



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Coskun Yenmez

Entwicklung eines methodischen Entwicklungsprozesses zur Umsetzung eines Showcars anhand von Analysen des Entwicklungsprozesses des HCC21

04.08.2021

*Fakultät Technik und Informatik
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau*

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

Coskun Yenmez

**Entwicklung eines methodischen
Entwicklungsprozesses zur Umsetzung
eines Showcars anhand von Analysen
des Entwicklungsprozesses des HCC21**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

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

in Zusammenarbeit mit:
KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH
Abteilung Design/Strak
Hufelandstraße 19
80939 München

Erstprüfer: Professor Dipl.-Ing. Jan Friedhoff
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. (FH) Roman Heutger
Industrieller Betreuer: Dipl.-Ing. (FH) Roman Heutger

Abgabedatum: 04.08.2021

Zusammenfassung

Name des Studierenden

Coskun Yenmez

Thema der Bachelorthesis

Entwicklung eines methodischen Entwicklungsprozesses zur Umsetzung eines Showcars anhand von Analysen des Entwicklungsprozesses des HCC21

Stichworte

Showcar, Entwicklungsprozess, HCC21

Kurzzusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist es, einen methodischen Prozess zu entwickeln und anwendbar zu machen, der es erlaubt, ein Showcar effizienter entwickeln und herstellen zu können, damit ähnliche Projekte zukünftig davon profitieren. Hierzu werden zuerst die nötigen theoretischen Grundlagen erläutert. Danach werden mehrere Projekte als Referenz analysiert und bewertet. Schließlich folgt die Generierung eines allgemeinen und verbesserten Prozesses zur Showcarentwicklung.

Name of Student

Coskun Yenmez

Title of the paper

Development of a methodical development process for the implementation of a show car based on analyzes of the development process of the HCC21

Keywords

Showcar, development-process, HCC21

Abstract

The aim of this work is to develop and apply a methodical process that allows a showcar to be developed and manufactured more efficiently so that similar future projects can benefit from it. For this purpose, the necessary theoretical basics are first discussed. Then various projects are analyzed and evaluated as a reference. Finally, a general and improved process for the development of a showcar is generated.

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die zu dem Ergebnis dieser Arbeit beigetragen haben. Es war mir eine große Freude diese Bachelorarbeit in Zusammenarbeit mit der KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH verfassen zu dürfen. An dieser Stelle bedanke mich bei meinem Betreuer und Zweitprüfer Roman Heutger, der diese Arbeit mit bedeutendem Input begleitet hat. Des Weiteren bedanke ich mich bei meinem Erstprüfer Prof. Jan Friedhoff für seine Anregungen und konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit. Auch danke ich Peter Ranftl, der mir bei Modellbaufragen zur Seite stand und mich fortlaufend unterstützt hat.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einleitung.....	1
1.1 Vorstellung des Unternehmens KET	1
1.2 Vorstellung des HCC21	2
2 Aufgabenstellung.....	10
2.1 Motivation	10
2.2 Aufbau der Arbeit.....	11
3 Theoretische Grundlagen.....	12
3.1 Prozesse	12
3.2 Tools.....	17
3.3 Strak	19
3.4 Showcarentwicklungsprozesse.....	22
3.5 Zusammenfassung des Fragenkatalogs.....	23
4 Analyse ähnlicher Projekte	25
4.1 Projekt 1	26
4.2 Projekt 2	28
4.3 Projekt 3	30
5 Analyse des HCC21-Entwicklungsprozesses.....	32
5.1 Unterschiede zu Referenzprojekten	32
5.2 Ansprüche und Ziele.....	34
5.3 Inhaltliche Definition	35
5.4 Projektübersicht.....	41
5.5 Ablauf Exterieur-Vereinfachung.....	44
5.5.1 Türen.....	45
5.5.2 Front.....	47
5.5.3 Heck.....	49
5.5.4 Vermittlung zwischen Front und Heck.....	55
5.5.5 B-Säule	58

5.5.6	Modellbautechnische Umsetzung	61
5.5.6.1	Bauteilsegmente.....	61
5.5.6.2	Leichtbau / Laminier-Verfahren	66
5.5.6.3	B-Säule	69
5.5.6.4	Beschaffung/Fertigung	73
5.6	Kommunikation/ Datenaustausch	75
6	Bewertung des HCC21-Entwicklungsprozesses.....	77
6.1	Positive Aspekte.....	77
6.2	Negative Aspekte und Verbesserungsvorschläge	79
7	Methodischer Entwicklungsprozess	85
7.1	Vorbereitungsphase (Inputphase)	86
7.2	Entwicklungsprozess (Processing-Phase).....	98
7.2.1	Planung Entwicklungsprozess.....	98
7.2.2	Ablaufplan	99
7.2.3	Detailablaufpläne	108
7.2.3.1	Detailablaufplan 1.....	108
7.2.3.2	Detailablaufplan 2.....	113
7.3	Output.....	115
8	Fazit / Reflexion /Ausblick.....	116
	Quellenverzeichnis.....	XI
Anhang A:	Fragenkatalog.....	XVI
Anhang B:	Projekt 1 Ablaufplan.....	XXII
Anhang C:	Projekt 2 Ablaufplan.....	XXIII
Anhang D:	Projekt 3 Ablaufplan.....	XXIV
Anhang E:	Showcarentwicklungsprozess Ablaufplan	XXV
Anhang F:	Showcarentwicklungsprozess Detailablaufpläne	XXVI
	Selbstständigkeitserklärung	XXXII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Konzeptsteckbrief HCC21 Stand Juli 2019 [2].....	2
Abbildung 2: HCC21 Exterieur, Stand Juli 2019 [3].....	3
Abbildung 3: HCC21 Designparameter [4]	3
Abbildung 4: HCC21 Icon [5].....	4
Abbildung 5: Maßkonzept Interieur [9].....	5
Abbildung 6: HCC21: manuelles Fahren [11]	6
Abbildung 7: HCC21 Relaxen und Entertainment [12]	6
Abbildung 8: HCC21 Arbeiten [13]	7
Abbildung 9: HCC21 Exterieur Stand 15.01.2021	8
Abbildung 10: Alufix-Rahmen.....	9
Abbildung 11: IPO-Modell [17].....	12
Abbildung 12: Sequentieller Prozess [19].....	13
Abbildung 13: Simultaner Prozess [20]	13
Abbildung 14: Prozessarten [22]	14
Abbildung 15: Fahrzeugentwicklungsprozess [24]	15
Abbildung 16: Bewertung Verbesserungsvorhaben [29]	17
Abbildung 17: Eisenhower Matrix [30].....	17
Abbildung 18: Übergänge zwischen Kurvensegmenten [36].....	20
Abbildung 19: Anschlussqualitäten in Flächendarstellung [37].....	20
Abbildung 20: Qualitätsparameter Strakflächen [38]	21
Abbildung 21: Projekt 1 Ablaufplan [39]	26
Abbildung 22: Projekt 2 Ablaufplan [40]	28
Abbildung 23: Projekt 3 Ablaufplan [41]	30
Abbildung 24: Ausschnitt 1 aus Tabelle 2	39
Abbildung 25: Ausschnitt 2 aus Tabelle 2	39
Abbildung 26: Ausschnitt 3 aus Tabelle 2	39

Abbildung 27: HCC21-Konfigurator [45]	40
Abbildung 28: geschätzter Gesamtablaufplan HCC21 [46]	41
Abbildung 29 : Übersicht der Arbeiten am HCC21 [47]	43
Abbildung 30: Türen vorher/nachher	45
Abbildung 31: Fasenfuge	46
Abbildung 32: Übergang zur A- und D-Säule	46
Abbildung 33: Ursprüngliche Fahrzeugfront (Stand Juli 2019)	47
Abbildung 34: Überarbeitete Fahrzeugfront (Stand Juni 2020) [50]	48
Abbildung 35: Messefront.....	49
Abbildung 36: Ursprüngliches Fahrzeugheck (Stand Juli 2019).....	49
Abbildung 37: Vergleich Messefront und ursprüngliches Heck.....	50
Abbildung 38: Radlauf und Heckvarianten [51]	51
Abbildung 39: Optimierung Variante 2 [52].....	52
Abbildung 40: Optimierung vorderer Radlauf [53]	53
Abbildung 41: Fugen am Heck	54
Abbildung 42: Verbindung A- und D-Säule.....	55
Abbildung 43: Idee und Umsetzung der Durchgängigkeit	56
Abbildung 44: Dichtflansch	57
Abbildung 45: Zwischenstand Exterieur Oktober 2020.....	57
Abbildung 46: Konstruktionsstand B-Säule Mitte Oktober 2020.....	58
Abbildung 47: B-Säule im Umfeld (Seitenansicht).....	59
Abbildung 48: B-Säule im Umfeld (schräg)	59
Abbildung 49: Charakterlinie Vergleich	60
Abbildung 50: Bauteilsegmente des Showcars	61
Abbildung 51: Seitenwand hinten	62
Abbildung 52: Visualisierung Bauteiltrennwinkel	63
Abbildung 53: Bauteiltrennungen B-Säule Seitenansicht	65
Abbildung 54: Bauteiltrennungen B-Säule schräg vorne	65

Abbildung 55: HCC21 Dach	66
Abbildung 56: Laminier-Verfahren.....	67
Abbildung 57: Z-Schnitt B-Säule	69
Abbildung 58: B-Säule Aufbau	70
Abbildung 59: B-Säule Interieur Trennung	70
Abbildung 60: Aufteilung B-Säule Exterieur	71
Abbildung 61: Gesamtprozess Showcareentwicklung.....	85
Abbildung 62: Vorbereitungsphase Flussdiagramm	87
Abbildung 63: Priorisierungsmatrix.....	90
Abbildung 64: Einflüsse auf die Planung des Entwicklungsprozesses	92
Abbildung 65: Showcareentwicklungsprozess Ablaufplan.....	101
Abbildung 66: Showcareentwicklungsprozess Bereich 1	108
Abbildung 67: Showcareentwicklungsprozess Detailablaufplan 1: Loop 1	108
Abbildung 68: Showcareentwicklungsprozess Detailablaufplan 1: Loop 2	110
Abbildung 69: Showcareentwicklungsprozess Detailablaufplan 1: Loop 3	111
Abbildung 70: Showcareentwicklungsprozess Bereich 2	113
Abbildung 71: Showcareentwicklungsprozess Detailablaufplan 2: Teil 1	113
Abbildung 72: Showcareentwicklungsprozess Detailablaufplan 2: Teil 2	114

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Symbole Flussdiagramm [32]	18
Tabelle 2: Inhaltsübersicht [44].....	36
Tabelle 3: Zuordnungstabelle	90
Tabelle 4: Design- und Oberflächen-Bewertungsbogen	106

Abkürzungsverzeichnis

°	Grad
2D:	Zweidimensional
3D:	Dreidimensional
BFS:	Beifahrerseite
CAS:	Computer Aided Styling
CAX:	Computer Aided X (x ist ein Platzhalter)
EXT:	Exterieur
FS:	Frontscheibe
GD:	Generative Design
GH:	Grashopper
HAW	Hochschule für angewandte Wissenschaften
HCC21:	Hamburg Concept Car 2021
ICEM Surf:	Integrated Computer Aided Engineering and Manufacturing
INT:	Interieur
I-Tafel:	Instrumententafel
LS:	Lenksäule
mech.	mechanisch
Miko:	Mittelkonsole
MS:	Meilensteine
OEM:	Original Equipment Manufacturer
PaDa:	Panoramadach
PDC:	Park Distance Control
PEP:	Produktentstehungsprozess
UI:	User-Interface
SLS:	Selektives Lasersintern
SOP:	Start of Production
SS:	Sommersemester
SW:	Scheinwerfer
WS:	Wintersemester
VR:	Virtual Reality
VRED:	Virtual Reality Editor

1 Einleitung

1.1 Vorstellung des Unternehmens KET

„Die KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH ist ein mittelständisches Familienunternehmen mit Hauptsitz in München. KET zählt zu den führenden Entwicklungspartnern in der Automobilindustrie. Das Unternehmen steht seit 1986 seinen Kunden entlang des gesamten Entwicklungsprozesses zur Seite – insbesondere in den Bereichen Konzepte, Design, Konstruktion, Modell- und Prototypenbau, Projektmanagement sowie Fahrzeugauf- und Umrüstungen.“ [1] Des Weiteren ist das Unternehmen in den Bereichen Marine und Aerospace tätig.

Die Firma KET ist an dem HCC21-Projekt beteiligt und neben dem CAS Modelling einiger Bereiche auch für die Konstruktion und modellbautechnische Umsetzung des Showcars zuständig.

1.2 Vorstellung des HCC21

Seit dem Wintersemester 2016 wird am Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau an der HAW Hamburg im Rahmen von Lehrveranstaltungen ein Konzept für ein Elektrofahrzeug entwickelt. Dieses Konzept kombiniert großzügige Platzverhältnisse im Innenraum mit kompakten Außenmaßen und legt dabei einen weiteren Schwerpunkt auf autonomes Fahren sowie die damit verbundenen Möglichkeiten von Arbeiten oder Entspannen im Auto. Das Projekt wurde in verschiedenen Bachelor- und Masterkursen sowie Projektarbeiten stetig vorangetrieben und optimiert. Durch die Zunahme der Reife und Komplexität des Lehrprojektes war es möglich sämtliche Aufgabenstellungen wie z.B. Strukturberechnungen, Crashsimulationen etc. bearbeiten zu können. Studierende hatten hiermit die Möglichkeit ihr theoretisches Wissen in einem praxisnahen Projekt umzusetzen. Parallel entstand die Idee von der Umsetzung des Konzeptes als Showcar, welches die HAW anlässlich des 125-jährigen Jubiläums im Jahr 2021 der Wagenbauschule Hamburg entwickeln und ausstellen möchte – das **Hamburg Concept Car 2021** oder auch e-Co für **electric Comfort**.

Im Folgenden wird auf einige Details zum Konzept und zum Design eingegangen. Abbildung 1 zeigt den Konzeptsteckbrief, der jedes Semester erneut angepasst und optimiert wird. Das HCC21 stellt ein autonomes Level-4-Fahrzeug dar, welches 2025 eingeführt wird.

e-Co	
Mission:	„Focus on your needs“
Markt:	Europa, China
Volumen:	60.000 Einheiten p.a.
Markteinführung:	2025
Laufzeit:	7 Jahre
Einstiegspreis:	39.000 €
Automatisierungsgrad:	Level 4

<u>Karosserie</u>	<u>Antrieb und Fahrwerk</u>	<u>Fahrleistung und Verbrauch</u>
Karosserieform: MPV Türen: 5 Sitzplätze: 4 Kofferraum: ca 510 L Länge: 4321mm Breite: 1801mm Höhe: 1639mm Radstand: 2900 mm Überhang v/h: 765/656 mm	Antrieb: 1x PSM, Frontmotor Leistung: 155 kWh Getriebe: feste Übersetzung Batterie: Li-Ion V1: 120 kWh V2: 60 kWh Achse vorne: McPherson Achse hinten: Mehrlenker Räder: 225/50R18 99T (Ø 705 mm) Wendekreis: 11,0 m	v_{max}: 180 km/h Max. Drehmoment: ca 350 Nm Verbrauch (WLTP): V1: 21,36kWh/100km V2: 20,19kWh/100km Reichweite (WLTP): V1: 660km V2:352km Leergewicht: 2150kg/2510kg zul. Gesamtgewicht: max. 2.840 kg

Abbildung 1: Konzeptsteckbrief HCC21 Stand Juli 2019 [2]

In Abbildung 2 ist der Exterieur-Stand des HCC21 zu sehen, welcher während der Bachelor-Strak-Vorlesung im SS2019 entstanden ist. Dieser stellt eine Überarbeitung in Bezug auf das Design gegenüber dem vorherigen Semester dar. Auf die Historie vor diesem Stand mit all seinen Ideen und Änderungen wird an dieser Stelle nicht eingegangen, weil diese für den Showcarentwicklungsprozess nicht relevant sind.

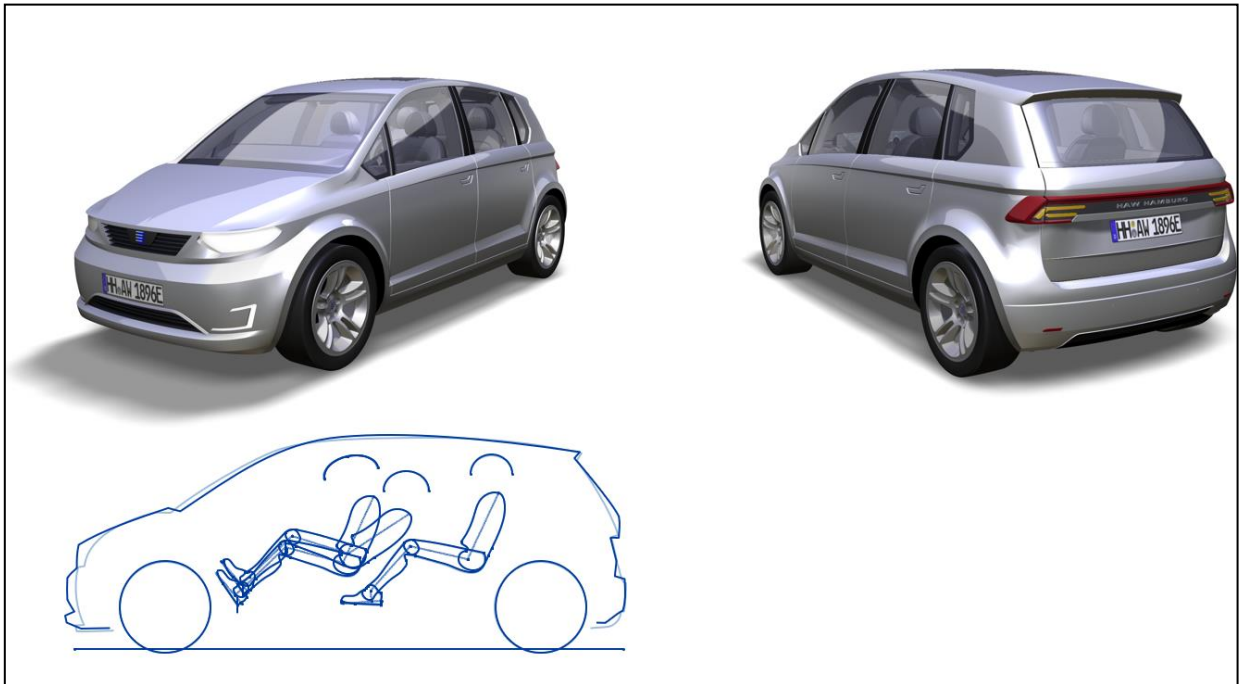


Abbildung 2: HCC21 Exterieur, Stand Juli 2019 [3]

Das Exterieur des HCC21 hat sich im Laufe der Zeit immer wieder verändert.

Die Ansprüche an das Exterieur sind allgemein ein relativ dezentes, ruhiges, modernes sowie komfortables Erscheinungsbild. Weitere Designanforderungen sind in Abbildung 3 zu sehen.

