarfe durch nachfolgende Kurse und

Arbeiten betrachtet werden, was dann zur spannenden Lösungsfindung zwischen Design und Technik führt, wie sie auch in der Industrie stattfindet.

Ein durch das Package bedingtes Maß ergibt sich für die Breite der Heckklappe und damit direkt für die Durchladefähigkeit eines Fahrzeugs. Zwischen Klappenbreite und tatsächlicher Durchladebreite liegen ein paar Zentimeter für die Dichtung und ihren Flansch. Dieser maßliche Unterschied ist bei den meisten Fahrzeugen sehr ähnlich, weil das Dichtungskonzept entsprechend gleich ist. Um die Auslegung zu vereinfachen, wird die Breite der Klappe in der Heckansicht betrachtet und verglichen. Ein 1999er VW Passat Variant hat eine Klappenbreite von durchgehend ca. 1100mm. Der Stand 20/21 weist in Höhe Ladekante ca. 1020mm und 100mm darüber eine Breite von 1145mm auf. Jedoch muss beachtet werden, dass zwischen den Radinnenflanken nur 1250mm Raum sind. Geschuldet dem kurzen Überhang sind zwischen Rad und Heckklappenkante im Minimum nur 350mm. Kommt nun der Platzbedarf für die Stoßdämpfer, das Radhaus und die Innenverkleidung des Kofferraumes hinzu, wird schnell klar, dass die Ladefähigkeit des HCC selbst von einer nur 1000mm breiten Heckklappe nicht negativ beeinflusst wird. Allein der Mindestabstand der hinteren Dämpfer beträgt lediglich 945mm, und ragen mit ihrer Z-Ausdehnung deutlich über die Ladekante hinaus. [Q20]

Zu einem Fahrzeugheck gehört auch der Dachabschluss. Hierfür sind konkret die Sichtstrahlen durch das Heckfenster relevant, um Aussagen über den zur Verfügung stehenden Bauraum zu erhalten. Der Dachkantenspoiler des VP ist wesentlich kompakter als der des SC. Da die Bearbeitung oberhalb der Charakterlinie nicht vorgesehen ist, ist hier keine genaue Packageanalyse notwendig. Die Sichtstrahlen sind für den aktuellen Stand des VP noch nicht verfügbar und müssen erst konstruiert werden.

5.2 Icon

Für das HCC wurde im Rahmen einer Projektarbeit das vorliegende Icon entwickelt, vgl. Abbildung 5-2 aus [Q1]. Die Charakteristika dieses Icons sind die Kantenwinkel von 45° bzw. 135°. Weiterhin lassen sich die Seitenverhältnisse ablesen. Die kurzen Schenkel auf der Oberseite sind nach dem goldenen Schnitt proportioniert. Die Bombierungen der Seiten- und Bodenkurve sind jeweils gleichmäßig durch eine Bezierkurve 4ter Ordnung beschrieben.

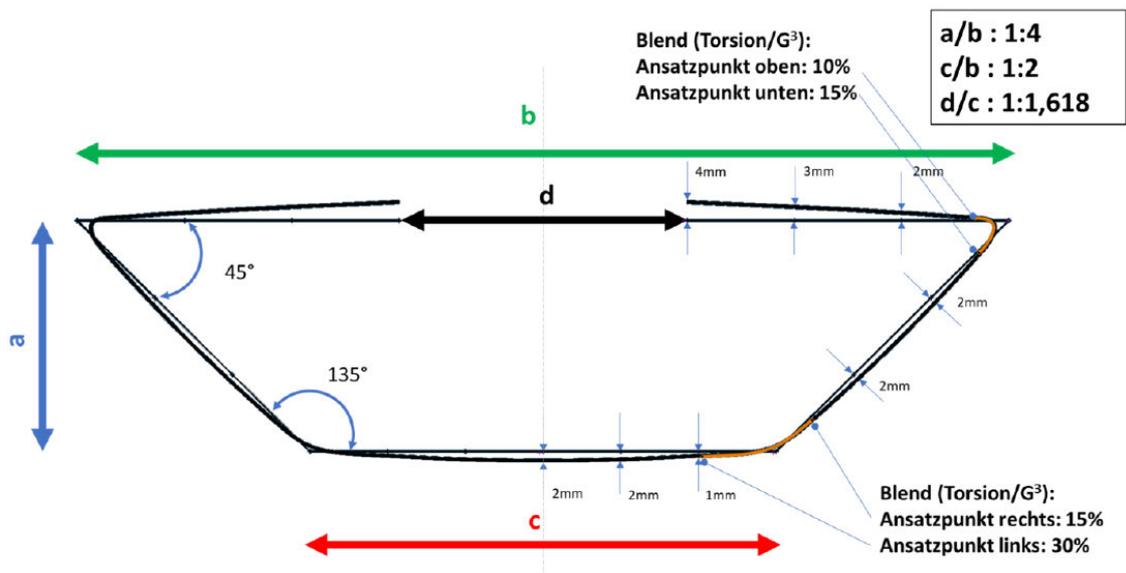


Abbildung 5-2: Icon des HCC [Q1]

Weil die Absolutwerte der Bombierung durch die Modifikation der Kontrollpunkte in Millimetern angegeben sind, aber die absoluten Maße des Icons fehlen, muss die Bombierung abgeschätzt werden und kann nicht proportionstreu skaliert werden.

Beispiele für die Umsetzung des Icons wurden im Rahmen der Studienarbeit von T. Siegl [Q18] aufgezeigt, vgl. Abbildung 5-3. Hier ist zu sehen, wie sich das Icon, teilweise abstrahiert, gespiegelt und verzerrt im Design wieder findet.

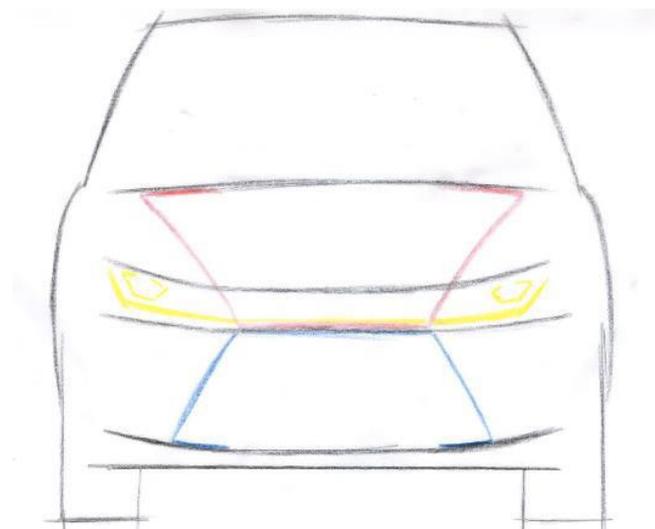


Abbildung 5-3: Umsetzung Icon [Q18]

5.3 Design und Formsprache der alten Stände

Über die Jahre hat sich das Design des HCC immer wieder verändert. Um ein Gefühl für die aktuelle Formsprache zu bekommen und anschließend die Anforderungen an das Heckdesign stellen zu können, ist es erforderlich den aktuellen sowie relevante alte Stände des Fahrzeugs in ausreichender Genauigkeit zu analysieren. Dabei ist der aktuellste Stand der, welcher am meisten Relevanz hat. Abschließend wird ein Fazit gezogen bei dem auch auf die Oberflächendaten als solches eingegangen wird.

5.3.1 Stand 2018

Nachdem im Wintersemester 2016/2017 das Projekt HCC ins Leben gerufen, und im darauffolgenden Sommersemester ein erster Exterieur Strak entwickelt wurde, hat man in weiteren Kursen das Konzept verfeinert und optimiert. Daraus entstand der erste Datensatz, der mit dem heutigen Maßkonzept stark verwandt ist. Optisch ist der Stand aus 2018 sehr nahe dem ersten Entwurf aus 2017, nur mit verändertem Maßkonzept. Konkret wurde die Innenraumlänge verringert, weil die Möglichkeit der drehbaren ersten Sitzreihe entfallen ist. Die Formen präsentieren sich, ähnlich wie 2017, sehr futuristisch und auffällig. Im Frontbereich dominieren dabei runde Formen, während im Heckbereich zwar die Außenhaut auch sehr rundlich ist, die Rückleuchte aber eher eckig und schärfer gestaltet wurde.

5.3.2 Stand 2019

Im Sommer 2019 wurde das Maßkonzept erneut überarbeitet, was in der späteren Ausarbeitung zu einem Exterieur führte, welches mit dem aktuellen Stand einige Parallelen teilt.

Das Dach und die Seitenflächen ähneln beispielsweise schon dem heutigen Fahrzeug. Der Dachrahmen zieht auf der inneren Kante gleichmäßig nach innen, um sich zum Heckbereich des Fahrzeugs hin einer Y-Ebene anzunähern. Der Rahmen kommt mit seiner äußeren Kante gleichzeitig aber weiter nach Außen, um die Scheibentonne gut zu treffen. Der kleine Dachkantenspoiler muss diese Y-Differenz ausgleichen, was in der Heckansicht direkt ins Auge fällt. Die D-Säule ist sehr massiv mit großer X-Ausdehnung von ca. 620mm an der Wurzel und hat einen ausgeprägten Hofmeister-Knick.

Die Fallung wurde zwar im Schwellerbereich noch stark verändert, zeigt aber schon ähnlichen Formcharakter wie der aktuelle Stand. Oberhalb der scharfen Charakterlinie zeigt sich 2019 ein stark bombierter Flächenstreifen, der einmal in das Fahrzeugheck herumläuft. Dieses charakteristische Element ist auch in späteren Ständen noch vertreten.

Der Frontbereich wirkt im Vergleich zum Gesamtfahrzeug eher kantig, was an den scharf gezeichneten Grafikelementen liegt. Es zeigt sich durch Grill und unteren Lufteinlass eine Art Sanduhr, welche aus gegenläufig ausgerichteten Icons besteht. Die horizontalen Linien der Front laufen gleichmäßig durch und fächern sauber auf. Im unteren Bereich der Front ist eine stark ausgeprägte Lippe zu sehen, welche ihre Linien in der Schwellergrafik fortsetzt. Eine Abstimmung von der Schürzengrundfläche in Richtung der Scheinwerfer ergibt eine scharfe Sichtkante, die aber hinter der Radwulst nicht wieder aufgenommen wird. Die Form der Front passt in der Linienführung gut, wirkt im Bereich Vorderkante Motorhaube und Scheinwerfer aber noch etwas unausgereift.



Abbildung 5-4: Stand 2019

Das Heck wirkt allgemein etwas runder als die Front. Die Linien werden gut fortgeführt. Dies wird erreicht, indem kleine Kanten eingefügt wurden, welche die entsprechenden Elemente wieder aufnehmen. Die Rückleuchte hat die charakteristische Form, die uns auch bei späteren Ständen wieder begegnen wird. Als Kennzeichenverprägung wurde eine moderne Form gewählt, welche wenig grafische Wirkung hat, da sie das Kennzeichen ohne scharfe Kanten unauffällig bettet. Sie liegt direkt unterhalb der durchgehenden Rückleuchte. Der Diffusor zeigt eine Form, welche das Icon zitiert. Allgemein ist der Detaillierungsgrad des Hecks recht hoch, was sich an der ausgearbeiteten Rückleuchte, den Reflektoren und kleinen PDC-Sensoren festmachen lässt. Die Formsprache des Hecks harmoniert gut mit dem Gesamtfahrzeug. Belegt wird das durch die weichen Flächenverbände. Es gibt keine wirklichen Theoriekanten, wie beispielsweise in der Front. Lediglich die Kofferraumklappe verfügt über eine horizontale Kante, welche aus der Theoriekante zweier Flächen entstanden

ist. Die Radwülste sind konventionell gehalten, was ein altes Design anmutet. Die radial gleichmäßigen Abstände zum Radspiegel sind krümmungsstetig auf die unterliegenden Flächen angeschlossen.

Dem Stand fehlen noch einige Verrundungen. Speziell die scharfe Theorie auf der Kante der Kofferraumklappe sollte in Bezug auf Fußgängersicherheit überprüft werden.