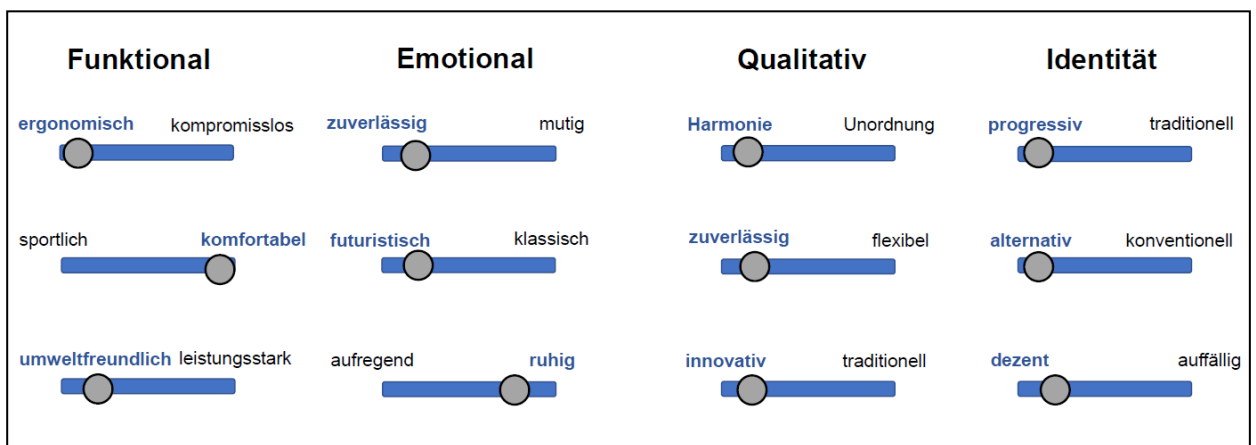


Abbildung 3: HCC21 Designparameter [4]

Als weiterer Input für das Design wurde ein Icon entwickelt (Abbildung 4). Ziel war es hierbei, eine in sich stimmige Formsprache zu entwickeln, indem das Icon oder Teilelemente des Icons im Exterieur und Interieur integriert werden. Beispiele für die Umsetzung am HCC21 sind unter anderem das Lenkrad, die Türinnenverkleidung und das Rücklicht.

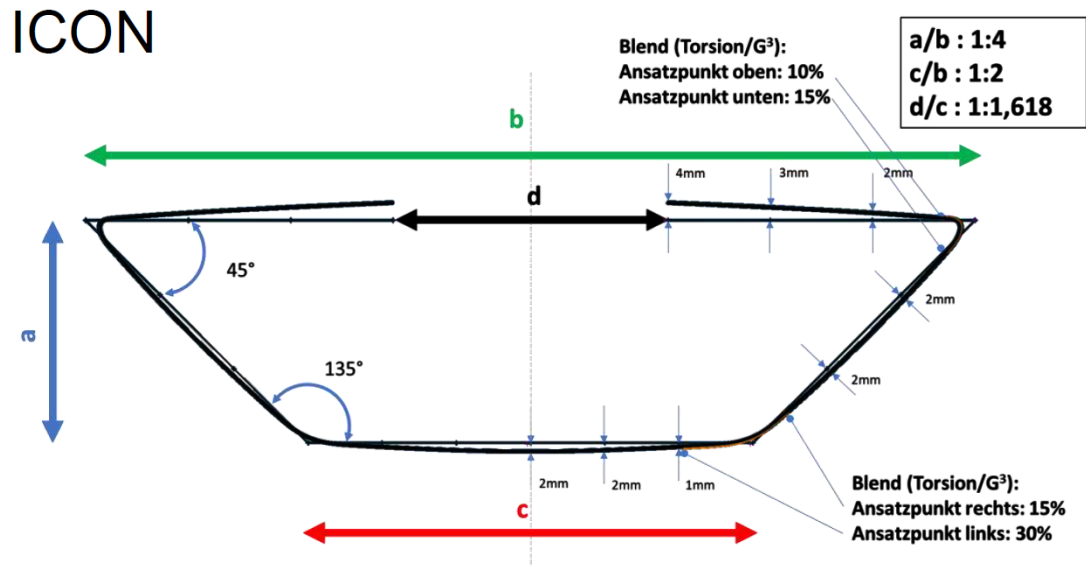


Abbildung 4: HCC21 Icon [5]

Eine Besonderheit des HCC21, auf die viel Wert gelegt wurde, ist der relativ große Innenraum im Verhältnis zur Fahrzeuglänge. Dies ist durch den E-Antrieb möglich, welcher im Vergleich zum Verbrennungsmotor weniger Platz einnimmt, sodass das Package für das Fahrzeug anders entwickelt werden kann. In Abbildung 5 sind verschiedene Fahrzeuge inklusive des e-Co dargestellt. Auf der X-Achse ist das L50-2-Maß (Abstand der Sitzreferenzpunkte zwischen erster und zweiter Sitzreihe in Längsrichtung) [6] und in der Y-Achse das L103-Maß (Fahrzeuglänge) [7] zu sehen. Der e-Co hat mehr Platz im Innenraum als die Mercedes-Benz S-Klasse bei deutlich geringerer Fahrzeuglänge, bei welcher er mit einem VW Golf VIII (4284mm) zu vergleichen ist. [8]

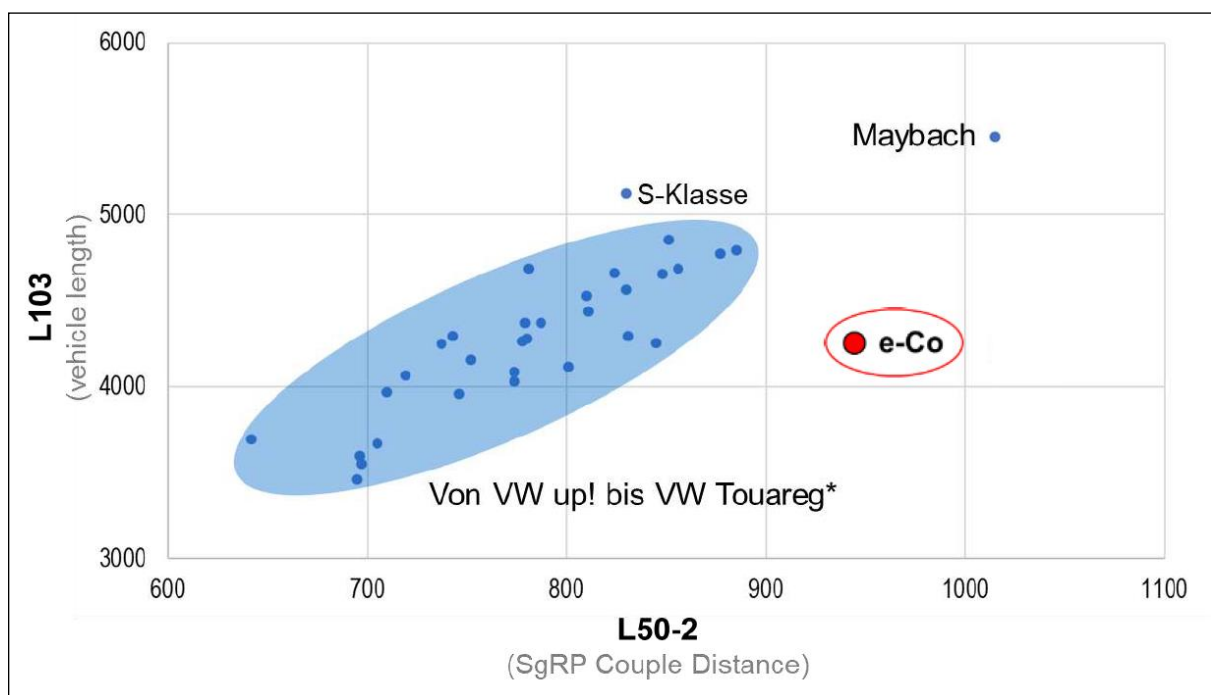


Abbildung 5: Maßkonzept Interieur [9]

Aufgrund des großen Innenraumes und der Möglichkeit des autonomen Fahrens auf Level 4 besteht die Option, verschiedene Modi auszuwählen, welche entwickelt wurden, um das Fahrerlebnis zu steigern und sich anderweitig zu beschäftigen. Level 4 autonom bedeutet, dass kein Fahrer im spezifischen Anwendungsfall erforderlich ist. Anwendungsfälle beinhalten bestimmte Straßentypen, Geschwindigkeitsbereiche und Umfeldbedingungen. [10]

Folgende Screenshots zeigen den Interieur-Stand von Juli 2019, der auch aus Lehrveranstaltungen hervorgegangen ist. Ziel ist hier nur das Aufzeigen der Konzepte.

1) Manuelles Fahren

Der Sitz befindet sich in aufrechter Position, damit der Fahrer das Fahrzeug manuell steuern kann.



Abbildung 6: HCC21: manuelles Fahren [11]

2) Relaxen und Entertainment

Der Sitz befindet sich in einer Low-Gravity-Position, damit der Fahrer entspannen kann. In dieser Position befindet sich die Rückenlehne weiter hinten und die Unterschenkel weiter oben. Dies sorgt für einen hohen Komfort durch eine gleichmäßigere Druckverteilung zwischen Körper und Sitz. Die Monitore an den Sonnenblenden (Skyscreens) können ausgefahren und beispielsweise dafür genutzt werden, sich Filme anzusehen. Das Lenkrad fährt ein, um die Kniefreiheit zu erhöhen. Außerdem existiert ein ausfahrbares und ein festes Touch-Display in der Mittelkonsole.



Abbildung 7: HCC21 Relaxen und Entertainment [12]

3) Arbeiten

Der Arbeitsmodus bezieht sich auf den Beifahrer, welcher die Möglichkeit hat eine Tastatur auszuklappen und beispielsweise bestimmte Office-Anwendungen zu nutzen.



Abbildung 8: HCC21 Arbeiten [13]

Die Displays sind untereinander vernetzt und durch Touch steuerbar. Ein Bedienkonzept hierfür ist als Projektarbeit an der Hochschule entstanden. Eine reduzierte Variante für das Showcar wurde hochschulseitig ebenfalls erstellt. Für die Umsetzung der elektronischen Komponenten ist die Firma Usaneers verantwortlich.

Der Exterieurstand in Abbildung 2 ist der Ausgangspunkt für die Transformation zum Messemodell, welches in Abbildung 9 zu sehen ist. Mit Transformation ist der Prozess der hochschulseitigen Strakidee eines Serienfahrzeuges zu einem im Modellbau herstellbaren Showcar gemeint. Da es zu kostenintensiv und aufwändig ist, ein Serienfahrzeug abzubilden, erfolgt eine Konzentration auf bestimmte Schwerpunkte. Bei der Umwandlung stellte sich die Frage, welche Konzepte kommuniziert werden sollen bzw. essentiell für die Idee des e-Co und zudem finanziell umsetzbar sind. Zu erwähnen ist hierbei, dass das Projekt dem Interieur eine größere Rolle beimisst als dem Exterieur.

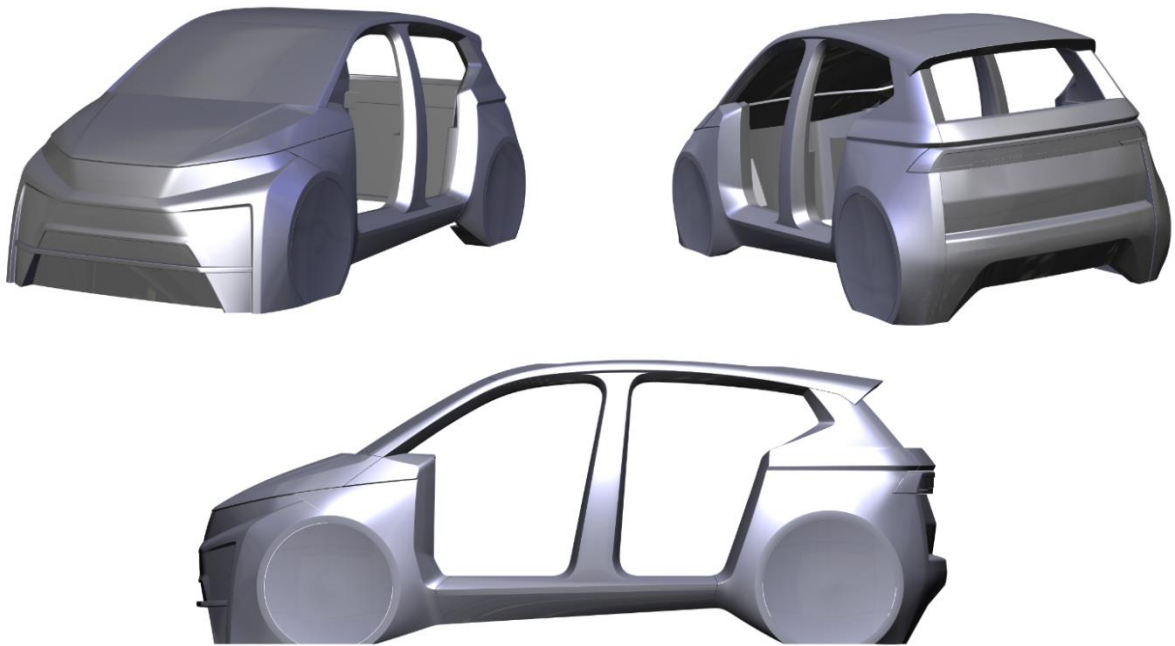


Abbildung 9: HCC21 Exterieur Stand 15.01.2021

Das Exterieur versucht, mehr die Ideen und Konzepte des Interieurs, welche das Fahrzeug ausmachen, aufzugreifen und wird vereinfacht dargestellt. Der neue Exterieur-Stand hat eine eher skulpturartige Karosserie. Mit Skulptur ist gemeint, dass der Detaillierungsgrad der Karosserie reduziert wird. Erkennbar ist die Silhouette eines Fahrzeuges, jedoch fehlen sämtliche Merkmale eines Autos. Am Beispiel des HCC21 sind dies unter anderem Räder, Felgen, Grill, Scheinwerfer, Scheiben, Fenster und Türen.

Das Fahrzeug besteht demnach nicht aus vielen funktionalen Bauteilen, sondern aus großen gefrästen Ureol-Blöcken, welche an einem Aluminium-Rahmen (Abbildung 10) befestigt werden. Die wichtigen Transformationsschritte werden in Kapitel 5.5 detailliert beschrieben.

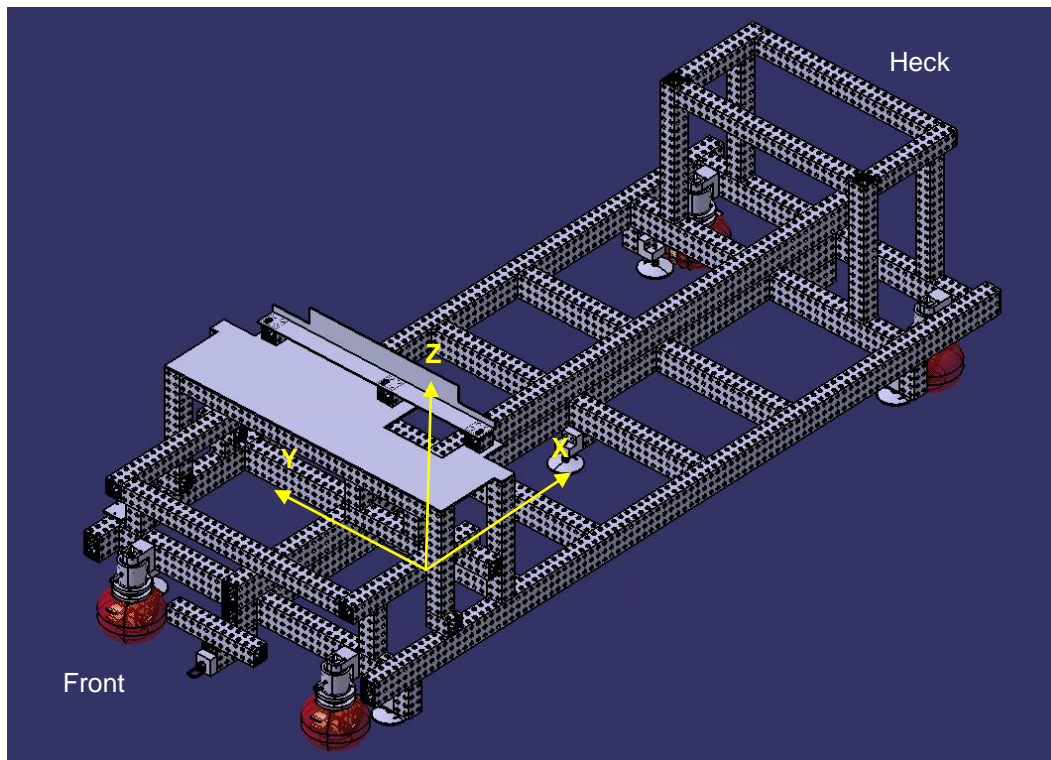


Abbildung 10: Alufix-Rahmen

Am Rahmen sind vier in der Höhe hydraulisch verstellbare Lenkrollen befestigt (rot dargestellt), welche zum Transport des Rahmens bzw. des Showcars dienen. Der Rahmen und der äußere Teil der B-Säule werden von der Firma Witte hergestellt. Die Konzepte für die Umsetzung der Low-Gravity-Sitze, des einfahrbaren Lenkrades der Mittelkonsole und der Beifahrertastatur für das Showcar werden in der Konstruktionsabteilung der Firma KET entwickelt. Zuvor erfolgten diese als studentische Arbeiten an der HAW.

Neben dem Hardware-Messemodell sind zwei VR-Modelle mit VRED geplant. Ein Modell ist ein virtueller Prototyp, welcher das Serienfahrzeug repräsentieren soll (mit Türen und konventionellen Autoreifen). Der virtuelle Prototyp dient an der Hochschule als Zweck für verschiedene Lehrveranstaltungen. Das andere Modell ist ein Showcaräquivalent, welches das Hardware-Modell digital repräsentiert.

Zusammengefasst sind neben der HAW drei Unternehmen an der Umsetzung des Showcars beteiligt:

Leitung, Konzept & Design: HAW Hamburg

Alufix-Rahmenstruktur: Witte Barskamp KG Bleckede

Modellbau, Engineeringsupport: KET GmbH München

Digitalfunktionalität: Usaneers GmbH München [14]

2 Aufgabenstellung

2.1 Motivation

In der Industrie ist neben der Erreichung der Projektziele auch ein reibungsloser, stressarmer und einfacher Projektdurchlauf von Bedeutung. Ebenso wichtig ist es, die Entwicklungszeit und die Entwicklungskosten möglichst gering zu halten, um für steigende Anforderungen gewappnet zu sein und im Wettbewerb zu bestehen. Hierzu ist es notwendig, Fehlerquellen im Entwicklungsprozess aufzuspüren sowie zu beseitigen und den Prozess dadurch stetig zu verbessern.

Bei einer Showcarentwicklung ist jedes Projekt individuell. Deshalb ist es schwierig, einen allgemeinen Prozess daraus abzuleiten. Jedoch besteht der Wunsch, durch Prozessanalysen einen Ablauf identifizieren zu können, um es einer Bewertung und Optimierung zugänglich zu machen. Eine Verbesserung bestehender Showcarprozesse könnte den zeitlichen und kostenbezogenen Aufwand reduzieren und dadurch diesen Dienstleistungsbereich für die zukünftige Projekte voranbringen.

“Präzise zu planen, kostet in der Regel auch nicht mehr Energie, als träumen, wünschen und hoffen.” Henry Cohen, britischer Arzt [15]

2.2 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn werden einige theoretische Grundlagen erläutert. Hierzu gehören die Definitionen von Prozessen, Prozessarten und Prozessmodellierungstools. Der Bereich Strak wird ebenfalls erläutert, um dieses Wissen später zur Entwicklung eines Oberflächenbewertungsbogens nutzen zu können. Anschließend wird auf allgemeine Fahrzeugentwicklungsprozesse in der Serienentwicklung und auf Showcarentwicklungsprozesse eingegangen. Zur Showcarentwicklung wird zusätzlich ein Fragenkatalog ausgearbeitet, mit dessen Hilfe KET-Mitarbeiter interviewt werden, um zusätzliche Erkenntnisse zu gewinnen. Danach werden vergangene KET-Projekte analysiert. Auf dieser Basis wird versucht, Abläufe und Methoden im Prozess zu identifizieren. Als Haupt-Referenzprojekt wird das HCC21-Projekt näher betrachtet. Der Fokus liegt dabei auf der Analyse und der anschließenden Bewertung zur Identifizierung entsprechender Optimierungspotentiale, aus denen Verbesserungsvorschläge abgeleitet werden.

Der Transformationsprozess des hochschulseitigen Fahrzeugkonzeptes zum Showcarkonzept auf Grundlage der inhaltlichen Definition des Showcars, wird in besonderem Maße untersucht. Hierbei wird vor allem die modellbautechnische Umsetzung aus der Sicht der Geometrieänderung beschrieben. Auf dieser Grundlage wird ein optimierter Showcarentwicklungsprozess generiert. Abschließend folgt eine Reflexion der Arbeitsergebnisse und der Ausblick auf mögliche ähnliche Projekte in der Zukunft.