5.3.3 Stand 2020 / 2021

Für das SC wurde von KET eine neue Heckpartie entwickelt, die von T. Siegl als Inspiration genutzt wurde, um ein neues Frontdesign zu entwickeln, welches sowohl als Design für den VP, als auch für das SC genutzt werden kann [Q18]. Kurze Zeit später sind im Rahmen zwei weiterer Studienarbeiten die Seite und das Heck überarbeitet worden. Die Studienarbeit über das Heck wurde leider nicht vollendet. Zügig wurde der Stand nur noch als geschlossenes Flächenmodell ausgeleitet und vermisst dadurch ein paar Details. Zur Visualisierung lässt er sich dennoch gut verwenden. Letztlich setzt sich der Gesamtstand 2020/21 aus der Front von T. Siegl 2020, der Seite inkl. Modifikationen von J. Höhnl 2021 und dem Heck von M. Waterstradt 2021 zusammen und bildet damit die Grundlage für diese Arbeit.

Es gab gegenüber dem Stand von 2019 weitreichende Änderungen. Angefangen mit dem Dachrahmen stellt man fest, dass die innere Kante nun nicht mehr zu einer Y-Ebene konvergiert, sondern zum Heck hin eine starke Krümmung in Richtung Y0 aufbaut. Die äußere Kante tut es der inneren Kante gleich, und ist stärker nach innen orientiert als im Stand von 2019. Die Dachrahmenbreite ist dadurch zwar gleichmäßiger, der gesamte Dachrahmen bekommt aber einen ausgeprägten S-Schlag, da er wie beschrieben nach innen zieht.



Abbildung 5-5: Stand 2020 / 2021

Die markante Fläche oberhalb der Charakterlinie wurde in ihrer Krümmung entschärft und präsentiert sich deutlich straffer als 2019. Der Verlauf der Linie wurde durch Höhnl optimiert und läuft nun sauberer und straffer durch. Die Charakterlinie läuft zum Heck hin fast tangential in eine Z-Ebene ein, und schlägt nur noch minimal. Die Grundfläche der Fallung hat in Y-Richtung etwas weniger Krümmung und ist in Richtung Schweller ca. 15mm weiter außen als 2019. Die Schwellergrafik wurde stark modifiziert. Er ist nun höher als 2019. Die Oberkante der Grundfläche wurde in ihrem Verlauf angepasst und die Abstellung, welche den Kniff bildet, ist länger geworden. Die größere Z-Ausdehnung der Schwellergrafik hilft dabei das Auto optisch flacher und dynamischer zu halten, weil die Fallungsfläche in der Konsequenz an Z-Ausdehnung verliert. Dabei ist die Idee umgesetzt worden, dass die Sichtkanten, welche aus dem Verschnitt von Radwülsten und Schwellergrafik mit der Fallungsgrundfläche entstehen, eine dem Icon ähnliche Grafik zeigen. Die vordere Kante wurde dann aber eliminiert, indem die Radwulst krümmungsstetig an die Fallung angeschlossen wurde. Grund dafür war wie schwierige Umsetzung aufgrund eines zu geringen Winkelunterschiedes [Q11]]. Die hintere Sichtkante wurde hervorgehoben und soll im Hofmeisterknick der D-Säule fortgeführt werden. Dies gelingt in dem Stand nur bedingt, da die Linie unterhalb der Charakterlinie nach hinten abbiegt und sich an die selbige anschmiegt.

Das Frontdesign von Siegl [Q18] wurde verlängert auch im Showcar eingesetzt und gibt der Front des SC als auch des VP eine sehr markante Optik im hohem Wiedererkennungswert. Die Resonanz auf das Frontdesign war durchgehend gut. Die Haube und die unteren Lufteinlässe bzw. Grafikelemente bilden das Icon ab, vgl. Kapitel 5.2. Die Seitenkämme sind charakteristisch und innovativ. Zwischen den Kämmen und den Lufteinlässen entsteht ein Flächentrapez, welches hohen Wiedererkennungswert hat. Die Scheinwerfer sind in einem Gehäuse zusammengefasst und verfügen über eine durchgehendes Tagfahrlicht, welches momentan noch von wenigen Herstellern verwendet wird, aber definitiv im Kommen ist und in wenigen Jahren wohl an vielen Fahrzeugen zu sehen sein wird. In der Draufsicht fällt die Pfeilung auf, welche die Front in den mittleren Bereich mit den Lufteinlässen und die beiden Seitenbereiche mit der Trapezfläche und den Kämmen unterteilt. Bis jetzt war die Frontpfeilung immer ein durchgehender Schwung. Nun wurde sie eckig gestaltet, was dem Frontdesign sehr gut steht. In der Frontlippe entstehen die Linien, welche sich in der Seite am markantesten abbilden. Dabei entsteht die untere Linie, die sich in der Sichtkante untere Türfuge zu Schweller abbildet, schon in Laufrichtung. Die obere Linie läuft in der Frontlippe unter einem Winkel von ca. 10° zur Horizontalen los und teilt sich hinter dem Vorderrad in

zwei Linien auf. Die eine Linie ist die Theoriekante aus Fallungsgrundfläche und Schwellergrafik, die andere ist der Kniff innerhalb der Schwellergrafik.

Im Heckbereich können die beiden oberen Linien wieder aufgenommen werden und schließen das Linienbild um die Schürze herum ab. Der Übergang von Fallungsgrundfläche in die Heckgrundfläche ist krümmungsstetig und biegt von der Seite aus sehr früh in die Heckfläche ab. Es entsteht ein weicher Abschluss, der dem kurzen Überhang geschuldet das Auto im Heck sehr kurz wirken lässt. Das Fugenkonzept der Heckklappe ist unaufgeregt und lehnt sich an die alten Stände an. Der Übergang zwischen der streng horizontal laufenden Unterkante der Klappe und den seitlichen Kanten ist im 45° Winkel gehalten und lehnt sich damit an das Icon an. Die Kennzeichenverprägung, welche auf der Heckklappe zu finden ist, zeigt das Icon als grafisches Element. Die Kniffkante unterhalb der KZV verläuft mit Z-Krümmung, wobei die Mitte nach oben gezogen ist. Gleiches gilt für die Linien auf der Schürze, womit der Linienverlauf aus der Seite gut getroffen wurde. Die Rückleuchte präsentiert sich in ähnlichem Stil wie 2019, ist in dem aktuellen Stand aber eine eingepasste Version der Showcarrückleuchte, die von KET stammt.

Allgemein lässt sich sagen, dass der Stand 2020/21 harmonisch wirkt. Front und Seite passen gut zusammen, das Heck führt die Linien der Seite sehr gut fort, wirkt aufgrund seiner weichen, runden Gesamtform aber nicht zu hundert Prozent passend und etwas kurz. Das Fahrzeug besticht durch straffe Flächenverbände mit eher geometrischen als organischen Formen. Das Icon lässt sich an vielen Stellen direkt und indirekt wiederfinden und stellt ein zentrales und gut umgesetztes Designelement dar.

5.3.4 Stand 2021 Showcar

Um den Fertigstellungstermin zum Jubiläum zu halten, hat KET bereits im Sommer angefangen die vorhandenen Daten aus 2019 zu einem Modell zu verarbeiten. Dieses muss aus Kostengründen vereinfacht und deshalb zu einer Skulptur abgewandelt werden, welche ohne Räder und Türen auskommt. Die Heckdaten aus 2019 wurden dabei nicht berücksichtigt und stattdessen wurde eine neue Heckpartie entwickelt, die deutlich straffer und kantiger ist. Die entfallenen Türen wurden zu einer Tugend. Das SC sieht dadurch sehr besonders aus, und der frei zugängliche Innenraum lädt sofort ein, das neue Innenraumkonzept zu erkunden und kennen zu lernen. Gleichzeitig wird die Betreuung der Interessenten durch die gute Zugänglichkeit sehr vereinfacht.

Das Dach wurde aus den Daten des VP 2019 abgeleitet und modifiziert, wobei der Hofmeisterknick in der D-Säule sehr flach angestellt wurde, was dem SC viel Dynamik

verleiht. Das Heck ist eine spezielle Entwicklung und wurde zur Vereinfachung des Modellbaus dreigeteilt. So fassen die beiden Seitenteile den Mittelteil ein, was im Modellbau der Fertigung zugutekommt. Für ein Realfahrzeug wäre ein solches Design in der Fertigung problematisch. Der Schweller wurde neu entworfen und steigt sehr dynamisch an. Weiterhin vermitteln die großen Schweller viel Robustheit. Die Grauzonenbereiche mussten, aufgrund fehlender Türen nun Class A Flächen werden und wurden entsprechend gestyled. Die Fahrzeugfront stammt von Siegl [Q18] und ist mit leichten Unterschieden in den seitlichen Kämme sowohl im VP als auch dem SC zu finden. Die Radwülste sind straff und wurden im Heckbereich lange außen gehalten und dann mit einer fiktiven Heckgrundfläche verschnitten. Die so entstandenen Kämme verleihen dem SC trotz des kurzen Überhangs etwas mehr optische Länge. Die Breite des Fahrzeugs wurde erhöht, um in der Verbindung mit den Radblenden eine kraftvolle, sportliche Optik zu erzeugen. Ebenso hat das SC hinten ca. 27mm mehr Überhang als der VP Stand 20/21.

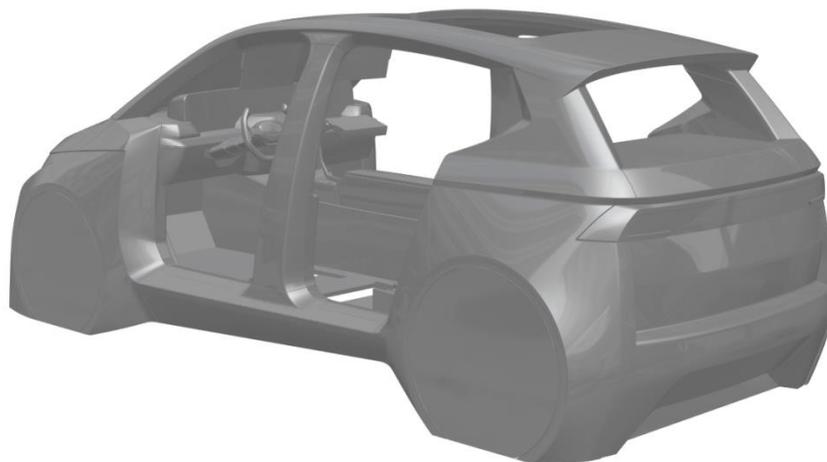


Abbildung 5-6: Stand 2021 Showcar

Das Gesamterscheinungsbild des SC ist für seine geringe Länge beeindruckend. Zugleich stark und mächtig, was den bis zum Boden gezogenen Heck-, Front-, und Radhausflächen, sowie besonders den nach unten auseinander laufenden Kämme geschuldet ist, aber auch dynamisch, was nicht zuletzt an dem stark ansteigenden Schweller und großem Spoiler liegt. Das SC überzeugt durch sein straffes Äußeres. Es entsteht ein homogener Gesamteindruck, was guten Designideen und einer professionellen Flächengestaltung zu Grunde liegt. Im Vergleich der Datensätze vom SC und dem VP fällt sofort auf, dass der SC Datensatz aus der Hand eines Teams von Experten stammt, die über ein gehöriges Maß an Erfahrung verfügen. Die Stimmigkeit des Gesamtfahrzeugs SC übertrifft die der bisherigen VP Stände.

Ohne darauf näher einzugehen, soll erwähnt sein, dass dies ein Ergebnis der konsequenten Umsetzung von Design- und Strakgrundlagen, sowie Erfahrung ist. Diese Eigenschaften und Vorgehensweisen zu so einem Gesamtergebnis zu kanalisieren, fällt angehenden Fahrzeugbauingenieuren oft schwer. Das fertige SC betrachten zu können war eine prägende Erfahrung. Gegenüber der Betrachtung von Bildern im CAD kann nicht nur die Wahrnehmung verbessert werden und bietet neue Betrachtungsmöglichkeiten sowie eine neue Evaluation im Gesamt- sowie Detailbereich - auch die physische Interaktion kann helfen, weitere und präzisere Eindrücke zu sammeln.

Die viele Arbeit, welche KET und die an der HAW Beteiligten zusammengetragen haben, hat sich definitiv gelohnt, denn sie Skulptur vermittelt einen coolen, dynamischen Gesamteindruck und begeistert das Publikum sowohl im Innenraum, als auch im Exterieur.