3 Theoretische Grundlagen

3.1 Prozesse

Unter einem Prozess versteht man eine Abfolge von logisch verbundenen Aktivitäten, welche von den Beteiligten nach bestimmten Regeln durchgeführt werden und einen messbaren Nutzen bringen. [16]

Somit bezeichnet ein Entwicklungsprozess eine Abfolge einzelner Entwicklungsschritte. Allgemein lässt sich ein Entwicklungsprozess bzw. Fahrzeugentwicklungsprozess in Eingabe (Input), Verarbeitung (Processing) und Ausgabe (Output) unterteilen – auch kurz IPO-Modell genannt (Abbildung 11).

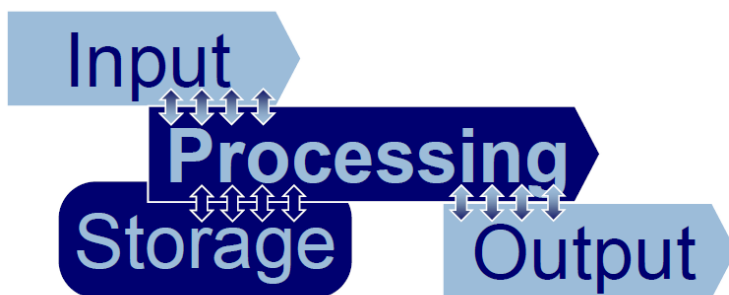


Abbildung 11: IPO-Modell [17]

In einem Entwicklungsprozess können als Eingangsgröße (Input) der Entwicklungsauftrag und bestimmte Randbedingungen wie Budget und Zeitraum definiert sein. Der Verarbeitungsprozess (Processing) beinhaltet das Umsetzen des Auftrages. Storage steht hierbei für Speicher. Die Zwischenergebnisse des Verarbeitungsprozesses werden „gespeichert“ und je nach Bedarf und Entwicklungsschleife wieder abgerufen und mit der Entwicklung fortgeföhren. Als Ausgabe (Output) erhält man das Endprodukt, das alle Anforderungen erfüllt.

[18]

Des Weiteren sollte zwischen sequentiellen und simultanen Prozessen unterschieden werden.

Bei einem sequentiellen Prozess (Abbildung 12) erledigt jeder Bereich seine Aufgabe vollständig, bevor er seinen Output an den nächsten Bereich übergibt. Der Vorteil dieser Methode ist ein leicht überschaubarer Prozess. Nachteilig ist dabei hingegen die lange Entwicklungszeit.

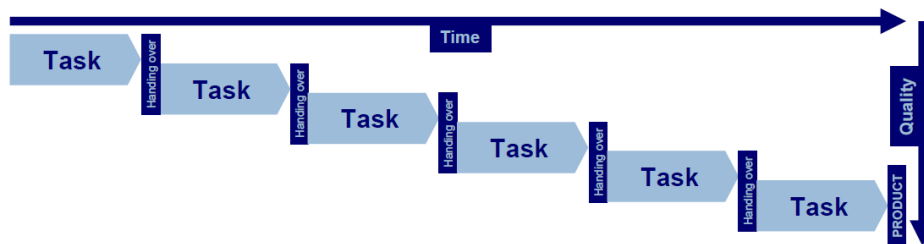


Abbildung 12: Sequentieller Prozess [19]

Ein simultaner Prozess (Abbildung 13) enthält zeitliche Überschneidungen der Bereiche. So wird beispielsweise bereits vor der kompletten Beendigung der Aufgabe eines Bereiches der Output weitergegeben, sobald die nötigen Informationen zum Beginnen der Aufgabe für den nächsten Bereich vorhanden sind. Vorteilhaft bei dieser Methode ist die Verkürzung der Entwicklungszeit. Nachteilig ist hierbei hingegen ein weniger überschaubarer Prozess, welcher mehr Kontrolle und Abstimmung erfordert.

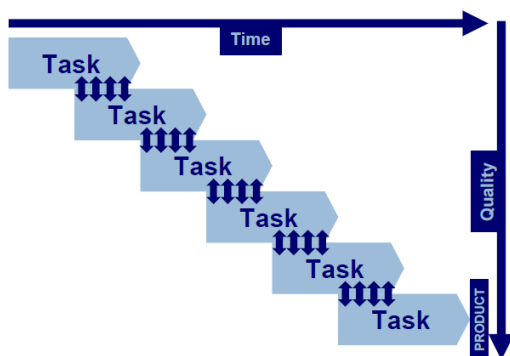


Abbildung 13: Simultaner Prozess [20]

Die detaillierten Prozesspläne sind unternehmensinterne und vertrauliche Information. Im Folgenden werden deshalb nur allgemeine Vorgehensweisen vereinfacht und schematisch dargestellt.

Prozessarten

Allgemein lassen sich Prozesse in einem Unternehmen wie in Abbildung 14 dargestellt aufteilen.

„Zu den Kernprozessen zählen alle Aktivitäten, Entscheidungen, Informationen und Materialflüsse, die maßgeblich zum Unternehmenserfolg beitragen und bedeutsam für den Aufbau von Wettbewerbsvorteilen sind (Kaplan et al. 1991, S. 28; Osterloh und Frost 2006, S. 36). [...] Wahrnehmbarer Kundennutzen: Die Prozesse stiften den Kunden einen wahrnehmbaren Nutzen, für den diese zu zahlen bereit sind.“ [21]

Ein Entwicklungsprozess könnte als Kernprozess definiert werden, da hierbei die Leistungserstellung, also die Umsetzung der Kundenaufträge läuft.

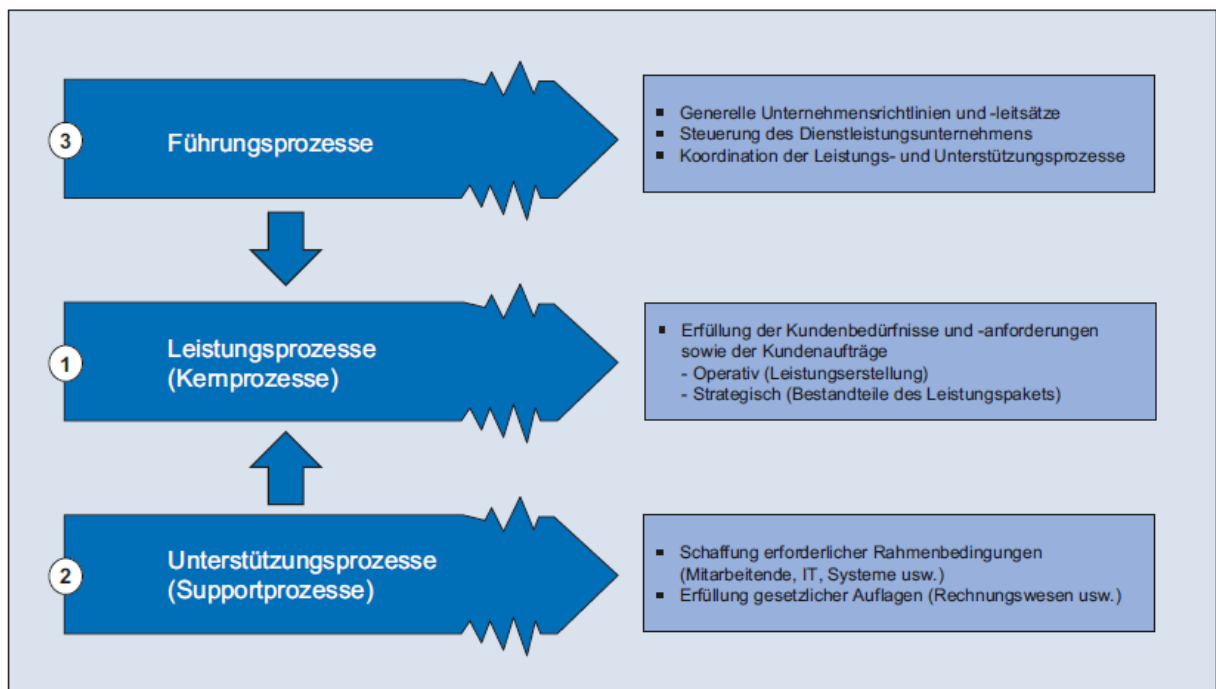


Abbildung 14: Prozessarten [22]

„Die Supportprozesse nehmen unterstützende Aufgaben wahr mit dem Ziel, die Kernprozesse zu entlasten (Osterloh und Frost 2006; Ahlrichs und Knuppertz 2010). Diese generieren keinen direkten Mehrwert für den Kunden und tragen im Gegensatz zu den Leistungsprozessen nicht direkt zur Umsetzung der Kernkompetenzen bei.“ [23] Ein Beispiel für ein Unterstützungsprozess aus dem Fahrzeugentwicklungsprozess ist die IT-Abteilung mit der Verwaltung von CAD-Software-Lizenzen.

Serienfahrzeugentwicklungsprozess

Im Ablaufplan in Abbildung 15 sind die 7 Bereiche zu sehen, die in einen Fahrzeugentwicklungsprozess eingebunden sind: Konzeptentwicklung (Concept), Design (Styling), Strak (Class A surfacing), Konstruktion (Part design), Simulation, Bau (Building) und Erprobung (Testing). Das IPO-Modell lässt sich auf jeden einzelnen dieser Bereiche anwenden. Jeder Bereich bekommt jeweils einen Input, besitzt einen Verarbeitungsprozess und gibt einen Output zu einer oder mehreren anderen Abteilungen weiter. Genauso kann aber auch der gesamte Prozess mit diesem Modell beschrieben werden: Zu Beginn liegt ein Input vor, die darauffolgenden 7 Bereiche stellen das Processing dar und das fertige Ergebnis entspricht dem Output. Man sieht auch, dass die Bereiche durch die zusätzliche Einteilung in Leader und Supporter eng zusammenarbeiten und vernetzt sind. In der Zeile Gateways sind zeitlich die eingeplanten Meilensteine im Prozess gekennzeichnet.

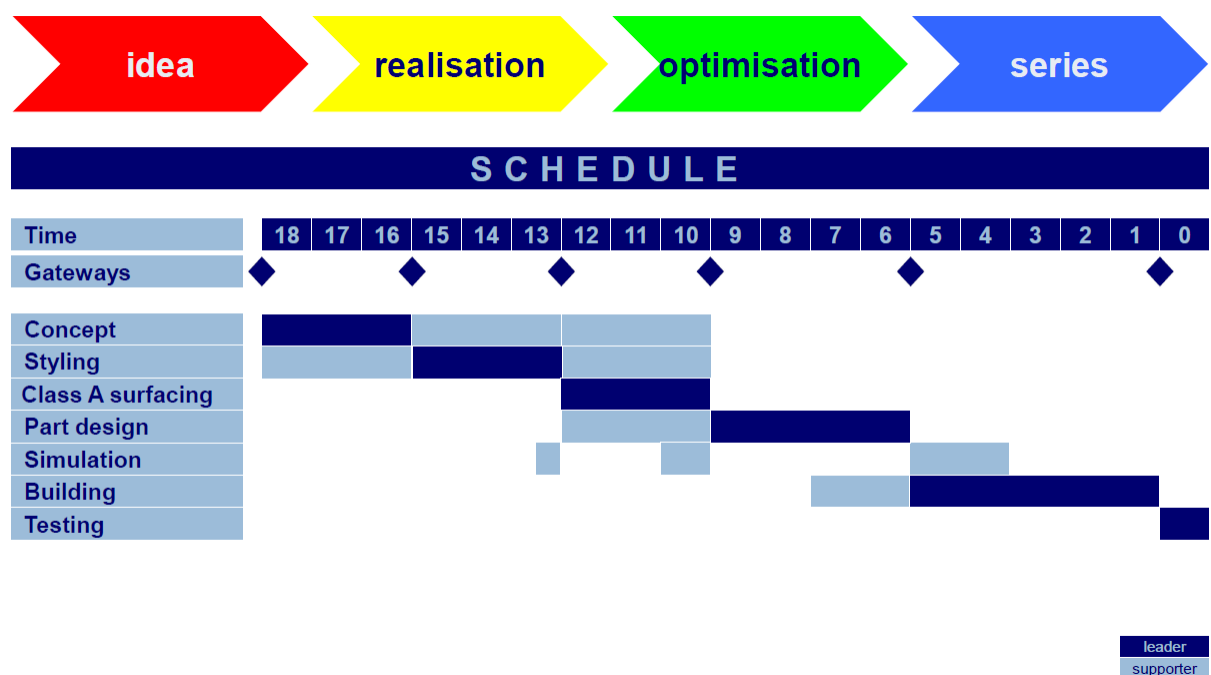


Abbildung 15: Fahrzeugentwicklungsprozess [24]

Die einzelnen Bereiche lassen sich verkürzt wie folgt zusammenfassen:

- Konzeptentwicklung: Fahrzeugdefinition wie z.B. Antriebsart, Aufbauart, Maßdefinitionen etc.
- Design: Fahrzeuggestaltung in Form von Skizzen, Hardwaremodellen und virtuellen Modellen
- Strak: Vereinen der Designintention und technischen Anforderungen

- Konstruktion: Erstellen von Bauteilen und Baugruppen
- Simulation: Virtuelle Erprobung des Fahrzeuges
- Bau: Produktion des Fahrzeuges
- Erprobung: Testen des Hardware-Autos

[25]

Frontloading

„Ein modifizierter Fahrzeugentwicklungsprozess mit stärkerer Gewichtung der frühen Phasen reduziert das Planungsrisiko durch eine starke Verkürzung der Entwicklungszeit.“ [26] (Gessner, 2001, zitiert nach Hab, Gerhard / Wagner, Reinhard, 2010).

„Dies wird durch die weitgehende Parallelisierung der Entwicklungsprozesse und den (fast) gleichzeitigen Start aller produktdefinierenden Teilprozesse zu Beginn der Projektvorbereitung erreicht.“

[...]

„Ziel des parallelisierten Produktentstehungsprozesses ist daher, bereits in der frühen Phase möglichst großes Produktwissen zu schaffen und gleichzeitig die Entscheidungszeitpunkte so spät wie möglich im Prozess - nahe an den Serienanlauf - zu legen. Dieser Ansatz wird in der Automobilindustrie unter dem Begriff „Frontloading“ diskutiert. Zur Erhöhung der Entscheidungsbasis in der frühen Phase sollten so viele alternative Lösungsvorschläge wie möglich untersucht werden (Simulation und virtuelle Absicherung). Dies führt zu fundierteren Entscheidungen, da die Auswirkungen einer Entscheidung auf das Gesamtkonzept besser untersucht und abgeschätzt werden können. Damit reduziert sich auch die Anzahl der notwendigen Änderungsschleifen.“ [27]

Diese Idee der Vorverlagerung wird in Kapitel 7.2 bei der Entwicklung des Showcarentwicklungsprozesses berücksichtigt.

3.2 Tools

Im Folgenden werden einige Prozesstools vorgestellt, die im Laufe der Arbeit Verwendung finden.

Eisenhower-Matrix

„Die Eisenhower-Matrix wird zur Priorisierung von anstehenden Aufgaben und Tätigkeiten eingesetzt. Die visuelle Darstellung ermöglicht dabei einen raschen Überblick“.

[...]

„Anstehende Aufgaben und Tätigkeiten werden nach den Kriterien „Wichtigkeit“ und „Dringlichkeit“ bewertet und in einem Raster eingetragen. Dadurch lässt sich einfach einschätzen, welche der anstehenden Aufgaben und Tätigkeiten priorisiert angegangen werden müssen und welche weniger dringend zu erledigen sind. Im Verbesserungsmanagement wird das Tool verwendet, um zuvor gesammelte Verbesserungsvorhaben nach Wichtigkeit und Dringlichkeit zu beurteilen und entsprechend zu priorisieren.“ [28]

Vorhaben	Beschrieb	Wichtigkeit	Dringlichkeit
1	Planungstools vereinfachen und standardisieren	5	4
2	Standardisierung Produktebeschriebe für Versand	4	2
3	Bestellung internes Büromaterial vereinfachen	2	2
4	Online Kunden-Bestellprozess vereinfachen	6	5

Abbildung 16: Bewertung Verbesserungsvorhaben [29]

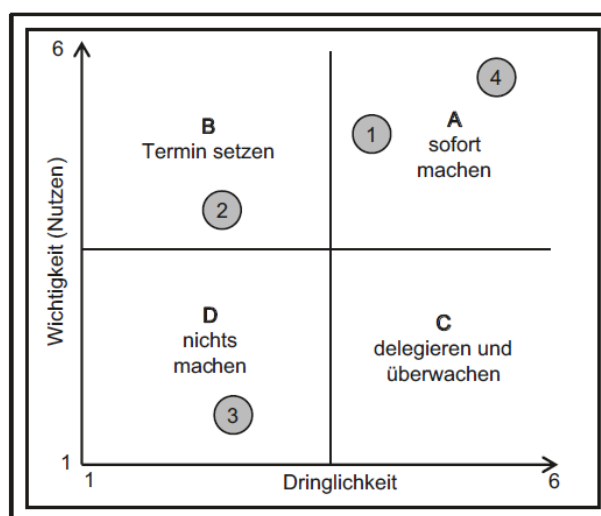


Abbildung 17: Eisenhower Matrix [30]

Flussdiagramm

Für die Prozessmodellierung in Kapitel 7 wird unter anderem ein Flussdiagramm verwendet, dessen Bestandteile an dieser Stelle eingeführt werden.

„Das Flussdiagramm, auch Flow Chart genannt, stellt bildhaft die Schritte eines Prozesses oder eines Ablaufes dar. [...] Es dient der Gewinnung eines detaillierten Verständnisses, wie ein Prozess tatsächlich arbeitet, d.h. in welcher Weise die unterschiedlichen Schritte in einem Prozess miteinander in Beziehung stehen.“ [31]

Folgende Symbole werden hierzu verwendet:

Symbol	Bedeutung
	Start / Ende
	Entscheidung
	Prozess / Vorgang
	Informationsfluss

Tabelle 1: Symbole Flussdiagramm [32]

3.3 Strak

Da ein Großteil des HCC21-Prozesses das Oberflächenmodellierung beinhaltet, wird an dieser Stelle aus theoretischer Perspektive darauf eingegangen. Des Weiteren wird dieses Wissen verwendet um die Grundlagen für einen Bewertungsbogen als Prozesstool zu generieren, der in bestimmte Bereiche des Entwicklungsprozesses integriert wird.

Der Begriff Strak stammt aus dem Bootsbau und steht dort für glatt gespannte Formen der Beplankung und wurde später übernommen für den Flugzeug- und Fahrzeugbau. [33]. In diesen Bereichen beschreibt es die mathematische Abbildung glatter Freiformflächen im CAD. [34]

Die Qualitäten von Freiformflächen im CAD lassen sich nach der ästhetischen Relevanz wie folgt klassifizieren:

Class A

Alle Oberflächen des Exterieurs oder Interieurs, die für Kunden bzw. Passagiere sichtbar sind. (z.B. Motorhaube, Scheinwerfer, Cockpit, Interieur-/Kabinenverkleidung, Sitze)

Class B

Alle Oberflächen des Fahrzeuges oder Flugzeuges, die in bestimmten Funktionsstellungen sichtbar sind: („Grauzonen“, z.B. Flansch-/ Dichtungs- / Schließbereiche in Türen, Innenleben Staufächer, Motordesignabdeckung.)

Class C

Alle Oberflächen, die nicht im Kunden-/Passagiersichtbereich sind (z.B. Verstärkungsstrukturen Rohbau, Ölwanne, Trägerstrukturen.)

[35]

Nach dieser Definition sind somit bei der Showcareentwicklung die sichtbaren Flächen im Exterieur und Interieur ebenfalls Class-A-Flächen, die gewisse Anforderungen erfüllen müssen.