Abbildung 5-7: Foto Stand 2021 Showcar [B9]

5.4 Ergebnis aus der Situationsanalyse

Die Analyse hat gezeigt, dass das HCC wesentlich erwachsener und dynamischer geworden ist. Es reiht sich nun in moderne PKW Karosserien ein, ohne dabei durchschnittlich zu wirken, sondern sticht aufgrund seiner Proportionen und Designsprache heraus. Es wurden moderne und neue Ideen umgesetzt, wie zum Beispiel die in den Hofmeisterknick einlaufende Linie der Radwulst, durchgehende Leuchten, die Kämme in der Front oder die Icondarstellung innerhalb der Kennzeichenverprägung. Diese frischen Elemente in Front und Seite, sowie die generelle Straffung des Exterieurs erfordern ein Anpassen der 2019 entwickelten Designparameter, vgl. Abbildung 5-8.

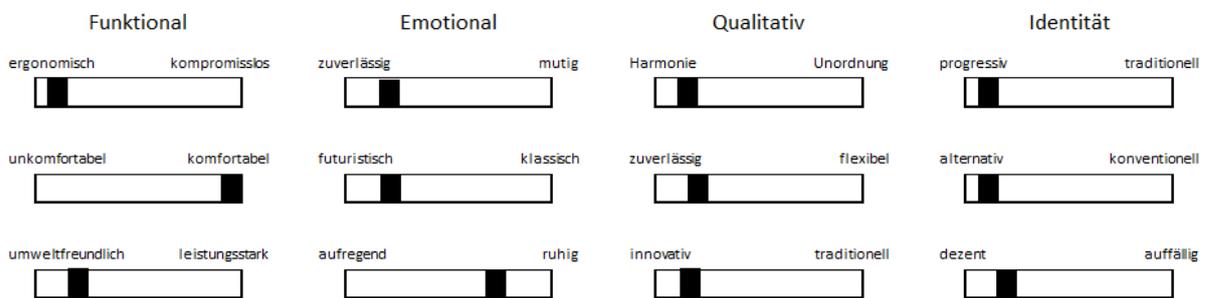


Abbildung 5-8: Designparameter Stand 2019

Für den aktuellen Stand wurden die Parameter aus diesem Grund deutlich aufregender und etwas innovativer bewertet. Weiterhin ist die Eigenschaft progressiv etwas in den Vordergrund gerutscht, da sich mit durchgehenden Lichtleisten vorn und hinten, der kantig-dynamischen Formensprache und der intensiven Icondarstellung in der Seite das Fahrzeug deutlich fortschrittlicher als im Stand 2019 präsentiert. Der Ansatz aus 2019, eine dezente Identität zu schaffen, hinkt in Anbetracht des extrovertierten Exterieurs.

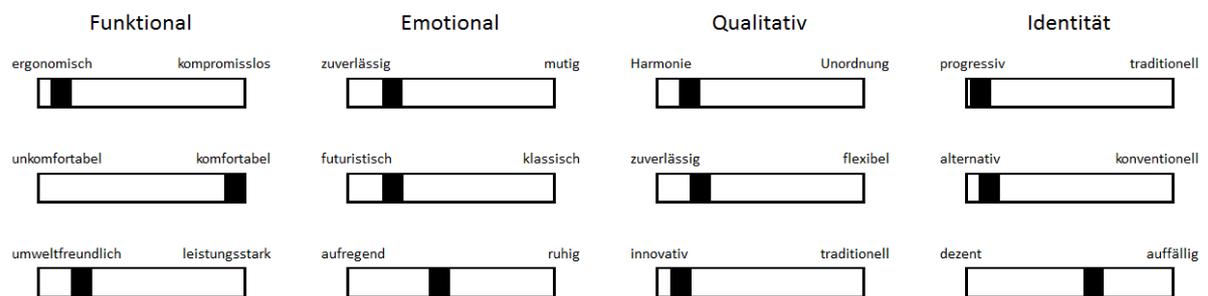


Abbildung 5-9 Designparameter Stand 2022

Höhl merkt an, dass die radialen Freiräume zwischen Radspiegel und Reifen im Vergleich zu Referenzfahrzeugen etwas üppig sind. Die Anpassung dieser Freiräume würde der

Fahrzeugproportionierung guttun. [Q11] Dem kann wohl zugestimmt werden, allerdings sollte diese Analyse mit konkreten Fahrwerksdaten stattfinden. Die Radspiegel wurden in guter Qualität ausgearbeitet und sind valide, daher können Sie weiterverwendet werden. Ebenfalls vorteilhaft für die Gesamtproportionierung und Unterstreichung des mittlerweile dynamischen Charakters könnte ein größer gestalteter Dachspoiler sein, wie er von KET im Showcar umgesetzt wurde.

Es gibt noch Baustellen an dem Datenstand, die im Zuge einer neuen Heckerstellung sinnvoll behoben werden können. Beispielhaft ist die Radwulstkante mit Zielrichtung Hofmeisterknick. Die Charakterlinie schwingt in Richtung Heck etwas und ihre Abstimmung ist nicht bombiert. Da sowohl Rückleuchte, Radwulst, als auch Heck direkt davon betroffen sind, muss hier noch einmal angesetzt und passendere Flächen erstellt werden.

Zum SC muss gesagt sein, dass es aus dieser Analyse deutlich heraussticht. Die aggressive Dynamik und Kraft, die in der Skulptur steckt, macht Spaß. Sie sollte auch von dem neuen Heck für den VP vermittelt werden, um nicht zuletzt die Glaubwürdigkeit des SC zu erhalten.

Die durch das Package bedingten Einschränkungen für den Heckstrak sind übersichtlich. Die Heckklappenbreite soll mindestens 1000mm breit sein. Bei kleineren Werten muss die Kofferraumgestaltung noch einmal intensiver analysiert werden, um absichern zu können. Im Rahmen der Untersuchung allgemeiner Vorgaben wurde die Querträgerposition festgelegt.

6 Klären der Aufgabenstellung

Nach dem Ausarbeiten allgemeiner Grundanforderungen sowie der Package- und Designanalyse, wird im nächsten Schritt die Anforderungsliste definiert.

6.1 Anforderungsliste

Als Grundlage für die Designfindung, wird eine Anforderungsliste erarbeitet. Dazu wird sich der folgenden Aspekte bedient:

- Anforderungen durch Regularien
- Vorgaben durch Fertigungsprozesse
- Vorgaben durch Aerodynamik
- Situationsanalyse, vgl. Kapitel 5
- Aufgabenstellung
- Anforderungen aus dem HCC-Projekt, bzw. Vorgaben vom Auftraggeber
- Allgemeine Anforderungen aus z.B. der Industrie

Bei der Anforderungsliste handelt es sich um ein mitlaufendes Dokument. Sie wird im Verlauf des Designprozesses fortlaufend ergänzt bzw. erweitert. In der Anforderungsliste wird zwischen Wünschen und Forderungen unterschieden, wobei Forderungen von der endgültigen Lösung zwingend erfüllt werden müssen. Werden eine oder mehrere Forderungen nicht erfüllt, ist die potentielle Lösung nicht für das Endergebnis zu verwenden. Wünsche dagegen sollen von der Lösung möglichst erfüllt werden. Hierbei wird den Wünschen noch eine Priorität zugeordnet, mit denen sie zu erfüllen sind.

Die vollständige Anforderungsliste befindet sich in Anhang C – Anforderungsliste. Es müssen von der Lösung z.B. die folgenden Forderungen erfüllt werden:

- Rücklichtstil des SC muss umsetzbar sein
- Icontreue
- Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben sowie Regularien

6.2 Schnittstellen und Grenzen

Während des Designprozesses bis zum fertigen Ergebnis ist es notwendig, dass eine klare Zuweisung von Zuständigkeiten erfolgt. Weiterhin müssen die Grenzen der eigenen Aufgaben sowie die Schnittstellen zu anderen Teilbereichen bekannt sein.

Aus Abbildung 7-1 und Abbildung 7-2 aus Kapitel 7.1 ergibt sich, dass besonders die Subsysteme Heckgrundfläche, Radwülste sowie Fahrzeugecke signifikante Schnittstellen zur Rückleuchte aufweisen. In der Industrie wird vom Exterieurstraker die Außenfläche der Rückleuchte bereitgestellt. In diesem Fall wird die Leuchte vollständig vom Rücklicht verantwortlichen Finn Oldevend bearbeitet, was die Kommunikation noch wichtiger macht. Dies bedeutet, dass ohne die umgebene Geometrie das Rückleuchtengehäuse nicht erstellt werden kann. Auch in Sachen Formensprache muss zwischen Rücklicht und Heck konkret abgestimmt werden.

Weiterhin steht man mit der Projektleitung sowie weiteren Teammitgliedern in wöchentlichem Kontakt, sodass man regelmäßig Feedback erhält, welches essenziell in den Designfindungsprozess mit eingeht, vgl. Kapitel 1. Die Abbildung 6-1 fasst die Kommunikationsschnittstellen zusammen.

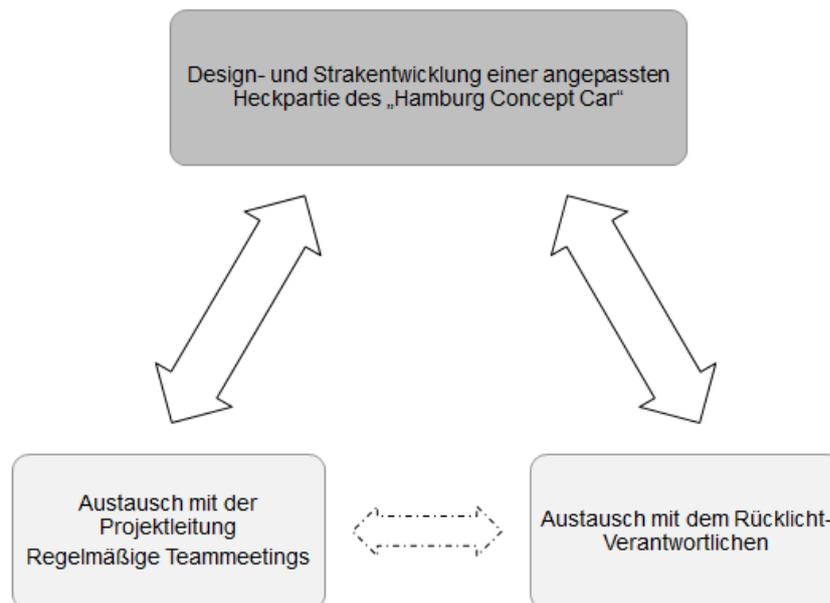


Abbildung 6-1 Kommunikationsschnittstellen

Andere aktive Schnittstellen gibt es zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht, da die Daten nach Abschluss der jeweiligen Kurse und Arbeiten meist von den Verantwortlichen nicht mehr bearbeitet werden.

7 Konzipieren

Auf den Schritt „Klären der Aufgabenstellung“, vgl. Kapitel 6, folgt nun das Konzipieren. Das Ziel besteht darin, verschiedene Grobentwürfe zu entwickeln.

7.1 Analyse eines Fahrzeughecks

Als Grundlage für die Entstehung eines Designkonzepts für den Heckstrak, werden verschiedene Analysen durchgeführt:

- Analyse gesetzlicher Grundlagen, vgl. Kapitel 3
- Situationsanalyse: Analyse vorhandener Designstände sowie weiterer Vorgaben, vgl. Kapitel 5 und Kapitel 6
- Analyse des Aufbaus eines Fahrzeughecks

Da bereits in den vorherigen Kapiteln verschiedene Analysen erledigt wurden, fehlt nur noch die Analyse des Aufbaus eines Fahrzeughecks.

Aus der bauteilspezifischen Analyse für das Fahrzeugheck, gehen zehn verschiedene Bestandteile hervor, vgl. Abbildung 7-1. In grau dargestellt sind die für diese Arbeit relevanten Bestandteile. In weiß dargestellt sind die Bestandteile, welche außerhalb der Grenzen dieser Arbeit liegen, vgl. Kapitel 6.2.

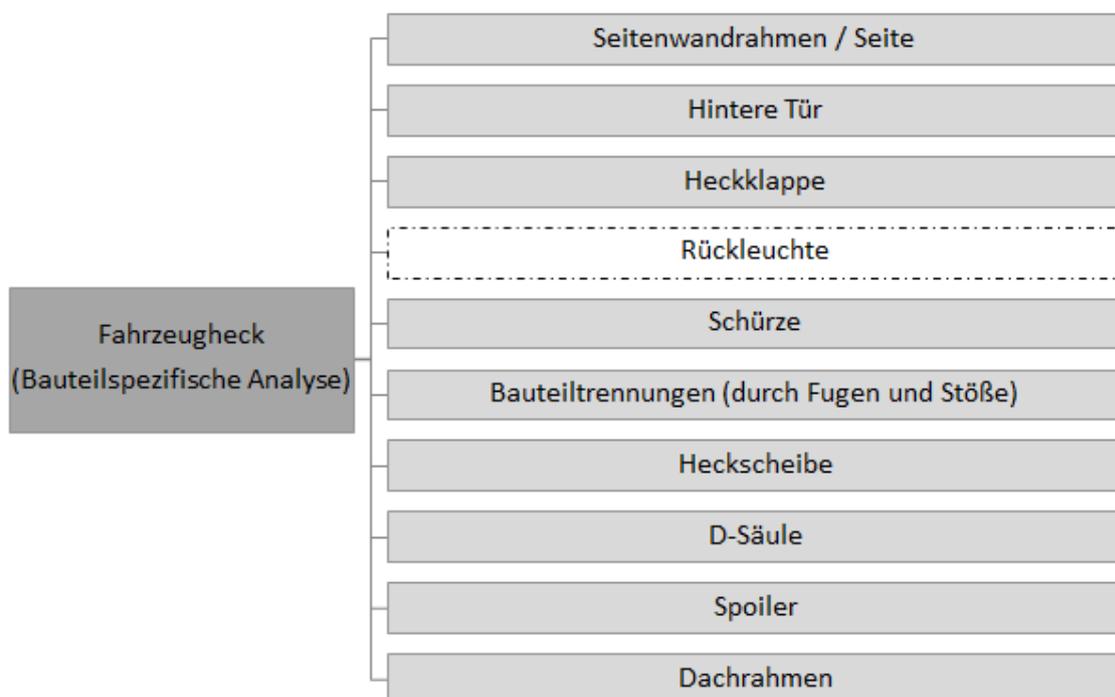


Abbildung 7-1: Bauteilspezifische Bestandteile eines Fahrzeughecks

Die genaue Kenntnis der physischen Bestandteile hilft dabei zu erkennen, in welcher Art und Weise die fertigen Daten abgelegt, und wo Fugen eingearbeitet werden müssen, da der VP ein Realfahrzeug abbilden soll. Mit dem Wissen um die Designbestandteile kann umrissen werden, welche Elemente dabei bearbeitet werden sollen und wie diese aufeinander Einfluss nehmen. So wird klar, welche „neuen“ Linien bei der Erstellung der Linienmodelle gezeichnet werden und wo Überlegungen zur Fugenlage getroffen werden müssen.

Angewendet auf den Design- und Flächenaufbau ergeben sich die folgenden Bestandteile des Fahrzeughecks, vgl. Abbildung 7-2.

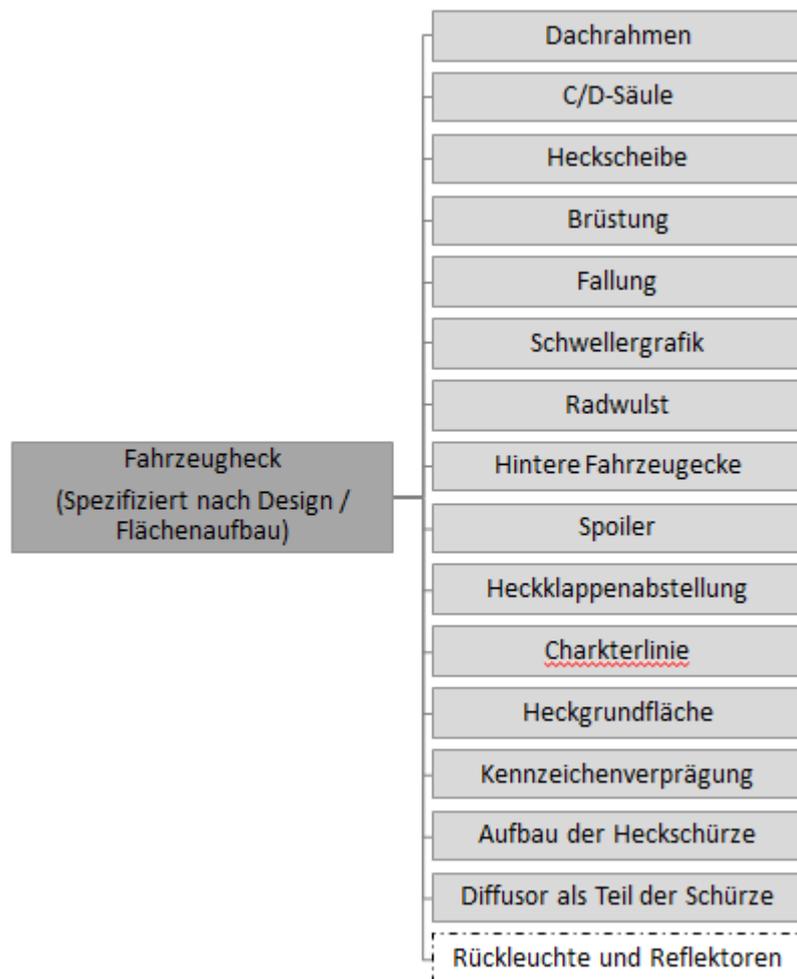


Abbildung 7-2: Bestandteile eines Fahrzeughecks spezifiziert nach Design und Flächenaufbau

7.2 Linienmodelle

Im Anschluss an die Situationsanalyse, vgl. Kapitel 5, sowie die Analyse des Fahrzeughecks, vgl. Kapitel 0, werden Linienmodelle erstellt. Ein Linienmodell ist eine einfache Methode, ein Objekt nur durch seine charakteristischen Kanten darzustellen. Über den gesamten Design- und Strakprozess hinweg, kann immer wieder auf die Linienmodelle zurückgegriffen werden. Aus ihnen können weitere Ideen entwickelt, neue Impulse gesetzt und Ansätze ausgearbeitet werden. Daher stellen sie die wichtigste Stütze für die Designfindung dar.

In diesem Fall sollen die Form des Heck (Sichtkanten, Bauteiltrennungen etc.) sowie seine Grafik durch die Linienmodelle erfasst werden. Hierzu wird als erstes ein Zeichnungshintergrund erstellt, indem ein Screenshot aus Icem Surf erzeugt wird, der das Auto in der gewünschten Ansicht zeigt. Wichtig ist es hierbei, in Icem Surf die Reflexionen auszuschalten, da diese sonst irritieren würden und bei isometrischen Zeichnungen einen hohen Arbeitsaufwand erfordern. Als Hilfsmittel zur Erstellung der Linienmodelle wird die Zeichen-App Procreate auf einem Ipad verwendet. Mit der App können Linienmodelle mit schnellen Strichen sowie isometrische Darstellungen gezeichnet werden. Zur Erstellung der Linienmodelle dient bewusst die angepasste Rückleuchte aus dem SC, weil im Rahmen der Abstimmung mit dem Rückleuchtenverantwortlichen schnell klar wurde, dass die neue Rückleuchte sehr nah an der Showcar-Idee von KET sein wird, vgl. Abbildung 7-3.



Abbildung 7-3: Beispiel eines Linienmodells

Abbildung 7-3 zeigt ein Beispiel für ein Linienmodell. Weitere Linienmodelle sind in Anhang A – Linienmodelle zu finden. Alle Linienmodelle wurden frei heraus erstellt. Ohne festgelegte Bedingungen und Restriktionen entsteht ein umfangreicher Pool an Varianten.

Es wird sich aus mehreren Gründen auf die Heckansicht beschränkt. Zum einen ist das die aussagekräftigste Grundansicht für ein Heck, zum anderen ist der dreidimensionale Zusammenhang von Linien nicht so einfach in schnellen Skizzen darstellbar. Der wichtigste Grund für die Heckansicht ist, dass die aufgebrachte Grafik den größten Einfluss auf das spätere Design hat. Vergleicht man moderne PKW-Hecks so fällt auf, dass die Grundflächen oft sehr simpel sind, was ja auch der Anspruch einer Grundfläche ist. Die Grafik erzeugt dann den optischen Eindruck, den das Heck vermittelt und eben diese Grafik lässt sich in der Heckansicht am besten darstellen. Analog dazu wird die Front oft als Gesicht interpretiert, vgl. Kapitel 0.

7.3 Grobentwürfe

Inspiziert von der Vielzahl der Linienmodelle, besteht der nächste Schritt darin, Grobentwürfe zu erstellen. Für diese Grobentwürfe werden einfache isometrische Ansichten erzeugt. Sie sind damit präziser als Linienmodelle und lassen sich einfacher interpretieren. Allerdings ist die Erstellung der isometrischen Ansichten deutlich aufwändiger.

Aufgrund der isometrischen Darstellung entsteht schon während des Zeichnens ein besseres Gefühl für die Machbarkeit im Strak. Basierend auf den dadurch gewonnenen Erkenntnissen werden vier Grobentwürfe ausgearbeitet und anschließend in Form eines Konzeptstraks umgesetzt, vgl. Kapitel 8.

Die vier erstellten Grobentwürfe werden in den vier folgenden Abbildungen aufgezeigt. Um Dopplungen in dieser Arbeit zu vermeiden, erfolgt eine genauere Beschreibung der einzelnen Entwürfe in Kapitel 8.

7.3.1 Grobentwurf 1

Der Grobentwurf 1, vgl. Abbildung 7-4, lässt sich kurz durch die folgenden Stichworte charakterisieren: Konventionelles Heck, runde Fahrzeugecke, seitlich ausgebaute Schürze.



Abbildung 7-4: Grobentwurf 1

7.3.2 Grobentwurf 2

Der Grobentwurf 2, vgl. Abbildung 7-5, lässt sich kurz durch die folgenden Stichworte charakterisieren: Analog zu 1, jedoch kantige Ecke, Grundfläche dreigeteilt und um Winkel ergänzt, seitlich ausgebaute Schürze.



Abbildung 7-5: Grobentwurf 2

7.3.3 Grobentwurf 3

Der Grobentwurf 3, vgl. Abbildung 7-5, lässt sich kurz durch die folgenden Stichworte charakterisieren: Entwurf 2 in Verbindung mit KET-Heck inspirierter Fahrzeugecke, kein seitlicher Ausbau der Schürze.



Abbildung 7-6: Grobentwurf 3

7.3.4 Grobentwurf 4

Der Grobentwurf 4, vgl. Abbildung 7-7, lässt sich kurz durch die folgenden Stichworte charakterisieren: Kein seitlicher Ausbau der Schürze, kantige Fahrzeugecke, dadurch wirkt das Heck länger.



Abbildung 7-7: Grobentwurf 4

8 Konzeptstrak

Diesem Kapitel liegen die vier in Kapitel 0 aufgezeigten Grobentwürfe zugrunde. Sie werden zunächst als Konzeptstrak umgesetzt und im Anschluss bewertet. Ziel hierbei ist es, sich für einen Entwurf zu entscheiden, der im Anschluss ausgearbeitet werden soll.

8.1 Vorstellung der Entwürfe

Bei der Erstellung des Konzeptstraks geht es primär um die Grundflächen. Die teilweise umgesetzten Grafiken stellen dabei nur eine Idee dar und wurden in den Konzeptstrakmodellen lediglich für eine schönere Visualisierung umgesetzt. Konkret wird das Thema Grafik erst nach der Designentscheidung relevant und wird dann iterativ optimiert, vgl. Kapitel 9. Auf eine genaue Beschreibung der grafischen Elemente im Rahmen des Konzeptstraks wird daher bewusst verzichtet. Weitere Ansichten der Entwürfe vom Konzeptstrak sind in Anhang B – Konzeptstrak zu finden.

8.1.1 Konzeptstrak Entwurf 1

Für den ersten Entwurf, vgl. Abbildung 8-1, wird ein konventionelles Design gewählt. Die Fahrzeugecke ist, dem Verlauf der Charakterlinie sowie der darüber liegenden Fläche folgend, rund gestaltet. Im unteren Bereich ist die Schürze zur Seite und nach hinten ausgebaut, wodurch sich die Linienführung sehr gut fortführen lässt und dabei einen ähnlichen Flächencharakter wie die Fahrzeugseite aufweist.