Hierzu zählen unter anderem die Übergänge zwischen zwei Kurvenegmenten (Abbildung 18). In der Krümmungsanalyse des Class A-Anschlusses, ist zu erkennen, dass die Grundkurven bereits eine Krümmung besitzen, die zum Radius hin zunehmen. Hierdurch entsteht ein harmonischer Übergang, bei dem die Segmentengrenzen nicht eindeutig zu erkennen sind. Übergänge solcher Art sind anzustreben.

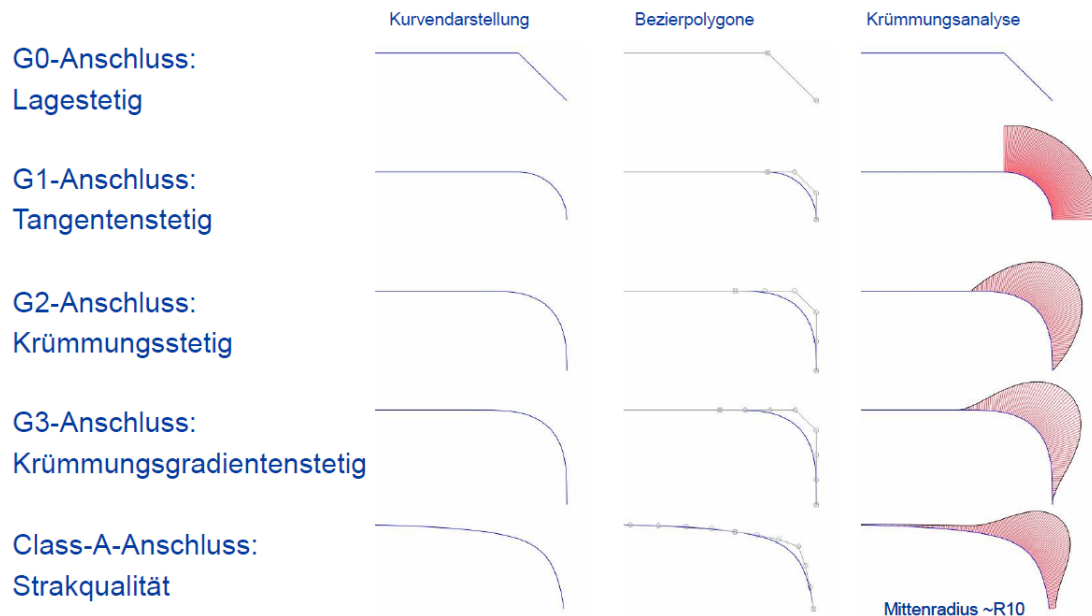


Abbildung 18: Übergänge zwischen Kurvensegmenten [36]

Die gezeigten Kurven sind in Abbildung 19 als Flächen dargestellt. Die Highlightdarstellung ist unter anderem ein Bewertungsparameter für Flächen.

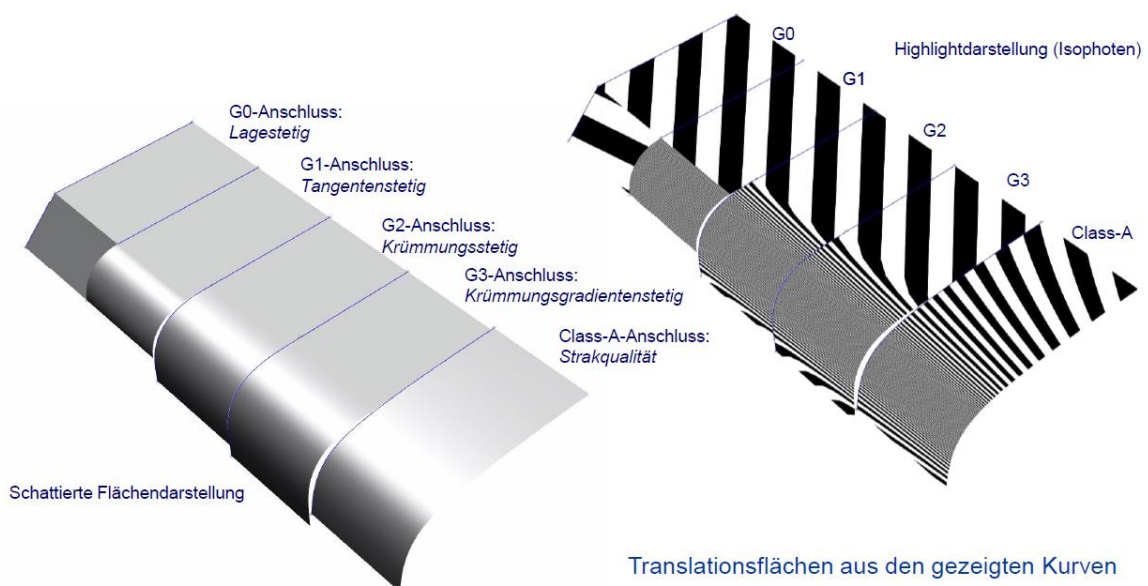


Abbildung 19: Anschlussqualitäten in Flächendarstellung [37]

Die Bewertung von Strakflächen kann wie folgt in Qualitätsparameter eingeteilt werden.

Formcharakter

- Designintention umgesetzt
- Formleitlinien umgesetzt
- Formleitlinien aufeinander abgestimmt

Flächenverbindung

- Anschlussqualität
- Symmetrien
- Krümmungsverläufe
- Lichtverläufe

Geometrie

- Einhaltung von Designvorgabe
- Einhaltung von Technikvorgabe
- Gesetzesvorgaben

Datenstruktur

- Teil & Molekülstruktur
- Farb- und Materialgebung
- Dateistruktur
- Dateninhalt

Flächenaufbau & -struktur

- Lage Flächentrennungen
- Flächenanzahl
- Flächenkomplexität (Ordnung)
- gleichmäßiges Polygonbild
- Theoriemodell – formal modifizierbar

Abbildung 20: Qualitätsparameter Strakflächen [38]

Je nach Phase im Projekt könnte der Bewertungsbogen angepasst werden. In der frühen CAS-Phase beispielsweise, in der es noch um die allgemeine Gestaltung geht, spielt die Designbewertung eine wichtigere Rolle als die Bewertung der technischen Umsetzung. Die Bedeutung des Aspektes Datenstruktur ist hingegen in jeder Phase gleich. Ebenso lassen sich die in Abbildung 20 beschriebenen Qualitätsparameter weiter aufteilen und konkretisieren.

3.4 Showcareentwicklungsprozesse

Als Showcar wird eine Einzelfertigung eines Fahrzeuges bezeichnet, welche dazu dient, auf Messen oder Ausstellungen präsentiert zu werden. Gründe für solch eine Präsentation sind vielfältig und hängen von der Intention und vom Ziel der Entwicklung des Showcars ab. Oft liegt der Fokus auf dem Design und/oder der Repräsentation der Arbeit des Unternehmens. Auch kann gezielt Messefeedback ausgewertet werden, um dieses in zukünftige Produktplanungen einfließen zu lassen. Die gezeigten Features sind oft keine voll ausgereiften technischen Entwicklungen, wie sie in Serienfahrzeugen erst nach langjähriger Arbeit vorliegen, sondern können auch nur Ideen und Ansätze darstellen. Zudem existieren oft mehr Freiheiten bei der Design- und Formfindung.

Eine Showcareentwicklung ist deshalb im Vergleich zu einer Serienfahrzeugentwicklung weniger komplex. Das Modell dient zu Demonstrationszwecken und enthält somit nur bestimmte Features, die man kommunizieren möchte. Konzepte können auch nur angedeutet werden, ohne dass sie wirklich funktionieren müssen. Aspekte wie Crashesicherheit, Kraftstoffverbrauch und Einhaltung gesetzlicher Vorgaben etc. können projektabhängig vernachlässigt werden.

Die in Abbildung 13 dargestellten Bereiche können alle in der Showcareentwicklung vorhanden sein, kommen dann aber in showcarspezifischer Form vor. Die Bereiche Konzeptentwicklung, Design und Strak besitzen weniger Restriktionen als in der Serienfahrzeugentwicklung und bei Zielkonflikten lassen sich einfacher Kompromisse finden. Die Konstruktion ist auf die fertigungstechnischen Ansprüche und Möglichkeiten im Modellbau ausgelegt. Die Simulation und das Testen geschieht beim Showcar eher an Funktionalen Komponenten wie beispielsweise Elektroniken, Kinematiken etc.

Der Aspekt Leichtbau beispielsweise spielt bei Serienfahrzeugen eine Rolle, um das Gewicht und somit den Kraftstoffverbrauch bei Verbrennungsmotoren zu reduzieren und die Reichweite bei Elektroautos zu erhöhen. Bei Showcars wird Leichtbau vor allem an beweglichen Bauteilen betrieben und um die Lasten an kritischen Stellen zu reduzieren. Beispiele hierzu werden am HCC21 in Kapitel 5.5 erläutert.

Da ein Showcar eine Einzelfertigung ist, sind die Kosten auf ein Fahrzeug betrachtet höher im Vergleich zu einem Fahrzeug, das in einer Massenanfertigung entstanden ist, da dort Investitionen mit hohen Stückzahlen bei der Produktion wieder ausgeglichen werden.

Zu Showcars bzw. Showcarprozessen findet sich keine Literatur. Die Informationen und Erkenntnisse, die hier beschrieben wurden, sind vom Verfasser dieser Bachelorarbeit im Laufe der Zeit als Praktikant und Bachelorant bei KET zusammengetragen worden. Um diesbezüglich weiteres Wissen zu generieren, wurde ein Fragenkatalog erstellt, welcher in Form von Interviews mit KET-Mitarbeitern durchgeführt wurde (Anhang A).

3.5 Zusammenfassung des Fragenkatalogs

An dieser Stelle werden die nützlichen Informationen, die durch den Fragekatalog gewonnen wurden, stichpunktartig zusammengefasst.

Besonderheit Showcareentwicklungsprozess: Vergleich zu Serienentwicklungsprozess

- Jedes Projekt ist sehr individuell
- Freieres Arbeiten/weniger Restriktionen
- Höheres Engagement / Kreativität des Modelleurs gefordert durch neuartiges/innovatives/attraktives Produkt
- Individuellere und spezifischere Lösungen je nach Anforderung

Vorgaben zu Beginn des Projektes:

Projektabhängig:

- Exterieur Modell/ Abtastung eines Modelles/Skizzen/ VR-Bilder/ Fotos
- grobes Package für den Aufbau und die erforderliche Ergonomie
- Zeitplan
- Technische Vorgaben wie z.B. Toleranzen, Mindestradien
- Anzahl der Bauteile, Zeitaufwand pro Bauteil, Anzahl der Schleifen
- Festlegung des Arbeitsinhaltes: wird Design erstellt/verändert? Wird nur nach Vorgabe gestrakt? Sind mehrere Arbeitsinhalte vorhanden?

Schwierigkeiten:

- einfache Handhabung im Modellbau/Herstellbarkeit
- weniger geordnete Prozesse und definierte Herangehensweise
- Kosteneinhaltung schwierig da Einzelfertigung
- Zeitplaneinhaltung

Bei Fristüberschreitung:

- Terminplan kommt durcheinander / Zieltermin-Einhaltung schwierig
- Bei nachgelagerten Arbeiten besteht weniger Zeit zur Erledigung der Aufgaben:
Zeitdruck
- Eine gewisse Zeit vorher vorhersehbar: möglichst frühzeitig Problem kommunizieren, um Lösung zu finden

Positive Aspekte des HCC21:

- Kurze Kommunikationswege:
 - Angenehmes Arbeiten ohne Unterbrechungen
 - Rücksprachen erleichtert
- Praktikant als Vermittler zwischen verschiedenen Bereichen

Optimierungspotentiale im Prozess:

- Klarere Definition des Ergebnisses
- Schnellere Entscheidungen
- Kürzere Wege in der Hierarchie, um Zeit zu sparen
- Projektumfang präziser festlegen
- Organisation früher an KET übergeben (bessere Überschaubarkeit)

An welchen Stellen löst der Projektablauf Stress aus:

- Am Ende (Modellbau), wenn Zeitplan überschritten wird

4 Analyse ähnlicher Projekte

An dieser Stelle wird auf einige vergangene Projekte eingegangen, die bei KET entstanden sind. Diese werden analysiert, um die darin gewonnenen Erkenntnisse in den methodischen Entwicklungsprozess in Kapitel 7 zu integrieren. Damit keine Rückschlüsse auf ein konkretes Projekt erfolgen können, werden die jeweiligen Projektablaufpläne entindividualisiert nachgebaut und dargestellt.

Darüber hinaus werden die teilweise sehr komplex aufgebauten Pläne komprimiert, um nur das Wissen herauszukristallisieren, welches für die Analyse bzw. die darauf folgenden Kapitel notwendig ist. Ziel ist an dieser Stelle, ein übliches Vorgehen identifizieren zu können. Zur besseren Lesbarkeit sind die jeweiligen Ablaufpläne zusätzlich im Anhang zu finden.

Folgende Aspekte werden zur Analyse herangezogen:

- Art des Projektes / Prozesses
- Projektzeitraum
- Input
- Processing (Ablauf, beteiligte Abteilungen, Schnittstellen, Zeiträume der einzelnen Entwicklungsloops, zeitliche Überlappungen)
- Output

Absicherung/Erprobung (Erp.1), wo die beschaffenen Prototypenteile getestet werden, indem Sie z.B. an bestehende Fahrzeuge montiert und Probe gefahren werden (geschieht beim OEM). Die Ergebnisse gehen als Feedback zum zweiten Designloop (Loop 2) (detaillierter). Dort liegen als Input Scandaten, Package-Untersuchungen, Erprobungen sowie die erste Konstruktion aus K1 vor. Die bisherige Geometrie wird hierbei dem neuen Input angepasst. Der zweite Designloop beinhaltet wie der erste CAS und Clay. Von da aus geht es in den zweiten Konstruktionsloop K2. Dort wird erneut die Konstruktion an die überarbeiteten Oberflächen angepasst und dann zur Versuchsfreigabe 2 weitergeleitet. Beim OEM gibt es offizielle Freigaben, wo überprüft wird, ob die vorliegenden Arbeitsstände in Ordnung sind und weiterverwendet werden können. Diese werden auch in gesonderten Meetings präsentiert. Deshalb sind diese Freigaben in diesem Plan ein eigenständiger Punkt. Der dritte und letzte Designloop – der nur noch virtuell stattfindet – ist der Loop 3. Als Input für diesen Loop gilt wie bei Loop 2 der Input aus den zeitlich vorher stehenden Abteilungen. Dort wird überprüft, ob die Bauteile zusammenpassen und technisch realisierbar sind. In den ersten beiden Designloops gab es oft nur angedeutete Fugen z.B. in Form von projizierten Kurven. Nun werden diese detailliert eingearbeitet und auch die Montagereihenfolge berücksichtigt. Des Weiteren ist die Oberflächengenauigkeit höher als in den ersten beiden Loops

4.2 Projekt 2

Detail-Ablaufplan eines Designloops

Auftraggeber: OEM

Art: Serienfahrzeug (Zweirad)

Zeitraum: ca. 3 Monate

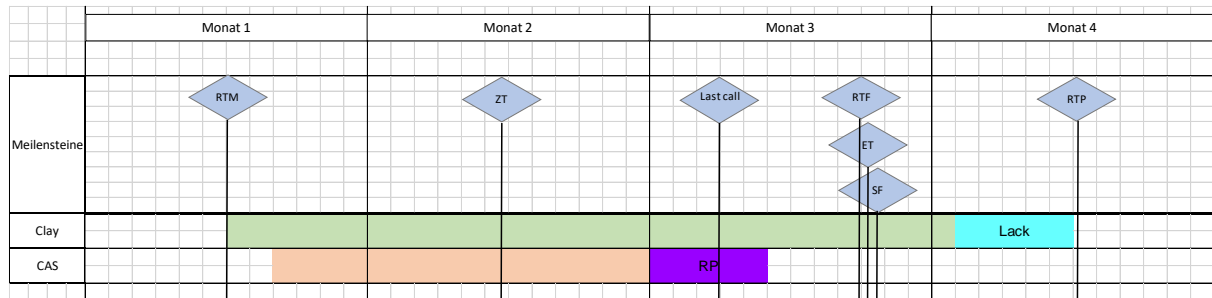


Abbildung 22: Projekt 2 Ablaufplan [40]

Von diesem Projekt wird ein Detail-Terminplan herangezogen (Abbildung 22). Es handelt sich um den zweiten Designloop (Loop 2), wie dieser auch in Projekt 1 im Gesamtprojekt (Synchroplan) enthalten war. Dieser Plan wird vom OEM zusammen mit der Auftragsanfrage zugesendet. Er bildet zudem eine Grundlage für die Kalkulation, welche vom Teamleiter bei KET erstellt und zum Auftraggeber übersendet wird. Ca. 4 bis 6 Wochen nach der Auftragsanfrage erteilt der OEM eine Zu- oder Absage. Bei einer Zusage bestehen ca. 2 Wochen Zeit zum Organisieren, wie z.B. Clay zu bestellen und einen externen Clay-Modelleur zu organisieren. Der Grund dafür, dass kein interner Modelleur eingestellt wird, ist die geringe Auslastung, da nicht permanent Clay-Projekte stattfinden. Selbst wenn es eine hohe Auslastung gäbe, ist für einen Zulieferer nicht planbar, dass sie lückenlos stattfinden bzw. sich nicht überlappen, da die Pläne vom Kunden erstellt werden. Die Arbeitsabläufe in diesem Plan sind tagesgenau beschrieben. Manchmal sind gewisse Teile vom Input am Anfang noch nicht vorhanden. Diese offenen Punkte müssen dann abgesprochen und der Terminplan eventuell nachträglich angepasst werden. Auch kann ein Teil der Aufgaben entfallen oder dazukommen. Die Aufgabe des Teamleiters ist es generell diesen Plan jederzeit anzupassen und zu pflegen. Allgemein ist in diesem Plan auch enthalten, welche Carry-Over-Parts (Gleichteile) zu Vorgängermodellen vorhanden sind. Der erste Meilenstein heißt RTM und steht für Ready-To-Model. Hier steht das rolling chassy bereit und das Clay ist bereits aufgebracht. Als rolling chassy wird ein

Unterbau aus Holz und Schaum bezeichnet, auf dem das Clay aufgetragen und modelliert wird. Der zweite Meilenstein ist der Zwischentast ZT. Hier wird der Clay gescannt und der Datensatz zum OEM übersendet. Dort werden die Designflächen überprüft und nach ca. 1 bis 2 Wochen ein Feedback diesbezüglich gegeben, welches dann bis zum Last Call eingearbeitet wird. Manchmal wird die Einarbeitung auch auf den nächsten Loop geschoben. Beim Last Call sind unter anderem auch die Chefdesigner anwesend und geben dort ihre abschließende Rückmeldung. In diesem Zeitraum wird auch das Rapid Prototyping RP betrieben. Hierbei werden z.B. SLS-Teile oder 3D-Druck-Teile hergestellt, welche später zusammen mit dem Clay lackiert werden. Der Clay-Modelleur wird anschließend ca. 1 bis 2 Wochen bis zum Meilenstein RTF (Ready-To-Finish) den Input einarbeiten. Von da an wird das Claymodell geglättet und der Endtast ET durchgeführt. Schließlich wird der finale Scan von den endgültig fertiggestellten Scanflächen abgenommen. Bis zum Meilenstein Spiegelfräsen SF hat der Clay-Modelleur nur auf einer Seite des Fahrzeuges gearbeitet bzw. es wurde leicht über Y0 hinaus gearbeitet. Hier wird der Endtast vorgenommen und über Y0 auf die andere Seite gespiegelt und gefräst. Die Frässpuren, die noch vorhanden sind, werden vom Clay-Modelleur geglättet und die Highlights herausgearbeitet. Eventuelle Knicke und Krümmungsunstetigkeiten über Y0 werden manuell angepasst (von Spiegelfräsen bis Lack). Im Zeitabschnitt Lack wird das Clay grundiert, geschliffen und abschließend mit Farbe und Klarlack lackiert. Allgemein ist in diesem Plan zu sehen, dass das CAS-Modeling weniger Zeit in Anspruch nimmt als das Clay-Modeling. Beim Meilenstein RTP (Ready-To-Present) ist das Modell mit allen Anbauteilen vorzeigebereit. Es handelt sich hierbei um einen fixen Termin, weil ca. 1 Woche später das Modell zusammen mit anderen Fahrzeugen beim OEM in Anwesenheit von Vorstand und Designchefs präsentiert und begutachtet wird. Generell sind die Meilensteine RTM, RTF und RTP in jedem Designloop (Loop 1, Loop 2 und Loop 3) des Synchroplans enthalten.