Abbildung 8-1: Konzeptstrak Entwurf 1

Die Rückleuchte ist wie bei allen Entwürfen im bekannten eckigen Stil gehalten. Bei diesem Entwurf fällt auf, dass die Krümmungen recht üppig geraten sind. Auch mangelt es diesem

Entwurf an optischer Länge, wobei im Vergleich zum Stand 2020/2021 etwas mehr herausgeholt werden konnte. Jedoch leidet die runde Fahrzeugecke unter der bekannten Problematik, dass sie nicht in der Lage ist das Heck optisch zu verlängern. Die Resonanz aus dem Teammeeting ergab, dass dieser Entwurf Potential besitzt, aber noch einigen Optimierungsbedarf beinhaltet.

8.1.2 Konzeptstrak Entwurf 2

Im Gegensatz zum ersten Entwurf, zeigt dieser zweite Entwurf eine kantige Fahrzeugecke, welche ermöglicht, das Fahrzeugheck optisch zu verlängern, vgl. Abbildung 8-2. Die Schürze baut seitlich und nach hinten aus. Charakteristisch ist, dass die Heckansicht kein horizontales Linienbild zeigt, sondern mit Winkeln arbeitet. Dadurch soll das Bild der Front aufgegriffen werden. Diese verursachen allerdings die Problematik, dass die Linienfortführung aus der Seitenansicht erschwert wird. Das Krümmungsbild ist eindeutig verfehlt, was sich aber mit strafferen Grundflächen beheben ließe. Die Besonderheit in diesem Entwurf sind die Winkel in der Heckansicht. Ebenfalls in Anlehnung an die Front sind die Grundflächen dreigeteilt, um die in der Front sichtbare dreifach Pfeilung aufzunehmen.



Abbildung 8-2: Konzeptstrak Entwurf 2

Ob sich diese Dreiteilung so gut umsetzen lässt, bleibt abzuwarten. Aufgrund des kurzen Überhangs und dem Wunsch die Ekkante möglichst weit nach hinten zu ziehen, kann der Winkelunterschied zwischen den drei Grundflächen nicht allzu üppig gestaltet werden. Dies wiederum kann dazu führen, dass sich der Unterschied kaum mehr sichtbar zeigt. Die Designintention wäre damit verfehlt. Die Resonanz aus dem Teammeeting war eher negativ einzuordnen. Der Konzeptstrak wurde als zu rundlich und zu stark gekrümmt wahrgenommen. Auch scheint die Linienfortsetzung sehr kompliziert zu sein. Auch die Umsetzbarkeit ist aufgrund der geringen Winkelunterschiede fraglich.

8.1.3 Konzeptstrak Entwurf 3

Für den dritten Entwurf wurde das Heckdesignthema des SC aufgegriffen, welches mit von der Rückleuchte bis zum unteren Ende durchlaufenden Kanten besticht, vgl. Abbildung 8-3. Die Seite schneidet sich demnach mit den Heckgrundflächen. Einen seitlichen Ausbau der Schürze gibt es nicht. Gleichzeitig wurde die Idee aus dem zweiten Entwurf weiterverfolgt, bei der die Heckgrundflächen eine Dreiteilung aufweisen. Die Flächen sind in ihrer Krümmungscharakteristik straff gehalten, was dem Formcharakter des restlichen Autos entspricht. Durch die kantige Fahrzeugecke kann das Heck optisch verlängert werden.



Abbildung 8-3: Konzeptstrak Entwurf 3

Die Resonanz aus dem Teammeeting ergab, dass dieser Entwurf Potential besitzt, aber noch einigen Optimierungsbedarf beinhaltet. Die Dreiteilung der Grundflächen wird kritisch angesehen und der Deformationsraum dürfte schwierig umzusetzen sein.

8.1.4 Konzeptstrak Entwurf 4

Als Vierter Entwurf wurde eine durchgehende Seitenfläche genutzt, welche in Verbindung mit den Heckgrundflächen eine Theoriekante mit Absatz erzeugt. So konnte das SC-Thema mit der Ecke aufgegriffen werden und gleichzeitig wurde Deformationsraum geschaffen. Auch hier sorgt die kantige Ecke für eine optische Verlängerung des Hecks, erfordert aber viel Sorgfalt, damit die Heckgrundflächen nicht zu straff wirken. In der Seitenansicht mit das stimmigste Ergebnis, der Y-Verlauf der Ekkante ist gefällig, da er durch die Anordnung der Heckgrundflächen sehr dynamisch wirkt, ohne dabei an Stabilität einzubüßen. Die Resonanz aus dem Teammeeting war sehr positiv.



Abbildung 8-4: Konzeptstrak Entwurf 4

8.2 Lösungsauswahl für den Konzeptstrak

Im vorangegangenen Abschnitt wurden die vier Entwürfe aus dem Konzeptstrak vorgestellt, vgl. Kapitel 0. Nun gilt es herauszufinden, welcher Entwurf als Strak ausgearbeitet werden soll. Dazu werden nun alle Forderungen aus der Anforderungsliste, vgl. Kapitel 6.1, mit den vier Entwürfen abgeglichen. Diese Überprüfung ergibt, dass alle vier Varianten die Anforderungen erfüllen und somit eine geeignete Lösung für die Bewertung darstellen.

Aus der Anforderungsliste werden nun die Bewertungskriterien herausgezogen und ergänzt. Im Rangfolgeverfahren nach [Q15] werden die Bewertungskriterien nun gewichtet, vgl. Tabelle 8-1. G(i) bezeichnet hier den so genannten Gewichtungsfaktor.

Nr.	Bewertungskriterium	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σi	G (i)
1	Formcharakter	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	0,15
2	Linienführung	1	1	1	1	1	0	0	1	1	6	0,13
3	Wiedererkennungswert von Formen	0	0	1	0	1	1	0	1	0	3	0,06
4	Proportionen	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	0,15
5	Showcar-Treue	0	0	1	0	1	0	0	1	1	3	0,06
6	Icon-Treue	1	1	1	1	1	1	0	1	1	7	0,15
7	Umsetzbarkeit im 3D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,17
8	Optische Länge	0	1	1	0	1	0	0	1	0	3	0,06
9	Resonanz aus dem Teammeeting	0	1	1	0	1	0	0	0	1	3	0,06
Summe											47	1,00

Tabelle 8-1: Gewichtung der Bewertungskriterien nach dem Rangfolgeverfahren

Anschließend werden nun alle Entwürfe aus dem Konzeptstrak mithilfe der Nutzwertanalyse bewertet, vgl. Tabelle 8-2. Nach [Q15] werden Wertungszahlen von 0 bis 10 vergeben,

Konzeptstrak

„wobei 0 für eine unbrauchbare Funktionserfüllung und 10 für eine ideale Lösung steht“ [Q15, S. 318]. Im Rahmen dieser Arbeit wurde entschieden Wertungszahlen, nachfolgend Punkte genannt, von 0 bis 3 zu vergeben, weil eine weitere Unterteilung nicht mehr zweckdienlich bzw. sinnvoll wäre. Dabei stellt auch hier die Wertungszahl 3 die beste Lösung und 0 die schlechteste dar.

In der Bewertungsmatrix, vgl. Tabelle 8-2, werden die vergebenen Punkte mit der Gewichtung $G(i)$ multipliziert und anschließend summiert. Der sich daraus ergebene Wert wird durch die maximal erreichbare Punktzahl dividiert. Daraus ergibt sich die so genannte Wertigkeit, welche in eine Rangfolge gebracht wird.

Nr.	Bewertungskriterium	G(i)	KS 1		KS 2		KS 3		KS 4	
			P	G(i)*P	P	G(i)*P	P	G(i)*P	P	G(i)*P
1	Formcharakter	0,15	1	0,15	2,00	0,30	2,00	0,30	3,00	0,45
2	Linienführung	0,13	3	0,38	2,00	0,26	2,00	0,26	2,00	0,26
3	Wiedererkennungswert von Formen	0,06	1	0,06	1,00	0,06	2,00	0,13	3,00	0,19
4	Proportionen	0,15	2	0,30	2,00	0,30	1,00	0,15	3,00	0,45
5	Showcar-Treue	0,06	0	0,00	1,00	0,06	3,00	0,19	2,00	0,13
6	Icon-Treue	0,15	1	0,15	2,00	0,30	2,00	0,30	2,00	0,30
7	Umsetzbarkeit im 3D	0,17	3	0,51	1,00	0,17	2,00	0,34	2,00	0,34
8	Optische Länge	0,06	0	0,00	0,00	0,00	3,00	0,19	2,00	0,13
9	Resonanz aus dem Teammeeting	0,06	2	0,13	1,00	0,06	1,00	0,06	3,00	0,19
Summe				1,68		1,51		1,91		2,43
Wertigkeit				0,56		0,50		0,64		0,81
Rang				3		4		2		1

Tabelle 8-2: Bewertungsmatrix der Nutzwertanalyse

Die Wertigkeiten aus der Bewertungsmatrix sind folgendermaßen einzuordnen:

- Wertigkeit 0 ... 0,5 unbrauchbare Lösung
- Wertigkeit 0,5...0,7 ggf. nutzbare Lösung
- Wertigkeit 0,7...0,85 gute Lösung
- Wertigkeit 0,85...1 sehr gute Lösung

Aus der Bewertungsmatrix, vgl. Tabelle 8-2, geht der Konzeptstrak Nummer 4 eindeutig als Sieger hervor. Er befindet sich mit einer Wertigkeit von 0,81 auch fast im Bereich einer sehr guten Lösung, was für den Stand eines Konzeptstraks mehr als ausreichend ist. Aus diesem Grund wird in Kapitel 9 der vierte Entwurf aus dem Konzeptstrak, vgl. Kapitel 0, weiter ausgearbeitet.

9 Strakausarbeitung und Optimierung

Da die Designentscheidung zugunsten von Konzept Nr. 4 gefallen ist, kann dieses ausgearbeitet werden. Dazu müssen zunächst die Grundflächen optimiert und anschließend ein Grafikkonzept aufgebracht werden. Anschließend kann die Grafik und weitere Details iterativ optimiert werden.

9.1 Flächenoptimierung

Da eine fertig ausgearbeitete Radwulst die Grundlage für die Seitenflächen des Rückleuchtgehäuses bildet, muss hier begonnen werden. Andernfalls kann mit der Ausarbeitung des Rückleuchtgehäuses nicht begonnen werden. Dabei wurde der Ansatz umgesetzt, einen ähnlichen Formcharakter wie im SC zu erzeugen und straffe Radwülste zu straken. Dieser Bereich war im Vergleich recht kompliziert zu lösen, da nach Anschlüssen Form und Highlight optimiert werden muss. Im Ergebnis konnte eine straffe Radwulst mit dem Formcharakter aus dem SC erstellt werden, welches auch für den alten Stand der Radwülste Modell stand.

Anschließend muss der Formcharakter der Heckgrundflächen an den Rest des Fahrzeugs angepasst werden. Dazu soll besonders im unteren Teil der Schürze die Grundfläche in Längsrichtung stärker bombiert werden. Außerdem sind die jetzigen Grundflächen aus Y0-Kurven herausgezogen und dann mit Ausnahme der ersten Kontrollpunktreihe modifiziert worden. So konnte zwar Krümmungsstetigkeit über Y0 erreicht werden, jedoch zeigt die Krümmungsanalyse, dass die Flächen nicht krümmungsgradientenstetig sind. Um Abhilfe zu schaffen, wird die Fläche an Y0 dupliziert gespiegelt und aus beiden Flächen mit der Patch-Erstellungs-Funktion „Patches“ eine einzige neue Fläche erstellt, welche den gleichen Formcharakter wie die beiden Ausgangsflächen haben. Im Laufe der weiteren Modifikation muss die Fläche über beide Fahrzeugseiten bestehen bleiben und darf ihre Symmetrie nicht verlieren. Mithilfe des Tools Unified Modeller in ICEM kann die Fläche als ganzes unter Beibehaltung der Y0-Symmetrie modifiziert und bearbeitet werden. Das Ergebnis ist eine hochwertige Grundfläche, die einen guten Krümmungsverlauf aufweist. Zur Weiterverarbeitung kann sie an Y0 getrimmt werden.

Nachdem so die Flächenqualität erhöht werden konnte, müssen im nächsten Schritt die Flächen formfolgend bombiert werden. Friedhoff beschreibt, wie mit Hilfe von Patchteilung die Krümmung zum Rand hin angehoben werden kann. [Q9] Dadurch wird der Formcharakter verbessert und auf das bestehende Exterieur angepasst. Die Krümmungen

an der Fahrzeugecke und die Übergänge innerhalb der Heckgrundflächen sind nun sinnvoll vorbereitet und können dadurch mit einem schöneren Krümmungsverlauf verrundet werden.

9.2 Iterationsschritte

Da der Stand über hochwertige Grundflächen verfügt, kann die Grafik aufgebracht werden. In einem ersten Konzept wird eine Icon-inspirierte und zum Gesamtfahrzeug passende Grafik auf einer Hilfsebene erstellt und auf die Flächen projiziert. Die auf den Flächen liegenden Kurven können nun genutzt werden, um den Verschnitt von Grundflächen und Heckklappe sowie den Diffusor zu erzeugen. Das verwendete Fugenlayout lehnt sich dabei an den 20/21er Stand an. Die Heckklappe wird nach unten hin schmaler bis die 45° Ecken den Übergang zur Unterkante herstellen.

Für die Heckschürze sollte eine Grafik umgesetzt werden, welche das Frontthema aufgreift. Dazu werden Kurven auf die Grundflächen projiziert, um an diesen Abstellungen erzeugen zu können. Darunter liegend wird für die Konzeptvisualisierung ein Offset der Grundfläche erzeugt.

Für die Ausarbeitung müsste eine eigene Fläche erzeugt werden. Um den gewünschten grafischen Effekt zu erhalten, muss am Rand der Abstellung so viel Versatz wie möglich vorhanden sein. Die Fläche kann aber nicht beliebig weit eingerückt werden, da sich dahinter der Querträger befindet. Ohne valide Daten bzw. eine präzise Auslegung der Crashstruktur muss abgeschätzt werden, wie weit der Querträger an der Fahrzeugecke nach innen rücken kann. Die vorhandenen ca. 70mm Deformationsraum ab dem Querträger bis zur Rückleuchte sind nicht gerade sehr üppig. Die Fläche wird daher nur um 15mm ab Grundfläche eingerückt. Die Idee ist schnell in einen Konzeptstrak überführt.

Der Stand ist nun erstmals geeignet, um einen Gesamteindruck zu bekommen, wie das fertige Heck und damit auch das ganze Auto aussehen kann. Das Feedback aus dem Teammeeting fällt positiv konstruktiv aus, vgl. Abbildung 9-1.



Abbildung 9-1: Heckansicht Konzeptstand

9.2.1 Heckklappe

Um die Grafik nun schrittweise zu optimieren, wird mit der Heckklappe begonnen. Beim Konzeptentwurf waren die Heckklappenecken auf 45° beschnitten. Die sich ergebenden Ecken sind jedoch sehr klein, was sie bei den umgebenden großen Flächen untergehen lässt. Durch die Kennzeichenverprägung soll das Icon dargestellt werden. Die Darstellung ist aber nicht intensiv genug. Dies liegt daran, da die eigenständige Heckklappengrundfläche, welche nach vorn einklappt, und die Abstimmung auf die Kennzeichenfläche nicht genug Winkelunterschied aufweisen, um nach der Verrundung gut sichtbar zu sein.

Um das Icon besser darstellen zu können, wurde die separate Heckklappengrundfläche wieder verworfen und stattdessen eine neue aus der Heckgrundfläche erzeugt. Zwischen dieser neuen Heckklappengrundfläche und einer ebenfalls angepassten Kennzeichenfläche wurden Verbindungsflächen erzeugt. Um dem Icon gerecht zu werden, wurden die Ränder der Verbindungsflächen so optimiert, dass die entstehende Sichtkante ca. im 45° Winkel auf den Ausläufer des Leuchtenbandes fluchtet. Die Kennzeichenfläche, ist so weit nach unten gezogen, dass sie mit der neuen Heckklappengrundfläche eine Theorielinie, bzw. einen Kniff bildet. Die Theorielage wurde in Bezug auf die sichtbare Heckklappenhöhe (Ausdehnung in Z-Richtung) nach den Proportionen des goldenen Schnittes gewählt, bzw. diesem angenähert. So bilden die untere Schattenfläche den Minor und die Flächen oberhalb

des Kniffs den Major. Unterteilungen nach dem goldenen Schnitt gelten objektiv als schön und sind daher für die Gestaltung gut einsetzbar. Durch die Verwendung dieses allgemein gefälligen Verhältnisses wurde zeiteffizient eine schöne Lösung gefunden, anstatt alternativ die Unterteilung nach subjektivem Ermessen vorzunehmen und iterativ zu optimieren.

Die Heckklappenecken wurden so beschnitten, dass in der Heckansicht eine schöne Auffächerung zwischen der Sichtkante der Kennzeichenverprägung, den Ecken der Klappe und der schrägen Kante der Fahrzeugecke entsteht. Im Gegensatz zu Vorher sind die Ecken jetzt deutlich größer, was die Klappenbreite im unteren Bereich natürlich verringert. Dieses Maß soll idealerweise maximal sein, um auch sperrige Güter leicht einladen zu können. Nach Kapitel 5.1 ist man mit 1000mm (oberhalb der Ecken sind es schon 1130mm) minimaler Heckklappenbreite hier sicher unterwegs.

Als Hilfe für die Optimierung der Heckklappe wurden in Icem Kurven mit Ordnung 2 auf die X3600 Hilfsebene gezeichnet. So lässt sich das Ergebnis vorab grob abschätzen, ohne dabei viel Aufwand betreiben zu müssen. Die erste Variante zeigt eher flache Winkel in der Verprägungsgrafik und wirkt dynamisch und sportlich, weil das Heck damit breiter und kräftig, gleichzeitig auch flach und geduckt wirkt. Entwurf #2 zeigt die Verprägungskanten im 45° Winkel zur Horizontalen, der dritte Entwurf zeigt diese im 50° Winkel. In der Umsetzung von #1 fiel auf, dass man die Kanten der Verprägung kaum noch sieht. Denn auch hier wird der Winkelunterschied zwischen der Abstellung auf die Kennzeichenfläche und der Klappengrundfläche zu gering. Entwurf Nummer 3 hat zwar eine gute Auffächerung, wird aber von Entwurf #2 ausgestochen, da dieser das Icon am präzisesten wiedergibt und gut umsetzbar ist. Bilder zur Heckklappeniteration sind in Anhang D – Heckklappeniteration.

Die Fugenbreite wurde seitlich mit 4mm und unten mit 5mm gewählt, um auch bei heftigem Zuschlagen der Heckklappe zuverlässig Kontakt mit der Heckschürze zu verhindern.

Nachdem der bevorzugte Entwurf #2 sauber umgesetzt wurde, konnte dieser in der Teamrunde präsentiert werden. Angeregt durch das Feedback wurde noch eine Optimierung der Klappenecke vorgenommen. Dabei wurde die Bombierung der Ecke angepasst und die Verrundungen im Bereich der Ecke etwas größer gezogen. Der Abstellwinkel des Heckklappenverschnitts auf der Grundfläche beträgt in Rücksprache mit der Projektleitung 3° zur X-Achse, wodurch sich insgesamt 6° Entformwinkel ergeben. Die Ladekante ist mit 7° etwas größer, was der Entwässerung dient.

9.2.2 Schürze

In der Seitenansicht zeigt sich die Lichtkante des Schwellers sehr intensiv. Um diese Kante fortzuführen, wurde eine Fläche erzeugt, die ab dem Radspiegel weiter aufmacht als die untenliegende Grundfläche. Wenn man nun in der Seitenansicht oder schräg von hinten schaut, sieht man die Schwellerkante nach dem Hinterrad fortgeführt.

Der Konzeptentwurf ist nicht unbedingt schlecht. Es mangelt aber an einer logischen Linienführung in der Heckansicht und der stimmigen Umsetzung. Die Idee mit der Fortführung der Schwellerkante kommt im Teammeeting gut an. Es lohnt sich also die Schürzengrafik noch einmal zu überdenken und die Fortführung der Kante darin zu integrieren.

Eine Möglichkeit ist, wieder auf Kurven in der Hilfsebene zurückzugreifen, um verschiedene Varianten darzustellen. Stattdessen wurde ein Screenshot erstellt, der die Schürze ohne weitere Details, jedoch mit der fortgeführten Schwellerkante zeigt. Mittels dieser Grunddarstellung und der in Kapitel 7.2 erwähnten App können auf dem Tablet beliebig detaillierte Entwürfe gezeichnet werden. Das Ergebnis sind 10 Entwürfe, die in der Teamrunde präsentiert und besprochen werden. Der Tenor ist recht eindeutig: Entwurf #8, #9 und #10 kommt am besten an. Einigkeit über die Breite der Schürzengrafik gibt es hingegen nicht. Die ursprüngliche Idee wurde im Rahmen der Zeichnungserstellung nicht weiter ausgeführt. Grund dafür ist, dass das Einrücken des Querträgers, ausschließlich um des Designs Willen, keine besonders gute Idee ist.

Die drei bevorzugten Entwürfe zeigen, ausgehend von den Grundflächen, einen Ausbau, welcher in grober Icon-Form den Diffusor zeigt und die Fortführung der Schwellerkante ebenfalls aufnimmt. Diese Entwürfe stellen eine gute Möglichkeit dar, wie die Fortführung sinnvoll umgesetzt werden kann, denn die Frage, was mit der Fläche - welche die Fortführung darstellt - geschehen soll, stellt sich seit der ersten Idee. Eine andere Option ist es, die Fläche noch vor der Fahrzeugecke wieder verschwinden zu lassen. Das Herumführen um die Ecke scheint aber die elegantere Lösung zu sein.

An dieser Stelle wird in ICEM weitergearbeitet und das Konzept ausgearbeitet. Um die Z-Niveaus der Linien zu finden, wurde wieder der goldene Schnitt mit dem Teilungsverhältnis von 1:618 angewendet. Dabei wurde die lichtfangende Fläche zwischen Ladekante und dem Kniff der Schürze als Minor festgelegt, welcher in der Heckansicht eine Z-Ausdehnung von 70mm aufweist. Rechnerisch muss also unterhalb des Kniffs der Major mit einer Z-Ausdehnung von ca. 114mm entstehen. Diese Aufteilung wurde gewählt, da sich die beiden

Flächen deutlich in ihrer Helligkeit unterscheiden und sich deshalb optisch gegenüberstehen. Grund dafür ist, dass die Minorfläche im Winkel von ca. 26° zur Vertikalen steht, daher Licht fängt und sich dem Betrachter hell präsentiert, während die Majorfläche unterhalb des Kniffs im Mittel 0° Winkel zur Vertikalen hat und dadurch kaum Licht einfängt. Ausgehend von dieser Aufteilung kann innerhalb des Majorbereichs im gleichen Verhältnis die Höhe des Flächenstreifens festgelegt werden. Die sich so ergebene Z-Aufteilung nach dem goldenen Schnitt zeigt sich stimmig und kann für die weitere Datenausarbeitung genutzt werden. Die Breite des Diffusors wird so ausgewählt, dass die schräge Kante des Diffusors auf die untere Heckklappenecke zielt, da sie der nächste markante Punkt ist, und sich deshalb gut zur Assoziation eignet.

Den Abschluss der Iteration bildet nun eine sauber gearbeitete Schürzengrafik. Mit guten Proportionen umgesetzt unterstreicht der große Diffusor den dynamischen Charakter des HCC. Die Fortführung der Linie aus der Schwellerkante gelingt und rundet das Heck ab.

9.3 Vorstellung des fertigen Straks

Das Ergebnis der Arbeit präsentiert sich stimmig, vgl. Abbildung 9-3 und Abbildung 9-3. Der Formcharakter des neuen Hecks und der hinteren Radwulst ist straff und fügt sich damit gut in das restliche Design ein.

Hervorzuheben ist die Einbringung des Icons in der Kennzeichenverprägung und dem Diffusor. In der Heckansicht fächern die Kanten von Kennzeichenverprägung, Heckklappenfuge und der Fahrzeugecke gleichmäßig auf. Auch in anderen Ansichten wird dieses Ensemble stimmig. Die Unterteilung der horizontal laufenden Linien, welche stets im goldenen Schnitt gehalten wurde, überzeugt ebenfalls. An den Stand 2021 angelehnt ist das Fugenkonzept der Heckklappe. Die Fahrzeugecke, welche nicht der Charakterlinie folgend rund ist, bildet eine Theoriekante ab, die durch das Showcar-Konzept inspiriert ist. Dies schließt den thematischen Zusammenhang zur Front und kann als Hommage an das SC gewertet werden. In der Seitenansicht fällt auf, dass die Rückleuchte in Verbindung mit der Kante des Hecks in gewisser Weise auch das Icon abbildet. Das Bild weist zwar andere Winkel auf, ist aber in der geometrischen Grundform ähnlich. Ebenfalls positiv wirkt sich die kantige Fahrzeugecke auf die Länge des Hecks aus. In Ansichten von der Seite und schräg vorn wirkt das Heck nun deutlich länger als in vorhergehenden Ständen.