4.3 Projekt 3

Ablaufplan des gesamten Entwicklungsprozesses

Auftraggeber: OEM

Art: Ergonomiemodell / Showcar

Zeitraum: ca. 3 Monate

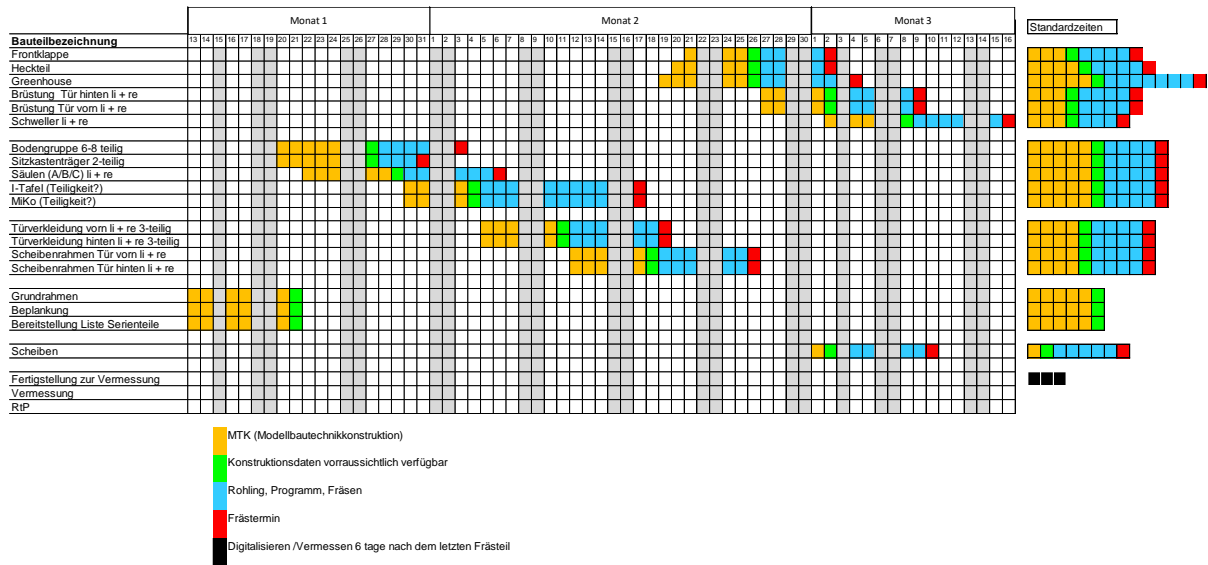


Abbildung 23: Projekt 3 Ablaufplan [41]

Der in Abbildung 23 zu sehende Ablaufplan ist nicht Bestandteil eines größeren Plans wie in Projekt 2 und besitzt keine Loops. Es handelt es sich um eine Mischung aus einem Showcar und einem Ergonomiemodell. Es ist eine Abwandlung von einem Showcar, welches vorher bei KET für einen OEM entstanden ist sowie intern dort gefräst und gezeigt wurde. Es besitzt wie das HCC21 einen Designanspruch, jedoch liegt der Fokus hierbei auf der Ergonomie. Bei Ergonomiemodellen spielt die Geometrie eine große Rolle, jedoch nicht die Oberflächenqualität. Für den Prozess bedeutet dies, dass weniger geschliffen und lackiert werden muss und dadurch der abschließende Aufwand ca. 1 bis 2 Wochen kürzer ist. Bei einer virtuellen Ergonomieuntersuchung werden Grenzflächen in CAD erzeugt und dem Strak als Input gegeben. Hierbei gibt es drei Varianten der Flächen, die unterteilt sind in ideal, akzeptabel und nicht akzeptabel. Jedoch ist eine reale Untersuchung notwendig, da nicht alles virtuell abgesichert werden kann. Bei einer realen Ergonomieuntersuchung setzen sich die Ingenieure in das Modell und Testen z.B. Aspekte wie Ein- und Ausstieg, Kopf- und Kniefreiheiten. Durch diese Tests ergeben sich Abstände als Vorgaben, die eingehalten werden müssen. Generell können Vorgaben vom

Ergonomen auch unterschritten werden, da es kein „hard fact“ darstellt, wie z.B. die zulässige Spannung in einem Bauteil. KET war in diesem Projekt für das CAS zuständig. Die zuvor erwähnten Grenzflächen dienten als Input. Das CAS-Modeling ist in diesem Ablaufplan nicht gekennzeichnet, da dieser Plan vom OEM stammt. Die Oberflächen mussten vor Beginn der Modellbautechnikkonstruktion (MTK) beim OEM vorliegen. Bei der MTK handelt es sich nicht um eine Serienkonstruktion, sondern um eine Konstruktion, bei der aus Designflächen Prototypenteile entwickelt werden. Dabei wird an die Oberflächen eine Wandstärke mit passenden Befestigungspunkten an das Gerüst konstruiert. Etwa 6 Tage nachdem das letzte Bauteil gefräst wurde, wird das Modell digitalisiert und vermessen. Dieser Zeitraum ist für die Montage vorgesehen. Die Entwicklungsreihenfolge (MTK, Fräsprogramm, Fräsen) richtet sich nach der Montagereihenfolge. Hierbei wird prinzipiell versucht, von „unten nach oben“ zu arbeiten. Dies bedeutet, dass man mit den Grundrahmen, den Bodengruppen und den Säulen beginnt, dann folgen die Interieurkomponenten wie I-Tafel und MiKo sowie zum Schluss das Dach. Rechts neben dem Ablaufplan sind Standardwerte für die Entwicklungszeiten der jeweiligen Bauteile zu sehen. Dort lässt sich erkennen, dass einige Bauteile mehr Zeit als geplant in Anspruch genommen haben, wie z.B. die I-Tafel. Für die Frontklappe wurde hingegen weniger Zeit beansprucht.

Generell ist hinzuzufügen, dass beim OEM das Führen eines Protokolls zu Absprachen oft vorgeschrieben ist. Ein Vorteil hierbei ist die gute Projektübersicht. Außerdem ist das Projekt dadurch einer zukünftigen Analyse, Optimierung und Bewertung leichter zugänglich.

Als Hauptreferenz dieser Arbeit gilt das HCC21-Projekt, das deshalb im folgenden Kapitel intensiver als die bisherigen Projekte durchleuchtet wird.

5 Analyse des HCC21-Entwicklungsprozesses

Zu Beginn der Analyse werden die Unterschiede des HCC21-Projektes, zu den zuvor in Kapitel 4 vorgestellten anderen Projekten herausgearbeitet. Diese Unterschiede helfen dabei zu entscheiden, welche Abschnitte des Projektes genauer betrachtet werden müssen. Denn Ziel ist nicht die Analyse selbst, sondern das Extrahieren von Informationen aus diesem Projekt, um einen methodischen Entwicklungsprozess gestalten zu können.

Der Zeitraum vom WS2016 bis zum Februar 2020, in dem das Projekt ausschließlich von Seiten der Hochschule vorangetrieben wurde, wird nachfolgend nicht weiter berücksichtigt, da es in dieser Zeit um Lehraspekte ging. Diese beinhalteten unter anderem reines Beobachten und den Verzicht auf ein Einschreiten der Lehrenden bei etwaigen Fehlern, Misserfolgen und Ungenauigkeiten. Dadurch entsteht ein positiver Lerneffekt im Gegensatz zu einem voll ausgereiften Prozess. Analysiert wird deshalb ab dem Zeitpunkt, ab dem KET mit an den Arbeiten beteiligt ist, da damit die modellbautechnische Umsetzung begann (August 2020). Die inhaltliche Definition des Showcars ist ein Aspekt der ebenfalls untersucht wird. Hilfreich für die Analyse ist es, eine Übersicht aller Arbeiten zusammenzustellen, die bei der HAW und bei KET durchgeführt werden. Die Exterieur-Vereinfachung und die modellbautechnische Umsetzung stellen wichtige Aspekte des Projektes dar, weshalb diese genauer beleuchtet werden. Abschließend wird auf die Kommunikation und den Datenaustausch im Projekt eingegangen.

5.1 Unterschiede zu Referenzprojekten

Ein wesentlicher Unterschied zu den in Kapitel 4 beschriebenen Projekten ist die Tatsache, dass es sich beim HCC21 um ein gemeinsames Forschungsprojekt zwischen HAW und KET handelt. Die Inhalte wurden hierbei am Anfang nicht präzise bis ins Detail festgelegt. Vielmehr versucht man, mit dem zur Verfügung stehenden Budget über die Entwicklungszeit hinweg das Maximum an Inhalten zu generieren. Hierbei galt es, Inhalte stetig zu priorisieren und Kompromisse zu finden. Es offenbart sich hierbei der Forschungscharakter dieses Projektes. Hier hielt der Kompromissfindungsprozess auch nach Vertragsabschluss auf einem kleineren Niveau an, wodurch an einigen Stellen auch Arbeiten verworfen werden mussten.

Auch ließ sich am Anfang keine präzise Planung und somit Steuerung des Projektes ermöglichen, wie sie bei den Referenzprojekten (Kapitel 4) zu finden sind.

Da das HCC21-Projekt aufgrund der großen Teilnehmerzahl an mitwirkenden Studierenden und Firmen ein relativ unüblicher Fall ist, sind diese Unterschiede möglicherweise auch im Vergleich zu zukünftigen Anwendungsfällen existent.

Ein anderer Punkt ist die hochschulseitige Qualität. Die Arbeitsweise der Studierenden unterscheidet sich stark von jener der Profis. Dies führt zu einer schwankenden Leistungserbringung im Entwicklungsprozess. Oft mussten hierdurch Arbeiten korrigiert oder verworfen werden, was auch den Zeitplan negativ beeinflusst hat. Andererseits haben die Studierenden teilweise auch am Wochenende gearbeitet und zum Projektfortschritt beigetragen. Offizielle Freigaben, wie es sie beim OEM in der Serienfahrzeugentwicklung gibt (Kapitel 4) und häufig in gesonderten Meetings präsentiert werden, sind in diesem Projekt nicht vorhanden. Des Weiteren wurde das Finishing-Datum verschoben, da die erste Ausstellung, die im Juni stattfinden sollte, pandemiebedingt auf September verlegt wurde. Dadurch konnte die Zeit- und Kapazitätsplanung angepasst werden.

5.2 Ansprüche und Ziele

Hochschulseitig besteht der Wunsch, so vieles wie möglich vom HCC21 zu übernehmen, was auf die Studierenden aus den Lehrveranstaltungen zurückgeht. Gründe sind hierfür unter anderem das Präsentieren der Arbeit an der Hochschule. Als Projekt ist das HCC21 als ein an der Realität orientiertes Fahrzeug mit Zukunftsaspekten zu verstehen. Für die Showcarentwicklung bedeutet dies, dass man auch Serienkonzepte darstellen sowie in begrenztem Maße ausgefallene und fiktive Ideen zeigen möchte. Mit Serienkonzepten sind an dieser Stelle nicht serienreife Ideen, sondern an Serienfahrzeugen orientierte Ideen gemeint. Dem Interieur wird beim HCC21 eine größere Bedeutung beigemessen als dem Exterieur. Ziel ist das Aufzeigen der in Kapitel 1.2 beschriebenen Interieur-Konzepte. Das Exterieur wird modellbautechnisch vereinfacht. Der Grund für diese Priorisierung ist die inhaltliche Definition/finanzielle Realisierung des Showcars, welche im anschließenden Kapitel erläutert wird.

Das fertige Showcar ist für folgende Events zur Ausstellung geplant:

Karosseriebautage Hamburg 30. September – 1. Oktober 2021 [42] (vorher Juni 2021)
ITS-Kongress Hamburg 11. – 15. Oktober 2021 [43]

Nach den Messeausstellungen, soll das Showcar auch intern an der Hochschule für Forschungs- und Lehrzwecke genutzt werden.

5.3 Inhaltliche Definition

Die Ideen des Fahrzeuges -autonomes Fahren, innovatives Innenraumerlebnis und die Tatsache, dass für das Fahrzeugkonzept eine realistische Umsetzbarkeit angestrebt wird- waren an der Hochschule eng miteinander verbunden.

Im Rahmen des gemeinsamen Forschungsprojektes zwischen der HAW und KET stellte sich für die Umsetzung die Frage, wie man die Features des Showcars priorisieren kann, um es finanzieren zu können. Hierzu musste als Erstes das Ziel des Showcars festgelegt werden, welches man kommunizieren möchte und welche Inhalte im Showcar wichtig sind, um dieses Ziel zu erreichen. Im Vordergrund stand demnach eine Reduzierung des Exterieurs und eine Hervorhebung des Interieurs, ohne die Intention des Showcars zu verletzen.

In Tabelle 2 ist eine Inhaltsübersicht zu sehen, welche alle möglichen Features und Arbeiten enthält. Diese wurden priorisiert in Basis und Optionen. Die Inhalte, die in der Basis-Spalte stehen, gelten als zwingend erforderlich (Must-have). In der Spalte „Optionen“ sind alle weiteren aufgelistet (Nice-To-Have). Die grün markierten Zellen repräsentieren einen Entscheid von Mitte Dezember 2020, als ein Großteil der Inhalte am Showcar festgelegt wurde. Die Kostenbeträge wurden aus der Tabelle entfernt, weshalb die inhaltliche Definition nachfolgend nur qualitativ erläutert wird.

Der Prozess der inhaltlichen Definition bzw. der Kompromissfindung lief parallel und fortlaufend zu den Arbeiten am Projekt. Somit gab es zu Beginn des Projektes keinen eindeutigen Konzeptentscheid wie bei den Referenzprojekten (Kapitel 4).

Bei der Priorisierung hat man sich entschieden, das Exterieur modellbautechnisch zu vereinfachen, weil dieses nicht zwangsläufig die Kernidee des HCC21 repräsentiert. Durch das Wegfallen der konventionellen Fahrzeugreifen und der Türen konnte ein gewisser Teil der Kosten eingespart werden. Das Showcar besitzt keinen Antrieb und kein Fahrwerk und wird auf Lenkrollen geschoben. Der Radbereich wird planar geschlossen und durch ein Grashopper-Muster überdeckt, welcher in Tabelle 2 unter Generative Design aufgeführt wird. Zum Generative Design gehören auch die 3D-Effekte an den Scheinwerfern und zukünftig auch Aspekte im Interieur wie die Luftauslässe.

Nr.	Arbeitspaket	Hinweis	Kosten	Basis	Optionen
1	Projektkoordination				
2	EXT CAS				
3	INT CAS	inkl. Anteilig MB-Konstruktion			
4	Generative Design				
5	Konstruktion Kinematik				
6	Modellbaukonstruktion				
7	Projektstunden Meetings Witte				
8	gelieferten Rahmen aufbauen				
	Exterieur Modellbau				
9	EXT Seitenbereich	Schweller, Seitenwand, Radblenden			
10	EXT Front	Motorhaube, Stoßfänger, ohne sep. Kühlergrill, ohne SW			
11	EXT Greenhouse	Säulen, Dach			
12	EXT Heck	Heckklappe, Stoßfänger Heckleuchte als Frästeil ohne Funktion			
13	EXT Türen 4x				
14	EXT Türen 2x				
15	Keine Türen				
16	Verglasung (FS, PaDa)	FS tiefgezogen, PaDa planar oder einfach gewölbt			
	Interieur Modellbau				
17	Ausstattung unten	Bodenplatte, Sitzschienenauflage, Fußraum vorne A-/C-Säule unten, Schweller			
18	I-Tafel				
19	Miko Grundkörper				
20	Miko Aufsatzteil	mit beledeter Armauflage			
21	Ausstattung oben	Himmel, Säulen			
22	Details, Anbauteile	Griffe, Schalter, Displayrahmen, Scharniere, Adapter Winkel, Verstärkungsbleche etc.			
23	Kofferraum	Ablegeboden, Wand hinter Sitzen			
24	INT Türen 4x				
25	INT Türen 2x				
26	keine Türen				
	Kinematikthemen:				
27	Lenkrad LS elektrisch, drehbar				
28	Lenkrad LS elektrisch, nicht drehbar				
29	Manuelle Kinematik, lenkbar				
30	2 Versionen, starr, steckbar				
31	ausklappbarer Tisch BFS				
32	ausklappbarer Tisch BFS steckbar				
33	Sitzkinematik				
34	BFS Low Gravitiy Zusatzkosten				
35	verschiebbare Armauflage Miko				
36	4x F33 Sportsitz ohne Verstellfunktion	Gebraucht, Airbagabdeckungen fehlen ggf.			
37	Displays-Dummy Plexi plus Ausdruck				
	Usaneers				
38	Elektrifizierung / Umsetzung				
39	Elektrifizierung / Materialkosten A				
40	Baugruppen / Sitze				
41	BFS Low Gravitiy Zusatzkosten				
42	Baugruppen / Lenksäule				
43	Baugruppen / Displays				
44	Baugruppen / Licht				
45	Software + UI Paket A	plus Konzeptberatung			
46	Software + UI Paket B				
47	Kostenreduktion wg. geringerem Grafikaufwand				
48	Support				
49	Displ.-Dummy Plexi+Druck				
	Finish				
50	Lackierung				
51	Beledung				
52	Montage				
53	SLS-Teile				

Tabelle 2: Inhaltsübersicht [44]

Details wie Lufteinlassgitter, Nebelscheinwerfer, PDC's, Chrom- und Akzentleisten entfallen komplett. Bei der Verglasung wurde entschieden, dass es eine Frontscheibe und ein Panoramadach, aber keine Heckscheibe geben wird. Bei dem Panoramadach hat man sich aus Kostengründen für ein einfach gekrümmtes statt für ein zweifach gekrümmtes Glas entschieden. Hierbei gab es die Überlegung, Panoramadächer aus Serienfahrzeugen auf die Integrierbarkeit in das HCC21 zu untersuchen und sie extern einzukaufen, wenn sie passen. Dieser Aufwand und die nachträgliche Anpassung der CAS-Flächen an das Panoramadach, sprachen gegen diese Idee. Der Aspekt der Exterieur-Vereinfachung wird aus technischer Sicht und aus Prozesssicht detaillierter in Kapitel 5.5. dargestellt.

Im Interieur-Modellbau gab es im Vergleich zum Exterieur-Modellbau weniger Einsparpotential. Hierbei wurde beispielsweise die Mittelkonsole vereinfacht, indem man das Konzept der verschiebbaren Armauflage verworfen und sich für eine starre Armauflage entschieden hat. Die Bereiche der Türinnenverkleidung sind analog zum Exterieur ebenfalls entfallen. Diese waren im Vergleich zum äußeren Part mit noch mehr Kosten verbunden aufgrund der komplexeren Geometrie sowie der unterschiedlichen Material- und Farbdarstellung.

Die Kinematik-Themen im HCC21 sind alle in der Zeile der optionalen Features zu finden. Allgemein sind als Vereinfachung von kinematischen Konzepten starre und steckbare Konzepte denkbar. Bei diesen wird auf die aufwändige Konstruktion und gegebenenfalls die Elektrifizierung verzichtet. Diese Idee wurde beispielsweise mit dem Tisch an der Beifahrerseite ausgearbeitet. Der Tisch ist nicht ausklappbar, sondern wird angesteckt und ist unbeweglich. Beim Lenkrad hat man sich entschieden, diesen elektrisch drehbar und einfahrbar zu finanzieren, da dieser eine wichtige Kernidee des HCC21 repräsentiert. Die Idee dieses Lenkrades ist auch eng verknüpft mit dem Komfort und der Low-Gravity-Sitzposition, die auch unter anderem durch dieses Lenkradkonzept möglich ist. Eine nicht umgesetzte Alternative war ein nicht drehbares Lenkrad.