Abbildung 9-2: Fertiger Strak hinten perspektivisch

Im unteren Bereich bestimmt ein großer Diffusor das Bild. Aus der Radwulst heraus entsteht eine Fläche, die durch eine lichtfangende Abstellung die Schwellerkante zitiert. Diese Fläche folgt der scharfen Fahrzeugecke und läuft in den Diffusor ein, was in allen Ansichten eine gut fort geführte Linie darstellt. Die oberen Linien der Schwellergrafik werden zu Teil weitergeführt, wobei der Kniff innerhalb des Schwellers erst wieder auf der horizontalen Heckkante zum Vorschein kommt und hier durch eine Verrundung dargestellt wird, welche

dem Radius des Schwellerkniffs angepasst ist. Zu den Fahrzeugecken wird diese Verrundung wieder entschärft, um ein ungestörtes Durchlaufen der vertikalen Eckverrundung zu ermöglichen. Die lichtfangende große, horizontale Fläche zwischen Diffusor und Heckklappe kann mit der lichtfangenden Abstimmung auf der Schwellergrafik in Verbindung gebracht werden.

Bei der Erstellung der Grundflächen wurde auf eine hohe Patchqualität Wert gelegt, was sich im Rahmen der weiteren Ausarbeitung ausgezahlt hat. Die Krümmungswerte der Flächen harmonisieren gut mit denen des restlichen Fahrzeugs.

Der Gesamteindruck des HCC mit dem neuen Heck ist gut. Der hintere Abschluss untermauert die erwähnten Eigenschaften des SC: Robust, kraftvoll, dynamisch und führt die Formsprache von Front und Seite fort.



Abbildung 9-3: Fertiger Strak

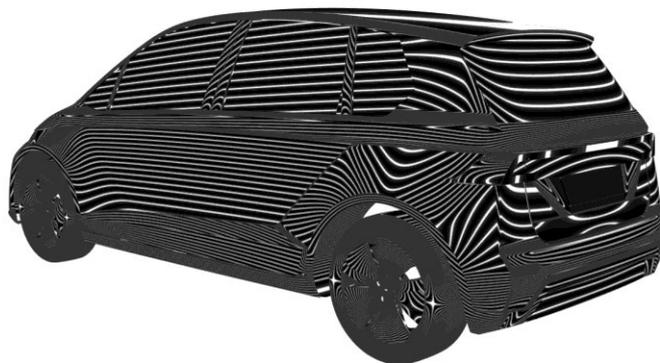


Abbildung 9-4: Fertiger Strak Highlightverlauf

10 Zusammenfassung und Ausblick

Zur Anpassung an das stetig weiterentwickelte Exterieur des Hamburg Concept Car galt es, ein neues Heck zu entwerfen und im Strak umzusetzen. Der Umfang der Neugestaltung war eingangs nicht klar definiert. Um diesen abstecken zu können, wurden mehrere Analysen angestellt, damit sowohl allgemeine Vorgaben als auch die spezifische Situation am virtuellen Prototypen zu ergründen. Es wurde klar, dass eine Heckneugestaltung in beliebig großem Umfang vorgenommen werden kann, da es diverse Baustellen am Strakdatensatz gibt. Hier war also eine Abgrenzung von Nöten, um den gegebenen Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen. Mit Blick auf das Gesamtprojekt HCC wurde der Arbeitsbereich so definiert, dass neben der Heckneugestaltung auch einige Nebenbaustellen behoben werden können. Insgesamt stellt dies für die Weiterbearbeitung durch folgende Projekte und Arbeiten einen Gewinn dar.

Im Heckbereich ist der Packageplan des HCC noch nicht weit genug ausgearbeitet, um valide Aussagen über Bauräume tätigen zu können. In Folge mussten manche Maße abgeschätzt und durch Referenzdaten von Realfahrzeugen belegt werden. Die Analyse alter Datenstände hat anschließend ein konkretes Bild über die bestehende Formsprache und den Charakter des HCC geliefert. Um der bisherigen Entwicklung Rechnung zu tragen, wurden die Designparameter angepasst.

Die gewählte Methode hat dem Projekt zu einem sehr guten Endergebnis verholfen. Es wurde ein Weg aufgezeigt, wie man Methoden aus der Produktentwicklung auf das spezifische Problem Heckdesign anpassen kann, um zielgerichtet ein optimales Ergebnis zu erhalten. Dabei wurde die Schwierigkeit überwunden, das emotionale Thema Design derart in messbare Bestandteile zu zerlegen, dass Elemente bewertet und gegeneinander abgewogen werden konnten. Besonders die Details wurden zum Abschluss in mehreren Schleifen optimiert. Hier hat sich die stete Kommunikation mit der Projektleitung sowie dem Verantwortlichen der Rückleuchte ausgezahlt. Da für ein Design auch subjektive Empfindung eine Rolle spielen kann.

Der Datensatz, vgl. Kapitel 9.3, konnte sauber im HCC Projektverzeichnis, welches auch während der Arbeit für den Datenaustausch genutzt wurde, abgelegt werden. Hiermit ist gewährleistet, dass folgende Arbeiten und Projekte den vollständigen Exterieurstrak direkt verwenden können und ihn nicht umständlich zusammenladen müssen. Eine ordentliche und vor allem einheitliche Ablagestruktur ist für ein Projekt wie das HCC essenziell.

11 Literaturverzeichnis

- [Q1] Adomeit, M., Studienarbeit *Konzeption von Interieur-Entwürfen von der frühen Phase hin zur Anwendung auf das Hamburg Concept Car 2021*, 2019
- [Q2] Beinert, W., *Typografie Lexikon*, 2021
<https://www.typolexikon.de/goldener-schnitt/>
Zugriff am 04.04.2022
- [Q3] Bonitz, P.: *Freiformflächen in der rechnerunterstützten Karosseriekonstruktion und im Industriedesign*, Berlin Heidelberg, Springer Verlag, 2009
- [Q4] Duden, *Wörterbuch*, 2021
<https://www.duden.de/rechtschreibung/Design>
Zugriff am 03.06.2022
- [Q5] *FMVSS108 Lamps, reflective devices, and associated equipment*, 2015
<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2015-12-17/pdf/2015-31353.pdf>
Zugriff am 02.04.2022
- [Q6] *FMVSS581 Bumper Standart*, Regelung, 1977
<https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2002-title49-vol5/pdf/CFR-2002-title49-vol5-part581.pdf>
Zugriff am 02.04.2022
- [Q7] Förderkreis Wagenbauschule, 2022
<https://wagenbauschule-hamburg.de/geschichte/>
Zugriff am 02.06.2022
- [Q9] Friedhoff, J.: Vorlesungsskript: *Darstellende Geometrie 2 Labor - Freiformflächen*, Hamburg, 2021
- [Q10] Friedhoff, J.: Vorlesungsskript: *Strak Grundlagen*, Hamburg, 2022

- [Q11] Höhnl, J.: *Studienarbeit Design- und Strakoptimierung der Fahrzeugseite des HCC21*, 2021
- [Q12] KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH, Präsentation (nicht veröffentlicht), 2020
(Dateipfad): \\filer2.is.haw-hamburg.de\fuf_group\share:\Projekte\Projekt-HCC21\09_Veranstaltungen\2020W-MastersOfC2\2020W-MOC-3-HCC21-KET
Zugriff am 26.06.2022
- [Q13] Kraus, W., Braess / Seifert (Hrsg.), *Automobildesign und Technik*, Grundsätzliche Aspekte des Automobildesign, Wiesbaden, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, 2007
- [Q14] Oxford, *Wörterbuch*, 2022,
<https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803100535823>
Zugriff am 02.06.2022
- [Q15] Pahl/Beitz, Bender (Hrsg.), Gericke (Hrsg.): *Konstruktionslehre Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung*, Springer Vieweg, 2021, 9. Auflage
- [Q16] Pischinger, S., Seiffert, U., *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*, Wiesbaden, Springer Vieweg Verlag, 2016, 8. Auflage
- [Q17] RCAR Test, Testprozedur der Versicherer, 2020
https://www.rcar.org/images/papers/procedures/RCAR_Bumper_Test_Procedure_2_2%20-%202020.pdf
Zugriff am 02.04.2022
- [Q18] Siegl, T., Studienarbeit *Optimierung der Fahrzeugfront des Konzeptfahrzeuges „HCC21“ hinsichtlich des Designs und der Strakflächen*, 2020
- [Q19] SVTZO, Regelung, 2012
https://www.gesetze-im-internet.de/stvzo_2012/BJNR067910012.html
Zugriff am 03.04.2022

- [Q20] Titos, P., CAD Konstruktion im Rahmen der Bachelorarbeit „Bauraum- und Kinematikuntersuchungen für die Radführungen des Hamburg Concept Cars 21“, 2021
- [Q21] UN ECE-R127, Regelung, 2018
<https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2018/R127r2e.pdf>
Zugriff am 02.04.2022
- [Q22] UN ECE-R26, Regelung, 2013
<https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R026r1e.pdf>
Zugriff am 02.04.2022
- [Q23] UN ECE-R4, Regelung, 2020
<https://unece.org/sites/default/files/2022-01/R004r4e.pdf>
Zugriff am 02.04.2022
- [Q24] UN ECE-R42, Regelung, 1980
<https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2009/r042e.pdf>
Zugriff am 02.04.2022
- [Q25] VDI 2221 Blatt 1: *Entwicklung technischer Produkte und Systeme – Modell der Produktentwicklung*, Richtlinie, 2019-11
- [Q26] VERORDNUNG (EU) Nr. 1003/2010 DER KOMMISSION, Regelung, 2010
<https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R1003&from=EN>
Zugriff am 02.04.2022
- [Q27] VERORDNUNG (EU) Nr. 1009/2010 DER KOMMISSION, Regelung, 2010
<https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R1009&from=EN>
Zugriff am 02.04.2022

12 Bildquellenverzeichnis

Sofern nicht schon im Literaturverzeichnis angegeben, werden im Folgenden die Bildquellen angegeben. Bilder ohne Quellenangaben sind selbst erstellt worden.

[B1] Abschlussarbeit von Soldan

[B2] <https://www.toplicht.de/media/image/91/c0/97/2100-001.jpg>
Zugriff am 11.06.2022

[B3] https://www.netcarshow.com/Mini-One_Clubman-2009-1024-03.jpg
Zugriff am 25.06.2022
<https://www.netcarshow.com/Toyota-Corolla-2010-1024-1a.jpg>
Zugriff am 25.06.2022
<https://www.netcarshow.com/Mercedes-Benz-A-Class-2013-1024-78.jpg>
Zugriff am 25.06.2022

[B4] https://www.netcarshow.com/volvo/2017-v90_cross_country/1024x768/wallpaper_24.htm
Zugriff am 25.06.2022
https://www.netcarshow.com/mazda/2017-6_wagon/1024x768/wallpaper_27.htm
Zugriff am 25.06.2022
<https://www.autocar.co.uk/sites/autocar.co.uk/files/styles/body-image/public/mercedes-benz-e-class-estate-side-profile.jpg?itok=6hP4y3Jq>
Zugriff am 25.06.2022

[B5] RCAR Test, Testprozedur der Versicherer, 2020
https://www.rcar.org/images/papers/procedures/RCAR_Bumper_Test_Procedure_2_2%20-%202020.pdf
Zugriff am 02.04.2022