Bei den Sitzen wurde sich ebenfalls für eine Sitzkinematik auf der Fahrer- und Beifahrerseite entschieden, die sich jeweils unter den Sitzen befindet. Hierdurch ist neben den Standard-Verfahrbereichen der Serienfahrzeugsitze, welche extern beschafft werden, auch die Low-Gravity-Sitzposition realisierbar. Eine Alternative, um

Kosten einzusparen, war die Idee, Sitze ohne jegliche Verstellfunktion einzubauen. Eine andere war es, dass man dies nur auf der Fahrerseite ausführt.

Für die Elektronikthemen am HCC21 ist die Firma Usaneers verantwortlich. Hierzu gehört unter anderem die Konstruktion der Elektronikbaugruppen für die Kinematik-Themen wie die Sitze und die Lenksäule. Ein weiterer Punkt bezieht sich auf die Displays im Interieur. Dabei hat man sich für ein großes I-Tafel-Display sowie ein Display an der Miko entschieden. Diese Features finden sich ebenfalls in der optionalen Spalte in Tabelle 1. Jedoch tragen diese Features zur Kernidee des Fahrerlebnisses bei, das durch das automatisierte Fahren ermöglicht wird. Gewollt waren auch Displays in den Sonnenblenden (Skyscreens). Diese werden aber um die Kosten zu senken nur als Fake-Displays angedeutet (optisches Erscheinungsbild wie ein Display, jedoch keine Funktion). Das I-Tafel- und Mittelkonsolendisplay wurde im Vergleich zu den Skyscreens als wichtiger eingestuft, da diese permanent im Sichtbereich liegen und das Miko-Display auch zur Steuerung gewisser Features für die Messebesucher da ist. Das I-Tafel-Display sollte anfänglich gekrümmt sein. Es war jedoch nicht kostengünstig zu beschaffen, weshalb sich für ein weniger ästhetisches planares Display entschieden wurde.

Ein zweites und ausfahrbares Display unter der Armauflage in der Miko war ebenfalls als Alternative geplant. Hierfür existierte ein Konzept, bei dem die Armauflage beweglich ist, um beim Verschieben dieser das Ausfahren realisieren zu können. Ebenso gab es die Idee einer elektrisch ausfahrbaren Variante.

Auf eine Interieur-Beleuchtung wird aus Kostengründen verzichtet. Hierbei geht man davon aus, dass die Ausstellungsumgebung, die oft stark belichtet ist, zusammen mit der Helligkeit der Displays im Interieur ausreichend ist.

Das Erstellen eines Bedienkonzeptes ist als Projektarbeit an der HAW entstanden. Hierbei wollte man, um Kosten einzusparen, das Konzept für das Showcar etwas vereinfachen. Dies geschah ebenfalls als studentische Arbeit an der HAW.

Ein Kostenvorteil an dem Projekt ist, dass gewisse Arbeiten bzw. Vorarbeiten an der Hochschule erfolgt sind. Die gleiche Arbeit wäre bei KET mit einem spezifischem Stundensatz berechnet worden und somit viel teurer. Andererseits gibt es dadurch mehr Absprachearbeit und es existiert keine konstante Leistungserbringung, wie es bei erfahrenen Ingenieuren der Fall ist.

Die in Tabelle 2 aufgeführten Features stehen nicht alle separat, sondern teilweise in Abhängigkeit voneinander. Um diese Beziehung untereinander deutlich zu machen, wurde eine Art „Konfigurator“ erstellt. Der Aufbau des Konfigurators wird beispielhaft anhand der Zero-Gravity-Sitze erläutert.

Variante 1: ohne Verstellfunktion

	Kinematikthemen:				
27	Lenkrad LS elektrisch, drehbar				
28	Lenkrad LS elektrisch, nicht drehbar				
29	Manuelle Kinematik, lenkbar				
30	2 Versionen, starr, steckbar				
31	ausklappbarer Tisch BFS				
32	ausklappbarer Tisch BFS steckbar				
33	Sitzkinematik				
34	BFS Low Gravity Zusatzkosten				
35	verschiebbare Armauflage Miko				
36	4x F33 Sportsitz ohne Verstellfunktion	Gebraucht, Airbagabdeckungen fehlen ggf.			
37	Displays-Dummy Plexi plus Ausdruck				

Abbildung 24: Ausschnitt 1 aus Tabelle 2

Variante 2: Verstellfunktion nur auf Fahrerseite

33	Sitzkinematik				
34	BFS Low Gravity Zusatzkosten				
35	verschiebbare Armauflage Miko				
36	4x F33 Sportsitz ohne Verstellfunktion	Gebraucht, Airbagabdeckungen fehlen ggf.			
37	Displays-Dummy Plexi plus Ausdruck				
	Usaneers				
38	Elektrifizierung / Umsetzung				
39	Elektrifizierung / Materialkosten A				
40	Baugruppen / Sitze				
41	BFS Low Gravity Zusatzkosten				

Abbildung 25: Ausschnitt 2 aus Tabelle 2

Variante 3: Verstellfunktion auf Fahrer und Beifahrerseite

33	Sitzkinematik				
34	BFS Low Gravity Zusatzkosten				
35	verschiebbare Armauflage Miko				
36	4x F33 Sportsitz ohne Verstellfunktion	Gebraucht, Airbagabdeckungen fehlen ggf.			
37	Displays-Dummy Plexi plus Ausdruck				
	Usaneers				
38	Elektrifizierung / Umsetzung				
39	Elektrifizierung / Materialkosten A				
40	Baugruppen / Sitze				
41	BFS Low Gravity Zusatzkosten				

Abbildung 26: Ausschnitt 3 aus Tabelle 2

Die Wahl von Sitzen ohne Verstell-Funktion ist in Abbildung 24 zu sehen. Wenn man sich für die Low-Gravity nur auf der Fahrerseite entscheidet (Abbildung 25), beinhaltet dies die Kinematik und die Baugruppen. Bei einer zusätzlichen Verstell-Funktion auf

der Beifahrerseite (Abbildung 26) kommen zusätzlich die Zeilen 34 und 35 hinzu. Alle zur Debatte stehenden Bereiche wurden so in einer separaten Tabelle zusammengefasst und somit ein Konfigurator erstellt (Abbildung 27).

HCC21 - Konfigurator				
Bereich	Optionen	Kosten (verlinkt)	Konfiguration	Kosten (konfiguriert)
Basisauto	Ja		x	- €
Generative Design	Ja		x	- €
	Nein			- €
Türen	4 Türen			- €
	2 Türen			- €
	Keine Türen		x	- €
Sitzfunktion Relax	Beidseitig		x	- €
	Nur Fahrerseite			- €
	4x Sitz o. Verstellung			- €
Verglasung	Front+Dach		x	- €
	keine			- €
Lenkrad	Elektrisch, lenkbar		x	- €
	Elektrisch, nicht lenkbar			- €
	Manuelle Kinematik, lenkbar			- €
	2 Versionen, starr, steckbar			- €
Tisch Beifahrer	Manuelle Kinematik			- €
	2 Versionen, starr, steckbar		x	- €
Armauflage Miko	Manuelle Kinematik			- €
	Fest		x	- €
UI	Displays + UI (Stufe 2)			- €
	Displays + UI (Basis)		x	- €
	Displ.-Dummy Plexi+Druck			- €
Interieurbeleuchtung	4 Spots, 6 LED + Inszenierung			- €
	Nein/Displayfarben		x	- €
Usaneers Stufe 2	Konzeptberatung + Support			- €
	Nein		x	- €
				Summe

Abbildung 27: HCC21-Konfigurator [45]

In der Spalte „Kosten (verlinkt)“ stehen alle Kosten zu den jeweiligen Inhalten. Die Beträge hierzu stammen aus Tabelle 2. Diese Kosten werden beim Setzen eines „x“ in der Spalte „Konfiguration“ in die Spalte „Kosten (konfiguriert)“ übertragen und die Summe aus diesen gebildet. In grün markiert sind hierbei erneut die involvierten Inhalte des Showcars zu sehen. Mit diesem Konfigurator lassen sich schnell viele Varianten des Showcars konfigurieren.

5.4 Projektübersicht

Zeiten

Für das HCC21-Projekt wurde kein detaillierter Zeitplan angefertigt wie beim Referenzprojekt 3. Dort wurde für jedes einzelne Bauteil die Zeit für die Konstruktion und das Fräsen festgehalten. Beim HCC21 wurden die Zeiten der jeweiligen Bereiche für das Gesamtfahrzeug geschätzt und ein Ablaufplan erstellt (Abbildung 28). Der Plan wurde und wird fortlaufend angepasst. Zu sehen ist eine Gesamtprojektzeit von ca. 8 Monaten, mit zeitlichen Überlappungen in einigen Bereichen.

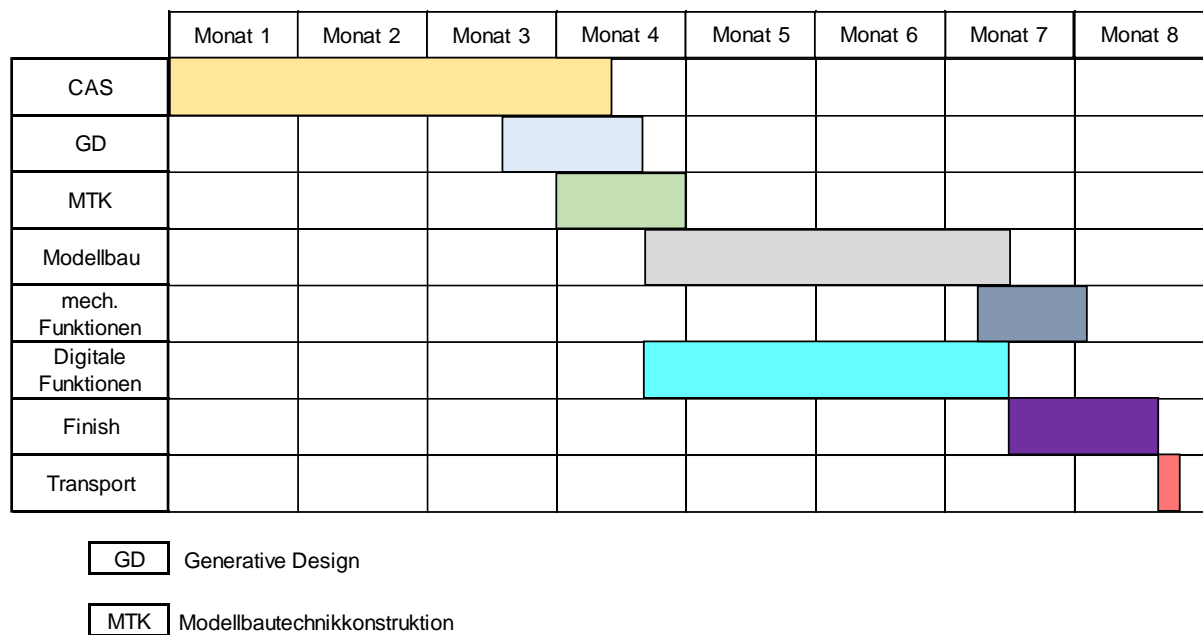


Abbildung 28: geschätzter Gesamtablaufplan HCC21 [46]

In diesem Ablaufplan ist zu erkennen, dass das CAS-Modeling einen großen Part mit ca. 3,5 Monaten im Projekt einnimmt. Dieser Balken enthält Arbeiten seitens HAW und KET. Der MTK-Part (Modellbautechnikkonstruktion) und der Modellbaupart enthalten den Exterieur- und den Interieur-Part. Mit mechanischen Funktionen sind der Einbau und das Testen des Lenkrades, der Sitzverstell-Kinematik und des Beifahrertisches gemeint. Die Konstruktion der Kinematiken erfolgte in etwa parallel zum CAS-Modelling, wird aber in diesem Plan nicht gesondert aufgeführt. Die digitalen Funktionen beinhalten die elektronischen Kompetenzen der Firma Usaneers (Entwicklung). Das Finishing beinhaltet Lackierung, Belederung, Verkabelung und die Endmontage. Der Transport wird innerhalb von ein paar Tagen vollzogen.

Übersicht der Arbeiten

In Abbildung 29 ist eine Übersicht der getätigten und laufenden Arbeiten zu sehen. An der HAW gibt es bezüglich HCC21 eine Vielzahl an Arbeiten, jedoch handelt es sich bei vielen davon auch um Arbeiten am virtuellen Prototyp, welcher in Kapitel 1.2 erwähnt wurde. Da nicht alles detailliert dokumentiert wurde bzw. einige Informationen nicht zur Verfügung standen, handelt sich bei einigen Balken um Schätzungen, die zudem kein Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Ziel war an dieser Stelle nur der Versuch einer Übersicht, welcher als visuelle Stütze für diese Arbeit dienen soll und zudem den Analysebereich dieser Arbeit einordnen soll. Einige der aufgezeigten HAW-Arbeiten werden sowohl im virtuellen Prototyp (VP) als auch im Showcar (SC) verwendet. Hier wurden die entsprechenden Kürzel hinzugefügt. KET war ausschließlich an der Showcarentwicklung beteiligt. Die rote Gerade markiert den Zeitraum, ab dem KET beteiligt ist. Die blauen Balken symbolisieren die HAW-Arbeiten und die gelben die von KET. Man erkennt dort, dass eine Vielzahl von Arbeiten simultan stattfindet (vgl. Abbildung 12).

Der Vergleich der Übersicht in Abbildung 29 mit dem allgemeinen Fahrzeugentwicklungsprozess in Abbildung 15 zeigt, dass die Bereiche Konzeptentwicklung, Design, Strak und Konstruktion vorhanden sind. Diese sind jedoch nicht zwangsläufig zeitlich nacheinander und eng mit Loops verzahnt. Sie finden parallel und teilweise auch unabhängig voneinander statt. Wo bei der Serienfahrzeugentwicklung die Konzeptentwicklung als Input für das Design dient, ist hierbei mit Konzeptentwicklung die Entwicklung und Umsetzung der Interieur-Konzepte gemeint, die teilweise unabhängig vom CAS-Modeling entstehen konnte. Für die Low-Gravity-Sitze und für das Lenkrad mussten Kinematik-Konzepte entwickelt bzw. der Input, der diesbezüglich hochschulseitig kam, weiter ausgearbeitet werden.

Das HCC21-Projekt besitzt ebenfalls den Aspekt des IPO-Modells, jedoch ist dieser nicht direkt im Prozessablaufplan einsehbar. Der auch im Fragenkatalog (Kapitel 3.4) erwähnte Punkt des weniger geordneten Prozesses lässt sich darin erkennen.

Das CAS-Modelling ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Ende Mai 2021) weit fortgeschritten. Einige Modellbaukonstruktionen wurden erstellt. Die Modellbauarbeiten beginnen erst mit der Finalisierung des CAS-Modelings.

Im Meilenstein (MS) 1. Konzeptentscheid wurde ein großer Teil der Inhalte des Showcars festgelegt. Anfang März 2021 traf der Rahmen der Firma Witte bei KET ein, welcher auch als Meilenstein gekennzeichnet ist.

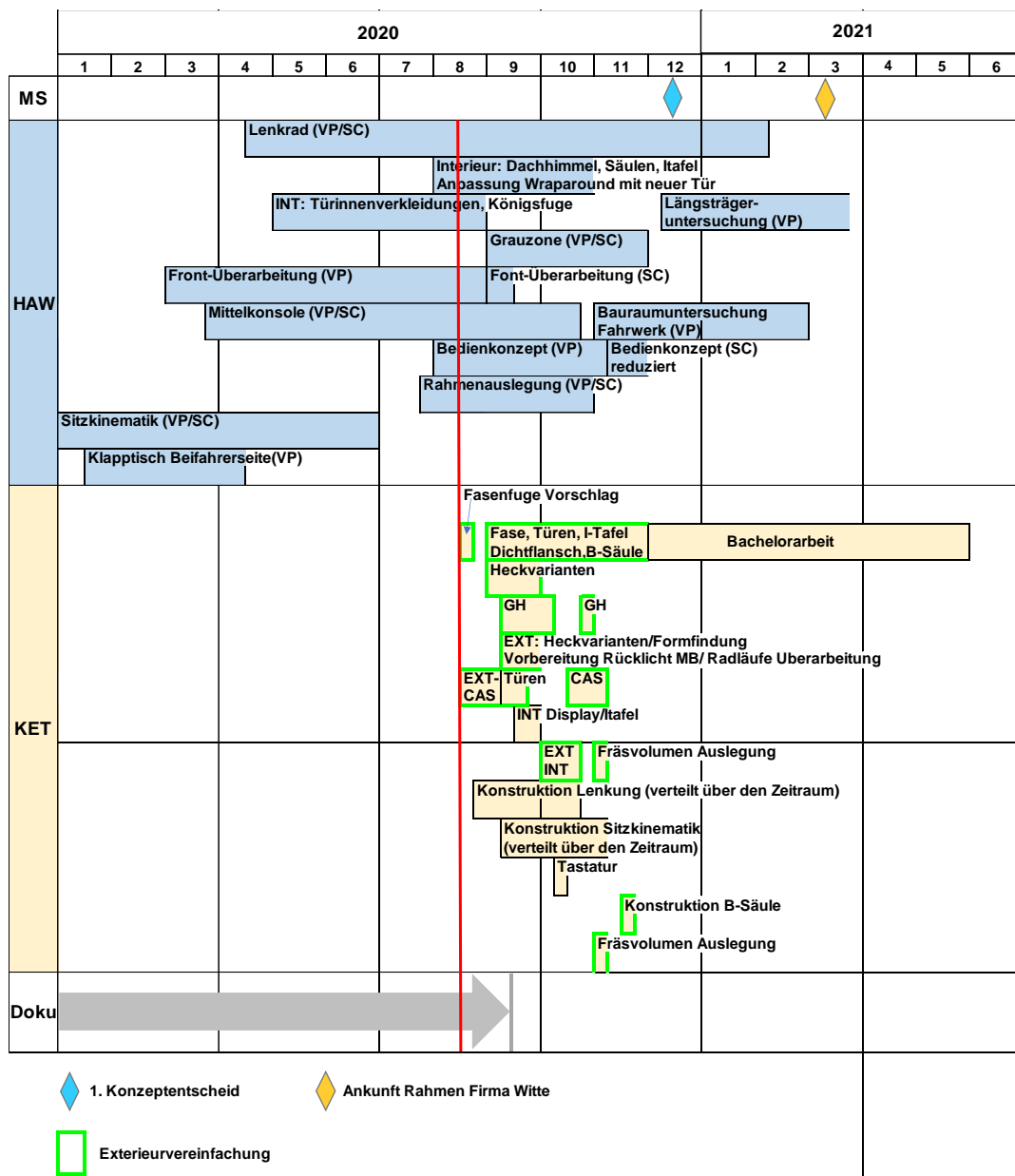


Abbildung 29 : Übersicht der Arbeiten am HCC21 [47]

Seitens der HAW wurde bis September jeweils ein Protokoll und eine LOP zu jedem Teammeeting erstellt. Dabei wurden Projektstatus, besprochene Themen und offene Punkte dokumentiert. Danach wurde die Dokumentation aufgrund des geringen Bedarfes eingestellt.

Die grün markierten Balken enthalten Arbeiten, die einen Bezug zur Exterieurvereinfachung besitzen. Diese wird im folgenden Kapitel analysiert.

5.5 Ablauf Exterieur-Vereinfachung

Bei Personenkraftwagen wird vorzugsweise das Prinzip der selbsttragenden Karosserie aus Stahl verwendet. Hier bestehen das Fahrgestell und der Aufbau aus einer Einheit. Die Achsen, der Antriebsstrang und weitere Komponenten werden an der Karosserie montiert. [48] Vorteile sind unter anderem die hohe Steifigkeit und die geringen Großserienkosten. Nachteile sind z.B. die komplexe Geometrie und die hohen Investitionen [49]. Allgemein existiert eine Vielzahl von gesetzlichen und funktionalen Anforderungen an eine Karosserie. Diese im Showcar detailliert umzusetzen, würde das Budget übersteigen und nicht zwangsläufig die Idee des HCC21 vertreten (Kapitel 5.3). Aus diesem Grund findet eine Reduzierung statt. Es sind keine vielen funktionalen Bauteile mehr vorhanden, sondern große Blöcke aus gefrästem Schaum (Ureol), die an den Rahmen montiert werden. Ziel ist hierbei allgemein das Wecken des Interesses beim Messebesucher und das Erzeugen eines „Wow-Effektes“, um anschließend die Interieur-Konzepte zu präsentieren. Der Fortschritt für die laufende Optimierung der Fahrzeuggeometrie zur Umsetzung des Modellbaus, wurde wöchentlich in gemeinsamer Absprache vorangetrieben.

Bei der Analyse und Bewertung des Ablaufes der Exterieur-Vereinfachung ist zu erwähnen, dass nicht jeder einzelne Zwischenschritt gezeigt wurde. Ein Aufzeigen aller Zwischenstände wäre nicht zielführend. Bedeutsam sind die allgemeine Motivation und die Ausführung der Änderungen. Außerdem würde es den Rahmen dieser Arbeit übersteigen, jedes Detail des Gesamtfahrzeuges zu analysieren. Unabhängig davon ist das Dokumentations- und Einsehungs-niveau der Teilprozesse nicht konsistent.

Einige Teilbereiche des Projektes sind prozesstechnisch einer Analyse, Bewertung und Optimierung besser zugänglich als andere Bereiche. Das HCC21 priorisiert wie bereits erwähnt das Interieur. Jedoch lässt die Exterieur-Vereinfachung eine effektivere und nutzbringendere Analyse und Bewertung zu, da insbesondere an dieser Stelle bei begrenztem Budget Einsparpotentiale existieren. Des Weiteren ist der Reduzierungsprozess größtenteils abgeschlossen und relativ detaillierte Informationen zu jeweiligen Teilschritten, Problemen, Ausführungen im Prozessablauf einsehbar. Neben den CAS-Arbeiten wird in diesem Teilkapitel auch an einigen Stellen auf die Modellbaukonstruktion und die Montage eingegangen, die sich anhand des Exterieurs gut durchleuchten lässt.

Allgemein beinhaltet das HCC21-Projekt eine technische, ästhetische und fertigungstechnische Gestaltung. Diese sind anhand der folgenden Beispiele erkennbar.

5.5.1 Türen

Anfang August, wurde seitens Modellbau kommuniziert, dass die Türen, so wie sie im hochschulseitigen Fahrzeugkonzept vorgestellt wurden, ein zu hohes Gewicht besitzen und dadurch eventuell den Rahmen verbiegen würden. Somit würden die Türen nicht in der angedachten Lage bleiben, sondern etwas nach unten kippen. Die Türscharniere würden durch eine Art Unterkonstruktion, die sich unter dem Ureolblock befindet, am Alurahmen montiert werden.

Hierzu wurde beschlossen, die Türbreite und somit das Türgewicht zu reduzieren. Die Türinnenverkleidung befand sich weiterhin an der ursprünglichen Position. Die Außenfläche der Türen befand sich jedoch nun weiter Richtung Fahrzeuginnen. In Abbildung 30 sieht man den Vergleich der Türen des hochschulseitigen Fahrzeugkonzeptes (links) zum entstehenden Messemodell (rechts).



Abbildung 30: Türen vorher/nachher

Dieses Konzept wurde bereits in anderen Showcarprojekten umgesetzt. Daraus resultiert, dass sich die Grauzone auch bei geschlossenen Türen im sichtbaren Bereich befindet. Die Flächen der Grauzonen wurden ebenfalls reduziert. Es handelt sich hierbei um eine umlaufend glatte Fläche (gelb markiert in Abbildung 31), die als „Fasenfuge“ bezeichnet wird. Diese unterstützt den entstehenden skulpturalen Charakter des Exterieurs und kommuniziert dennoch die technische Eigenschaft der Grauzone.

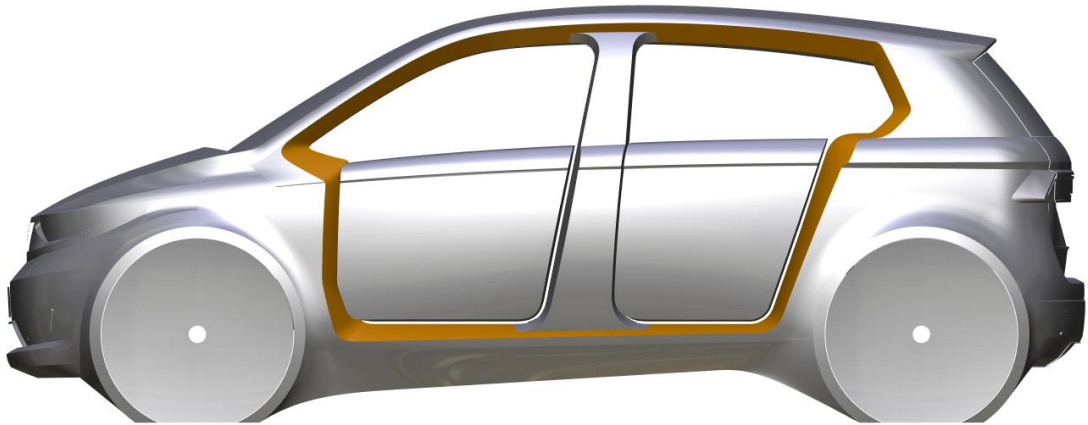


Abbildung 31: Fasenfuge

Ein Problem, das sich durch das Hineinversetzen der Türen ergibt, ist die nur noch in der Seitenansicht durchgängig erscheinende Charakterlinie. In Abbildung 32 erkennt man die dadurch fehlende gestalterische Verbindung zur A- und D-Säule, da keine Kanten der jeweiligen Geometrien in die benachbarte einlaufen.

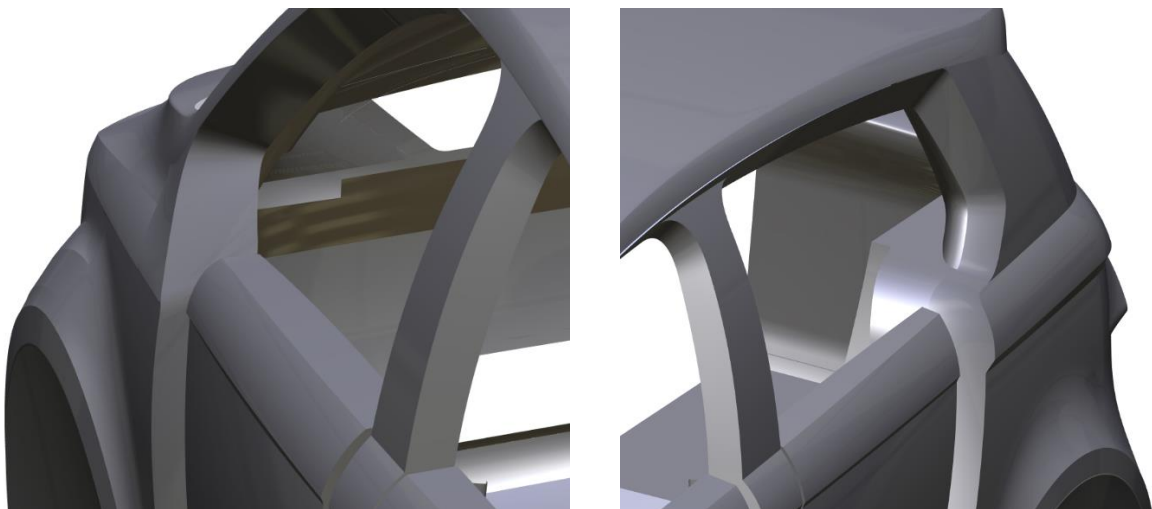


Abbildung 32: Übergang zur A- und D-Säule

Deshalb wurde der Versuch unternommen, Front und Heck in irgendeiner Form zu verbinden und hiermit wieder eine durchgehende Brüstungs- und Charakterlinie zu schaffen. Dies zu realisieren, hat sich als schwierig herausgestellt, da die Front und das Heck unabhängig voneinander bearbeitet wurden und nicht exakt zusammenpassten.

Bevor der Prozess der Verbindung zwischen Front und Heck beleuchtet wird, ist es sinnvoll, separat auf die Front- und Heckgestaltung einzugehen.

5.5.2 Front

Die Frontüberarbeitung wurde hochschulseitig als Projektarbeit realisiert. Ziel dieser Arbeit war eine Modernisierung der ursprünglichen Front, welche in Abbildung 33 zu sehen ist.



Abbildung 33: Ursprüngliche Fahrzeugfront (Stand Juli 2019)

Das Ergebnis dieser Ausarbeitung ist in Abbildung 34 zu sehen. Zu erkennen ist eine futuristisch und modern aussehende Front mit einer durchgehenden Leuchten-Grafik mit der Integration des HAW-Icons im Inneren des Scheinwerfers. Zum Zeitpunkt dieser Ausarbeitung war das Konzept der Skulptur und der Exterieur-Vereinfachung noch nicht vorhanden.



Abbildung 34: Überarbeitete Fahrzeugfront (Stand Juni 2020) [50]

Im Laufe des HCC21 Projektes wurde die skulpturale Exterieur-Vereinfachung für das Hardware-Messemodell präseneter. Diese überarbeitete Fahrzeugfront wurde nun dem Ziel der Skulptur angepasst. Dies entstand ebenfalls seitens HAW. Das Ergebnis dieser Arbeit ist in Abbildung 35 zu sehen.

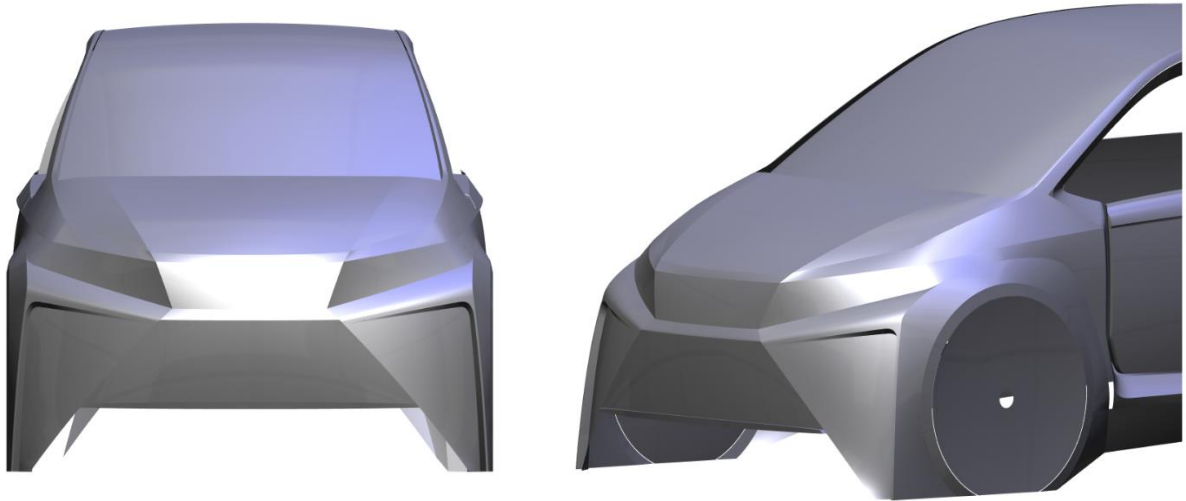


Abbildung 35: Messefront

Zu erkennen ist eine weiter reduzierte und von der Realität der Serienfahrzeuge entfernte Optik, wie sie bei Designstudien zu finden ist. Wie im Fragenkatalog herausgearbeitet, wurden hierbei die bei Showcars üblichen gestalterischen Freiheiten genutzt. Ein Wegfallen der konventionellen Reifen ist zu sehen. Da die Fläche komplett verschlossen wurde, wirkt der Radbereich insgesamt größer. Die Radwulst besitzt keine Kreisform mehr, sondern besteht aus einem Vieleck. Insgesamt ist die Frontpartie wesentlich markanter geworden.

5.5.3 Heck

In Abbildung 36 ist das Heck des ursprünglichen HCC21 zu sehen.



Abbildung 36: Ursprüngliches Fahrzeugheck (Stand Juli 2019)

Zum Heck gab es zu dieser Zeit (September 2020) im Vergleich zur Front keine weitere hochschulseitige Projektarbeit zur Überarbeitung des Standes. Zur Vereinfachung wurde entschieden, dass das Showcar keine Heckscheibe besitzen wird und dass sich die Heckklappe nicht öffnen lassen wird. Die Charakterlinie und die Brüstung im Heckbereich sind die einzigen Flächen, die nahezu unbearbeitet bis zum finalen Exterieur-Datenstand geblieben sind.

In Abbildung 37 ist die überarbeitete Front und das ursprüngliche Heck zu sehen. Die Front ist geprägt von klaren Kanten, während das Heck rundlichere Züge aufweist.



Abbildung 37: Vergleich Messefront und ursprüngliches Heck

Ziel war es an dieser Stelle, die Formsprache der Front nach hinten zu übertragen. Angefangen wurde hierbei mit den Radläufen. Das Radvieleck der vorderen Radläufe wurde versucht auch hinten umzusetzen. Hierzu wurden einige Designvorschläge in Alias modelliert, die in Abbildung 38 zu sehen sind. Als Modellierungsbasis wurde die Variante 2 gewählt. In Variante 1 befindet sich noch die ursprüngliche Heckmitte, die durch die eckigen Radvielecke keinen Bezug mehr zur Gesamtform besitzt. Dieser wurde deshalb wie in Variante 2 zu sehen, kantiger gestaltet und vom Design der Front angepasst. Der Abstand zwischen der Charakterlinie und der Radvieleckkante ist relativ groß, was auch dazu führt, dass das Hinterrad kleiner wirkt. Außerdem entsteht ein Linienstapel, welcher einen chaotischen Eindruck macht, nicht zum cleanen Exterieur passt und sich auch nicht sauber in das Umfeld integrieren lässt.

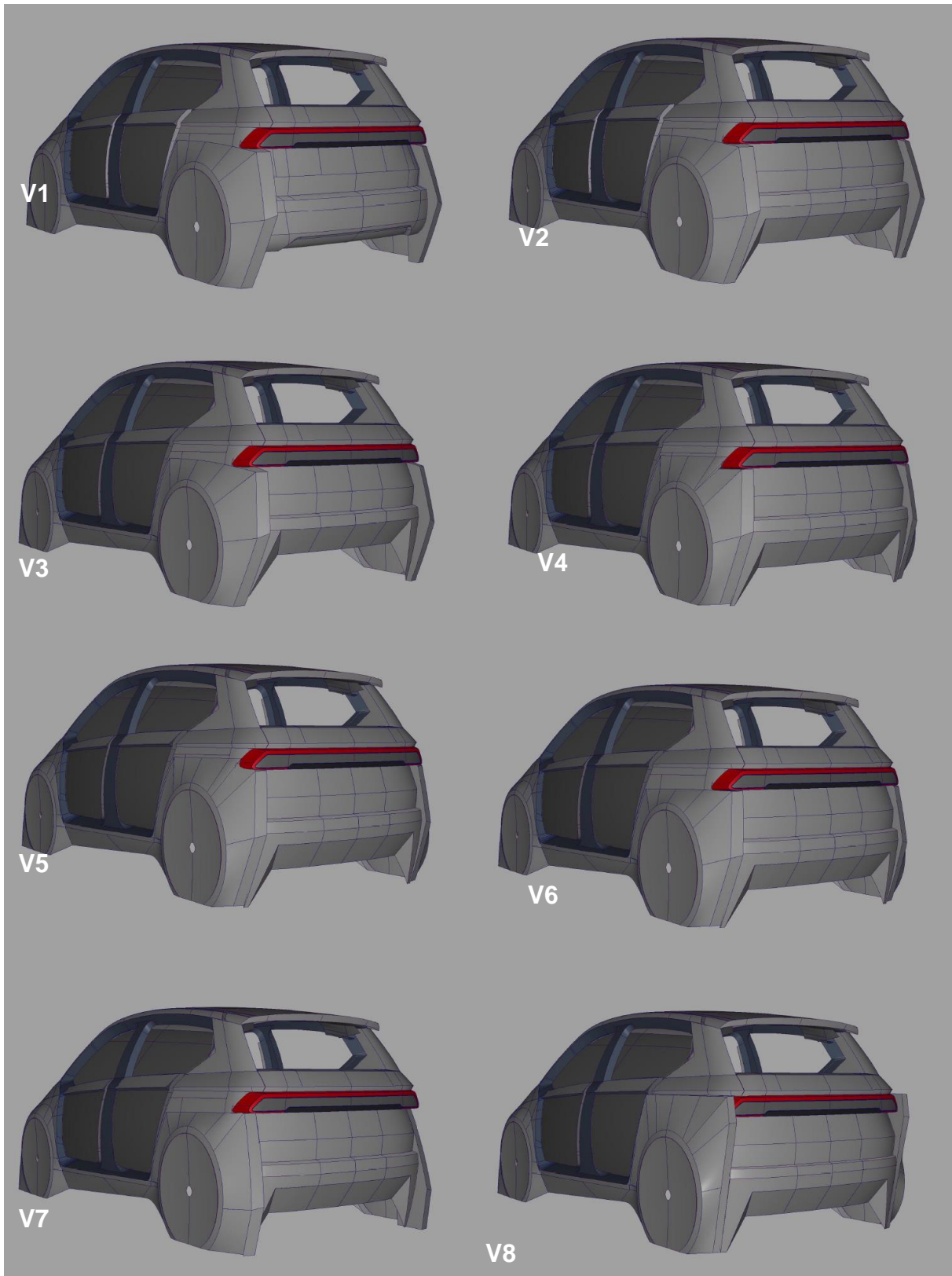


Abbildung 38: Radlauf und Heckvarianten [51]

Es wurde deshalb entschieden, die Oberkante des Radvielecks bündig zur Charakterlinienkante zu gestalten, wodurch sich eine Kante reduziert (Abbildung 39). Anschließend wurde das Rücklicht in diese Fläche integriert.

Die Rückleuchte wurde überarbeitet und auch schon zu diesem Zeitpunkt als einer der ersten Bauteile für den Modellbau vorbereitet. Möglich war dies, da die Rückleuchte relativ wenige Schnittstellen zu anderen Bereichen besitzt und etwas separat betrachtet werden kann.