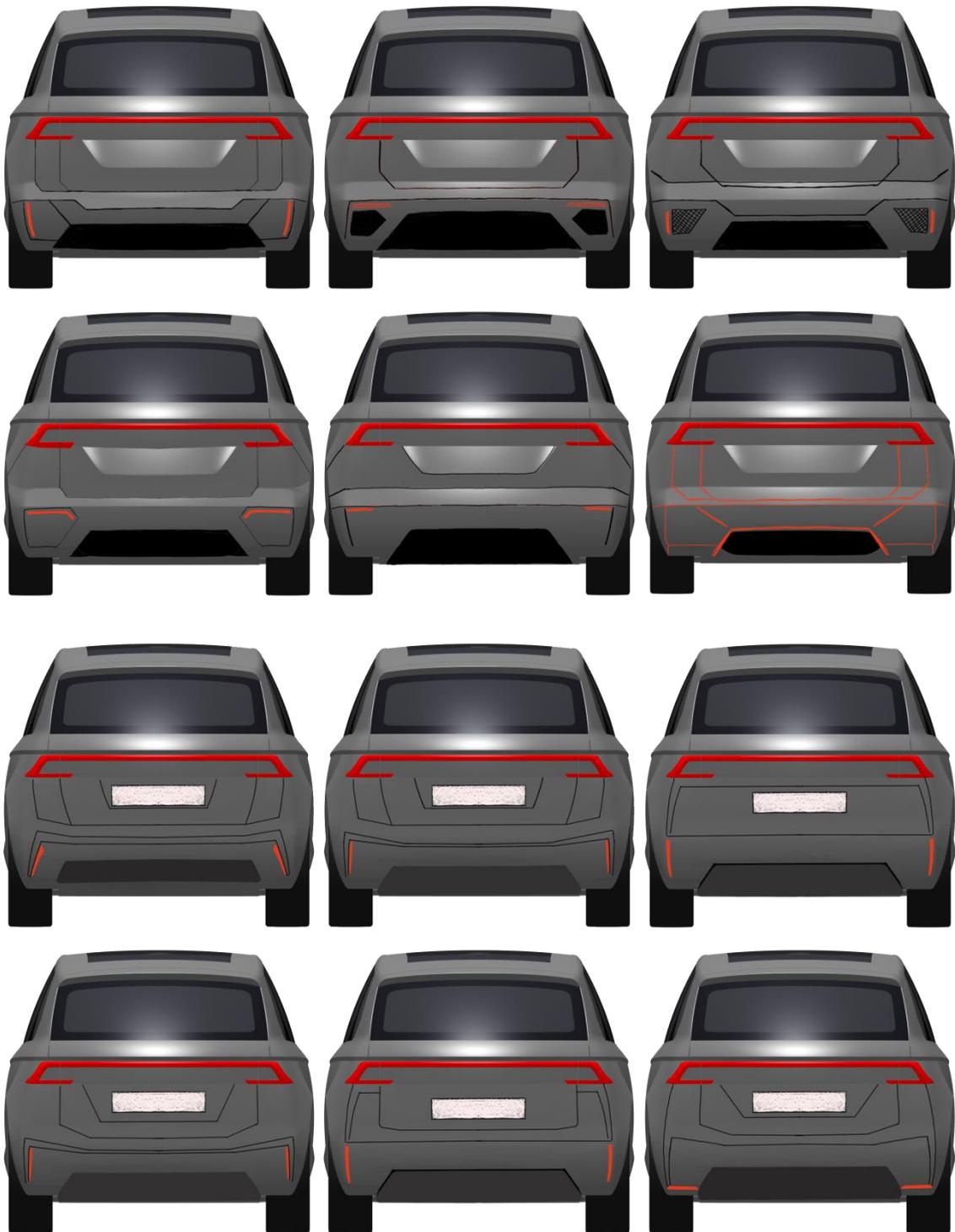
[B6] https://www.netcarshow.com/volkswagen/2014-xl1/1280x960/wallpaper_10.htm
Zugriff am 15.06.2022

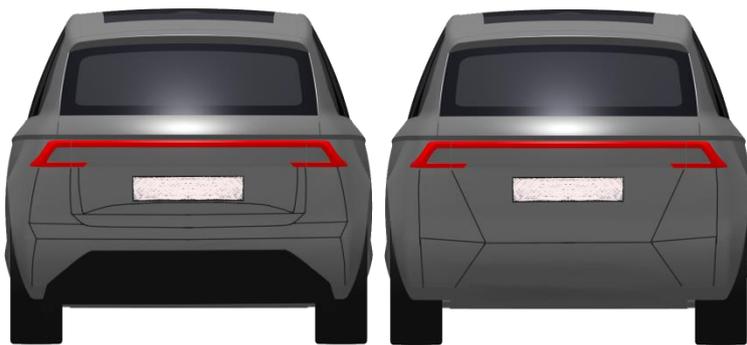
Bildquellenverzeichnis

- [B7] https://www.netcarshow.com/Lamborghini-Aventador_S-2017-1280-3a.jpg
 Zugriff am 20.06.2022
 <https://www.netcarshow.com/Bugatti-Chiron-2017-1280-24.jpg>
 Zugriff am 20.06.2022
- [B8] S:\Projekte\Projekt-HCC21\10_CAD-
 Daten_Zusammenfassung\99_Archiv\01_Strak\06_Strak_Job\00_Referenzschnitte
 _fuer_ICEM\2019S-FFF-Referenzschnitte.icem
 Zugriff am 20.06.2022
- [B9] KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH

Anhang

A – Linienmodelle





B – Konzeptstrak

Konzeptstrak Entwurf 1

Heckansicht



Seitenansicht



Konzeptstrak Entwurf 2

Heckansicht



Seitenansicht



Konzeptstrak Entwurf 3

Heckansicht



Seitenansicht

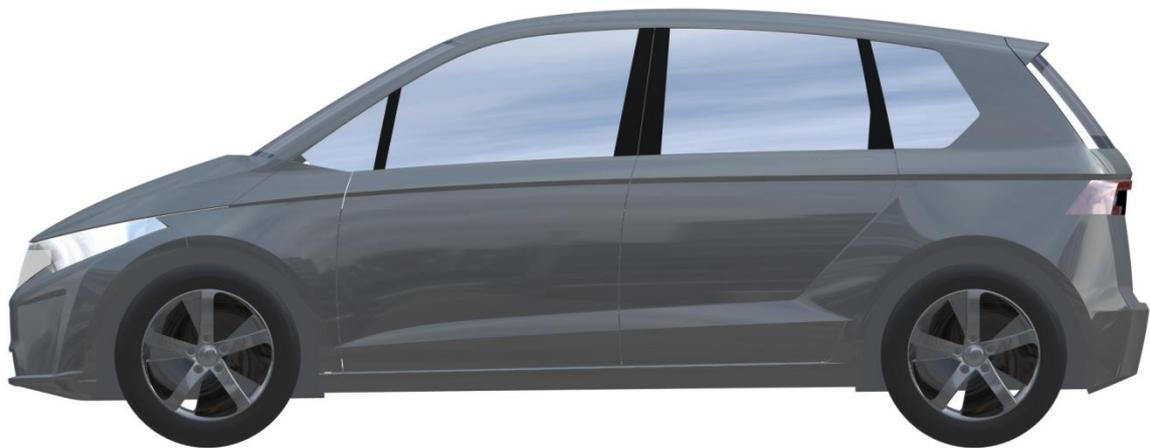


Konzeptstrak Entwurf 4

Heckansicht



Seitenansicht



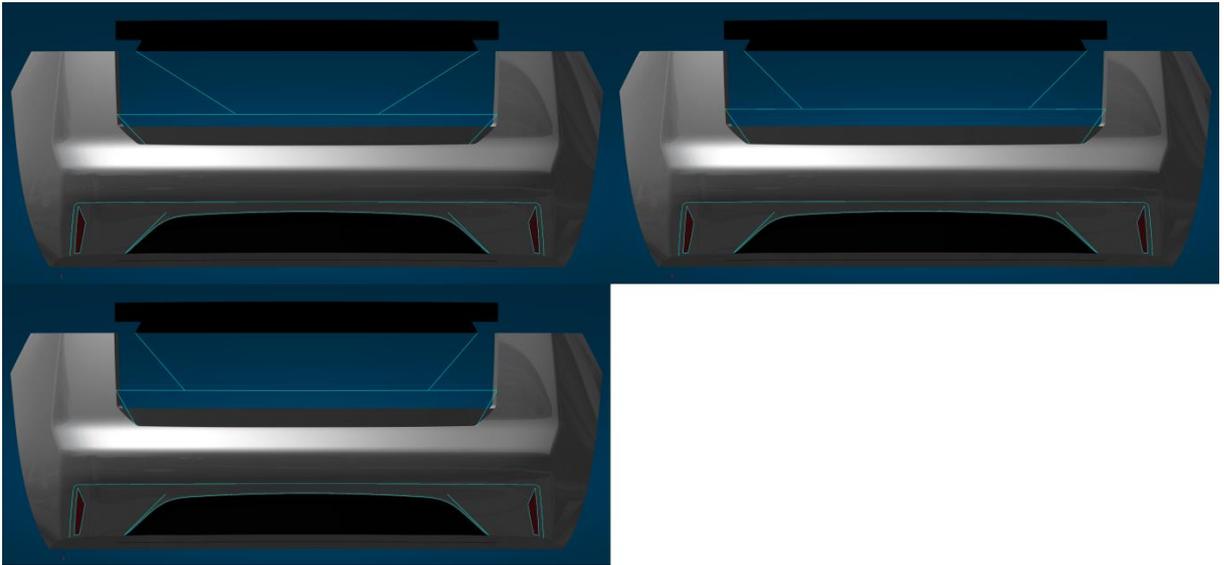
C – Anforderungsliste

Anforderungsliste					
Projekt:		Hamburg Concept Car	Benutzer		Pötter
Produkt:		Heckstrak	Revisionsstand		Rev. 04
			Datum		27.06.2022
			Seiten		
Klassifikation der Anforderungen:			F = Forderung W1 = Wunsch höchster Priorität W2 = Wunsch mittlerer Priorität W3 = Wunsch niedriger Priorität		
Nr.	Prio.	Anforderungen	Verantw.	Änderung	Begründung
Gesetzliche Vorgaben					
2.1	F	Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen aller Kernmärkte (China, Europa)	Pötter	Rev. 00	
		ECE-R26 Vorstehende Außenkanten	Pötter	Rev. 01	ergänzt
		ECE-R42 Pendelschlagtest	Pötter	Rev. 01	ergänzt
		VERORDNUNG (EU) Nr. 1003/2010 DER KOMMISSION Kennzeichensichtbarkeit	Pötter	Rev. 01	ergänzt
		VERORDNUNG (EU) Nr. 1009/2010 DER KOMMISSION Radabdeckung	Pötter	Rev. 01	ergänzt
		ECE-R4 Kennzeichenbeleuchtung	Pötter	Rev. 01	ergänzt
2.2	W1	Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen Amerikas	Pötter	Rev. 02	ergänzt
		FMVSS 581 „Bumper Standart“	Pötter	Rev. 02	ergänzt
2.3	W2	Einhalten des RCAR-Test der Versicherer	Pötter	Rev. 00	
Aerodynamik					
3.1	W3	Steiler Heckwinkel verhält sich aerodynamisch ungünstig, Detailoptimierung erforderlich	Pötter	Rev. 03	Sprengt den Rahmen dieser Arbeit
3.2	W3	Aerodynamische Gestaltung der Form falls möglich	Pötter	Rev. 03	ergänzt
Fertigung					
4.1	F	Einhaltung der erforderlichen Entformwinkel 4-7°	Pötter	Rev. 02	ergänzt
Design					
5.1	W2	Treue zum Showcar	Pötter	Rev. 01	
5.2	W2	Heck soll optisch verlängert wirken	Pötter	Rev. 00	
5.3	W2	Wiedererkennungswert von Formen	Pötter	Rev. 00	

Anhang

5.4	W1	Formcharakter muss zum restlichen Design (Stand 2021 passen)	Pötter	Rev. 00	
5.5	W1	Linienführung muss zum restlichen Design (Stand 2021 passen)	Pötter	Rev. 00	
5.6	W1	Saubere Proportionierung	Pötter	Rev. 00	
5.7	F	Rücklichtstil des SC muss umsetzbar sein	Pötter	Rev. 01	ergänzt
5.8	F	Icontreue	Pötter	Rev. 00	
Strak					
6.1	F	Umsetzbarkeit in Flächen	Pötter	Rev. 04	
6.2	W2	Hohe Flächenqualität	Pötter	Rev. 04	

D – Heckklappeniteration



E – Erklärung zur eigenständigen Bearbeitung



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Pötter _____

Vorname: Johannes _____

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

Design- und Strakentwicklung einer angepassten Heckpartie des „Hamburg Concept Car“

ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst 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.

- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Hamburg

30.06.2022

Ort

Datum

Unterschrift im Original