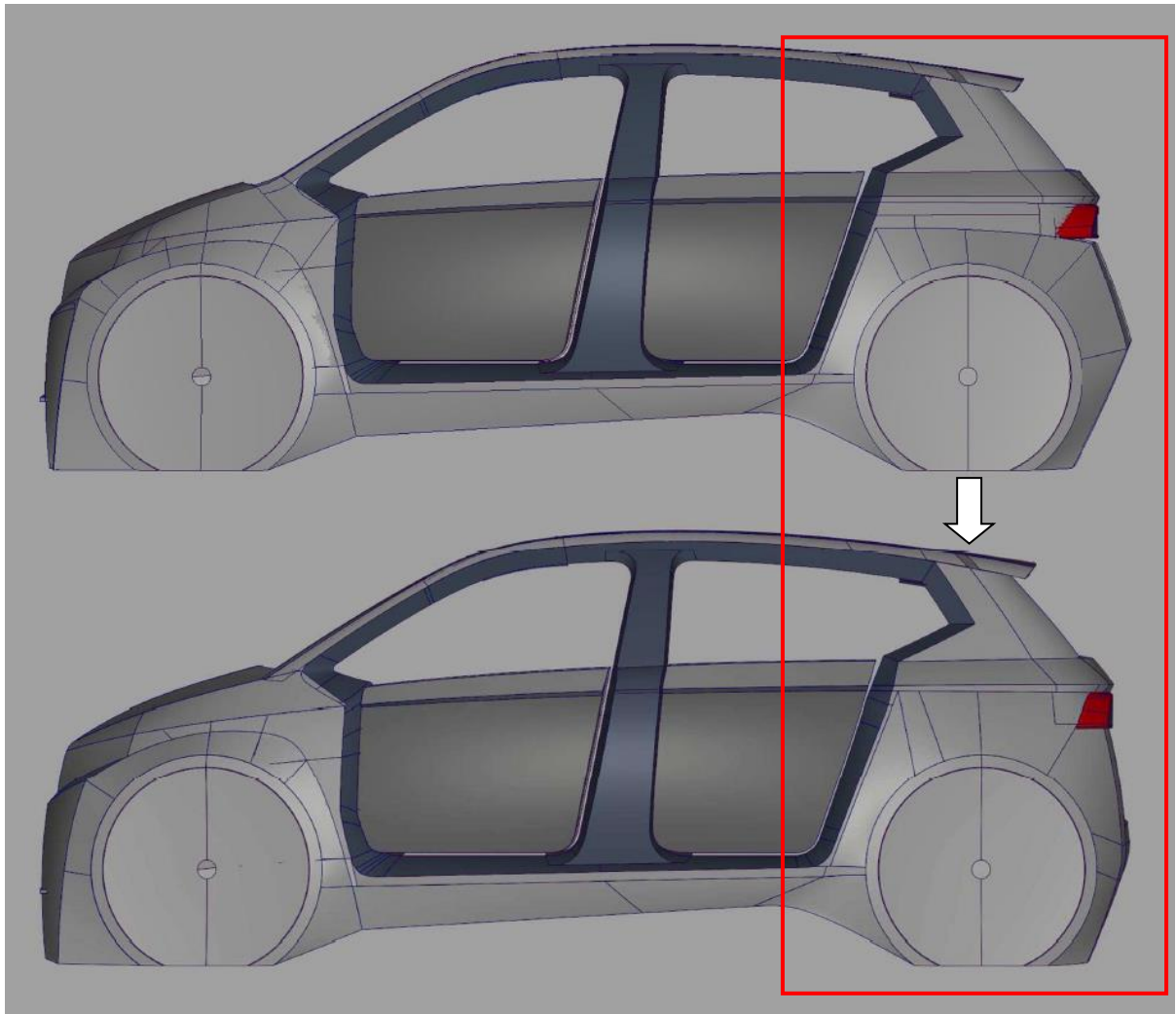


Abbildung 39: Optimierung Variante 2 [52]

Auch dort ist das neue Schwellerdesign mit dem skulpturartigen Charakter zu sehen.

Durch die Vielzahl von Anpassungen am Heck wirkt nun das vordere Radvieleck etwas unabhängig, wenn man das gesamte Fahrzeug in der Seitenansicht betrachtet. Aus diesem Grund beschloss man, den vorderen Radlauf analog zum hinteren zu integrieren (Abbildung 40).

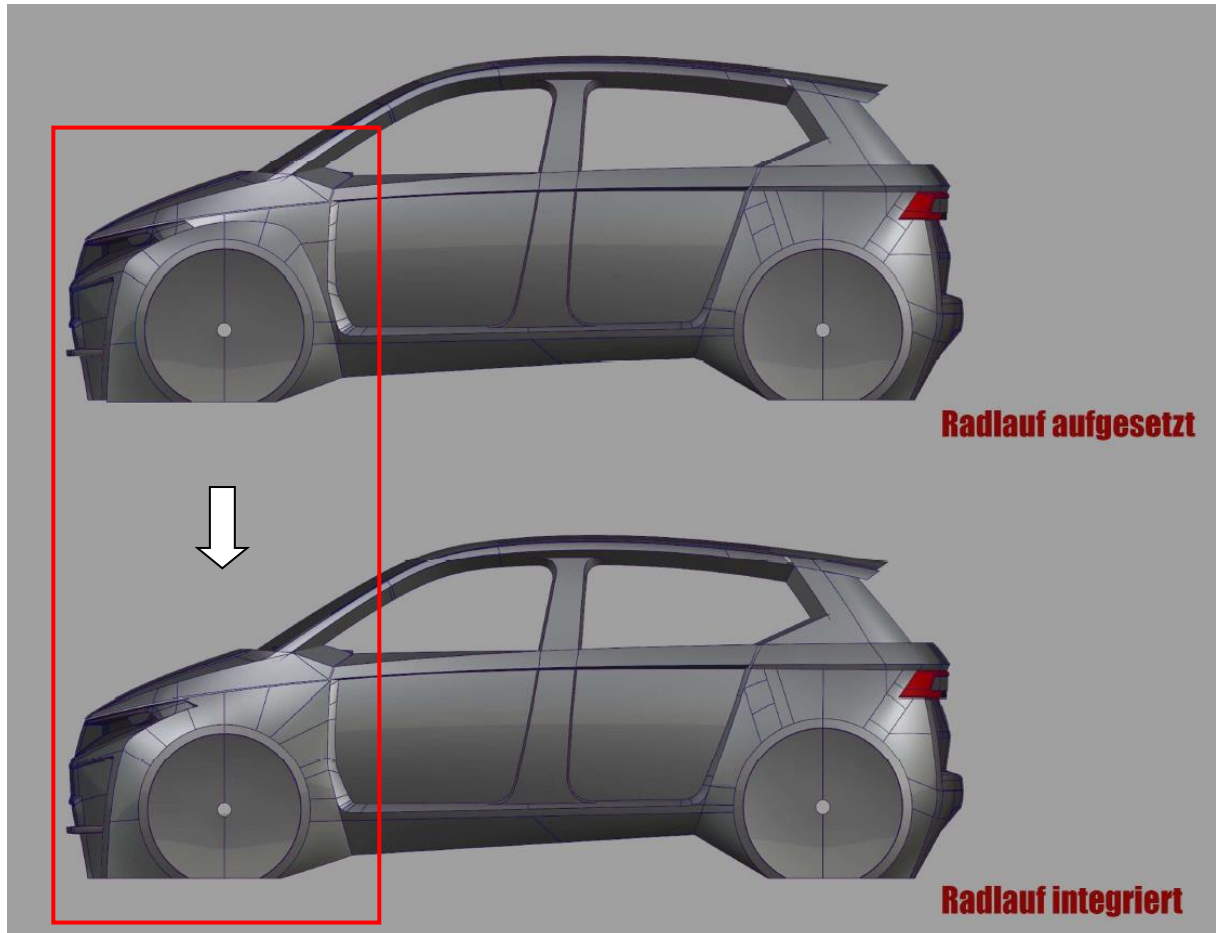


Abbildung 40: Optimierung vorderer Radlauf [53]

Das Ergebnis nach diesen Teilschritten ist ein wesentlich cleaneres Exterieur. Des Weiteren existiert nun ein stimmiges Gesamtfahrzeugdesign, bei welchem Front, Heck und Übergänge eine einheitliche Formsprache besitzen.

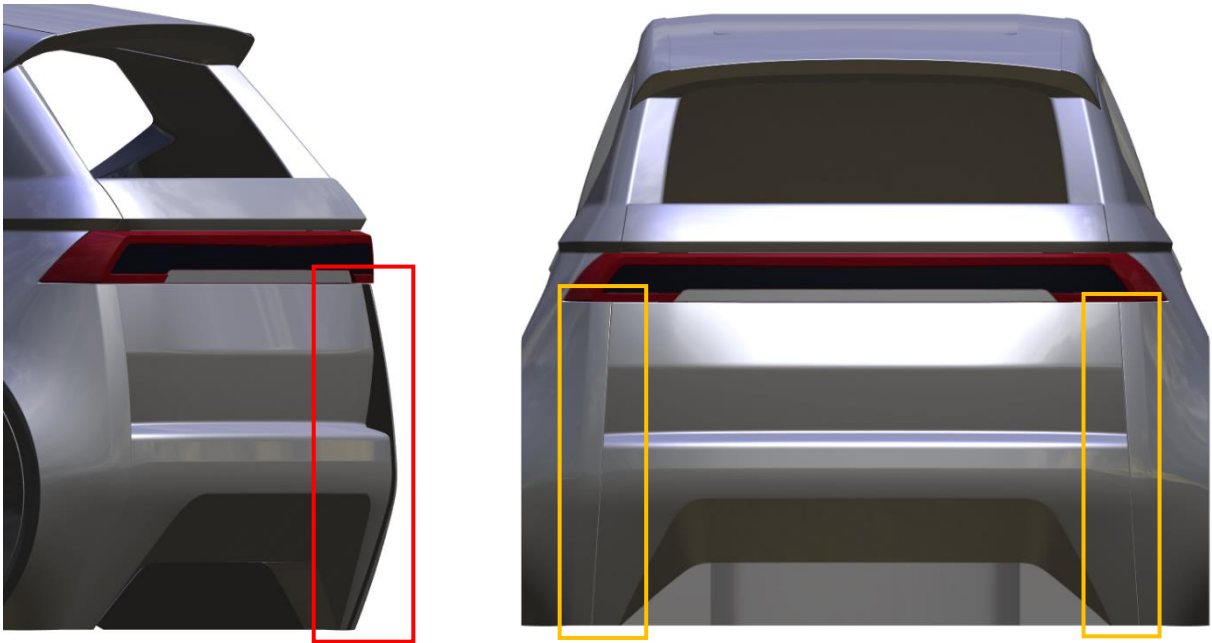


Abbildung 41: Fugen am Heck

Am Heck ist es schwierig, eine konstante Fuge im Modellbau zu erzeugen, weil die Fugenlänge relativ groß ist (Abbildung 41 gelber Kasten). Deshalb ragt die hintere Seitenwand etwas über das Heck hinaus (Abbildung 41 roter Kasten). Diese hilft dabei eine konstante Fuge zu gewährleisten. Wenn auf der rechten und linken Fahrzeugseite die Seitenwand um etwas unterschiedliche Längen hinausragen würde, wäre es weniger auffällig, da das Erkennen dieser Abweichung schwierig ist. Im Vergleich dazu würde eine Fuge, die nicht konstant ist oder eine etwas unterschiedliche Breite zu der benachbarten Fuge besitzt, stark auffallen.

5.5.4 Vermittlung zwischen Front und Heck

Das Straken der Messefront, der Heckflächen und der Radläufe sowie die Ausarbeitung der Fasenfuge und der Verbindung zwischen Front und Heck ist in etwa zeitlich parallel verlaufen. Wie am Anfang des Kapitels erwähnt, existiert durch das Hineinversetzen der Türen in Y kein passender Übergang zur A- und D-Säule (Abbildung 32). Diesen Aspekt des Exterieurs galt es zu optimieren, um ein schlüssiges Gesamtdesign zu erreichen.

Eine Lösungsidee, die Front und das Heck zu vermitteln, war es, eine Fläche (Abbildung 42) von dem A-Säulenknoten bis zur Brüstungsfläche unterhalb der D-Säule zu erstellen und somit die Brüstungsfläche im Türbereich erneut nach Fahrzeugaußen zu setzen. Dadurch erhöht sich das zuvor reduzierte Türgewicht erneut, jedoch nur um einen kleinen Anteil, welcher modellbautechnisch unbedenklich ist. Dies ist der Kompromiss zwischen gestalterischer Verbindung und Gewichtsreduzierung der Türen.

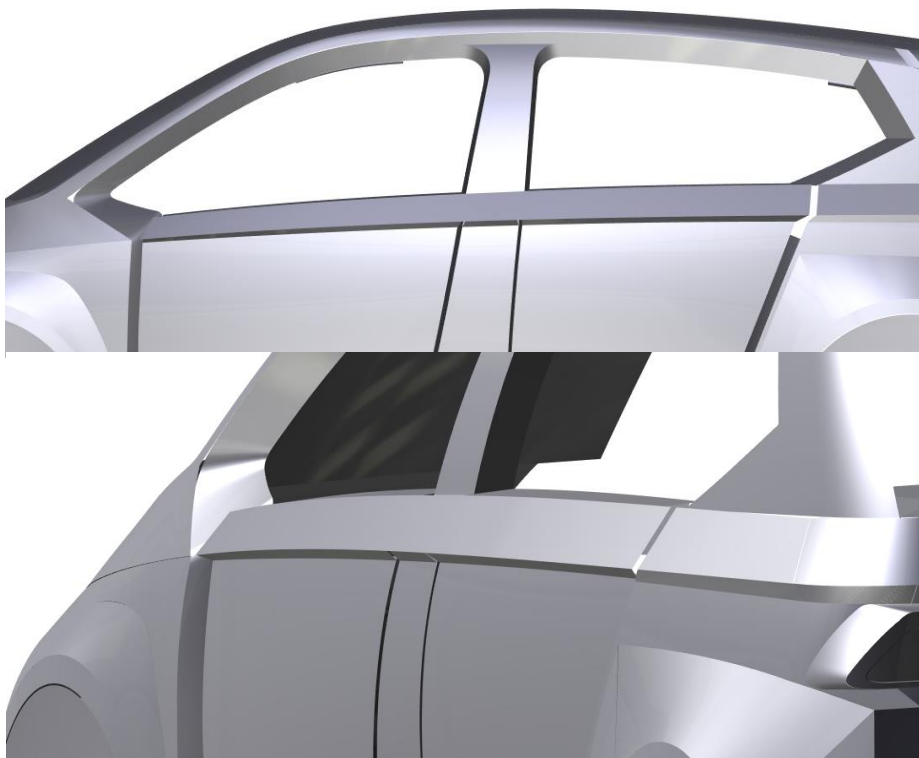


Abbildung 42: Verbindung A- und D-Säule

In Abbildung 43 wird die Durchgängigkeitsidee farblich markiert und die Umsetzung dargestellt. Eine weitere Idee war es, die oberen Flächen der Türinnenverkleidungen mit den Fasenflächen an der A- und D-Säule passend zu gestalten (gelbe Markierung).

Die Brüstungsfläche geht über die komplette Fahrzeugseite und läuft in die Motorhaube ein (blaue Markierung).

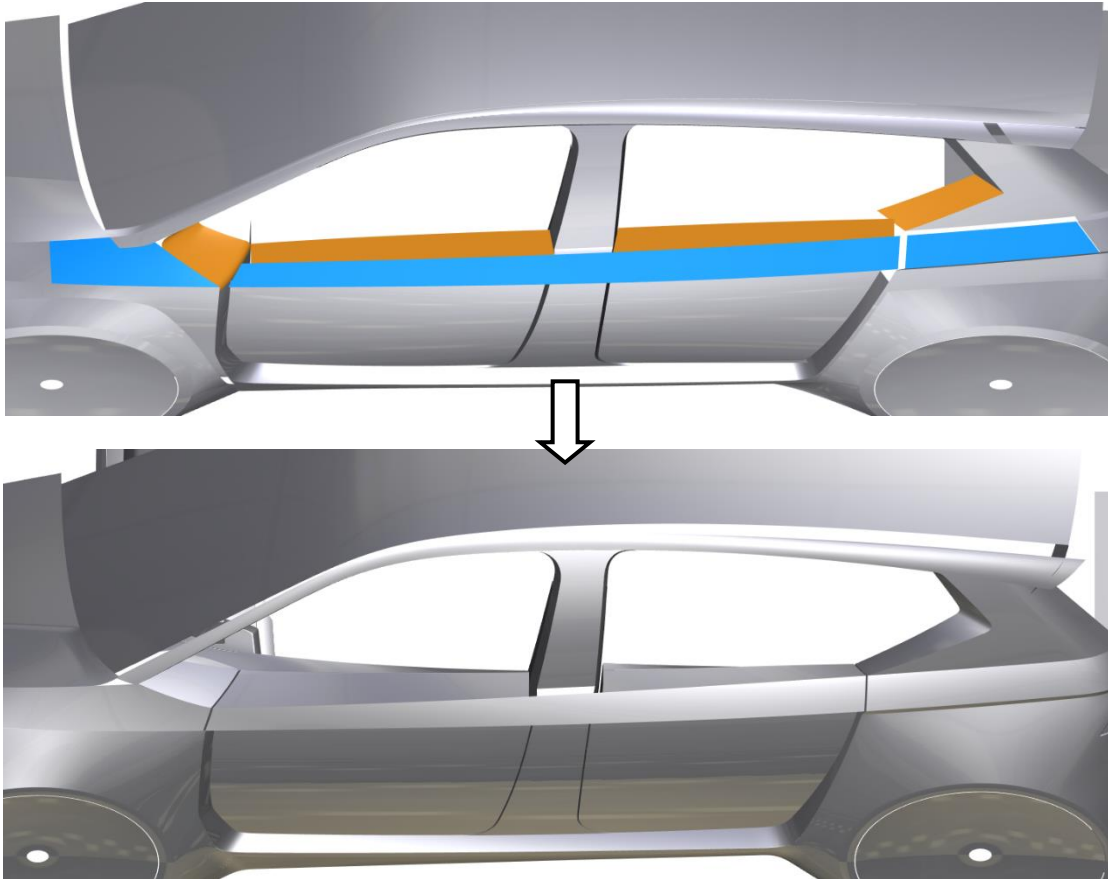


Abbildung 43: Idee und Umsetzung der Durchgängigkeit

Die bereits in Abbildung 31 dargestellte Fasnähe ist zu diesem Zeitpunkt als Konzeptidee zu verstehen, die im Laufe der Zeit überarbeitet wurde. Bei der inneren Begrenzung der Fasnähe wurde ein bereits an der Hochschule gestrahter Dichtflansch (Abbildung 44) als Grundlage genommen. Ziel war es beim Showcar eine Gummidichtung anzubringen, wie sie bei Serienfahrzeugen vorzufinden ist. Der ursprüngliche Dichtflansch vom Fahrzeugkonzept der Hochschule ist grün dargestellt. Die äußere cyanfarbene Kurve ist die anfängliche innere Begrenzung der Fasnähe. Die Begrenzung sollte nun an der inneren cyanfarbenen Linie geschehen (10,1mm Offset). Dies wurde im Rahmen einer weiteren Bachelorarbeit festgelegt. Hintergrund an dieser Stelle war das Annähern an bestimmte Abstände, wie sie bei Serienfahrzeugen vorzufinden waren. Die Kurvenverläufe in den rot eingerahmten Bereichen waren noch offene Punkte, da der A- und D-Säulenbereich zu diesem Zeitpunkt nicht fertig gestaltet war. Der Dichtflansch im oberen Bereich folgte der Form einer Scheibentonnen. Dieser musste in den rot markierten Bereichen nicht zwangsläufig

eingehalten werden, da das Showcar keine Fenster haben wird und somit ein Scheibenabzug nicht berücksichtigt werden muss.



Abbildung 44: Dichtflansch

In Abbildung 45 ist ein Zwischenstand mit allen bisher in Kapitel 5.5 beschriebenen Aspekten zu sehen. Hierzu gehören Front, Heck, Radläufe und die umlaufende Fase. Bei der Fase im D-Säulenbereich erkennt man eine verdrehte Fläche. Diese ist ein Resultat der Anpassungen an die Türinnenverkleidung.



Abbildung 45: Zwischenstand Exterieur Oktober 2020

Die Idee, die Türinnenverkleidung der Faserfläche anzupassen, hätte einen hohen Strakaufwand bedeutet, weil dadurch ein Großteil der Türinnenverkleidung neu angepasst werden müsste. KET-seitig wurden zu diesem Zeitpunkt bereits die Verkleidungen, die an der HAW begonnen wurden, aufwändig überarbeitet. Es wurden an dieser Stelle mehrere Varianten erstellt. Dies schließt auch Varianten ein, in denen

keine verdrehte Fläche zu sehen ist, da diese komplett nach Innen geneigt wurde. Am Ende hat man sich dennoch entschieden, eine sichtbare verdrehte Fläche zu verwenden, um eine durchgängige Sichtbarkeit der Faserfläche zu gewährleisten. Nach diversen Gesprächen zur inhaltlichen Festlegung des Showcars, wurde entschieden, dass die Türen entfallen, weil sie ein großer Kostenfaktor sind und auch nicht zwangsläufig die Idee des HCC21 repräsentieren (Kapitel 5.3). Die vorher gestraakte B-Säule mit den ausgelegten Scharnieren, musste neu gestaltet werden. Weniger Restriktionen und das Eintreten in den absoluten Sichtbereich, waren die neuen Rahmenbedingungen für die Gestaltung. Es ist darauf hinzuweisen, dass bei der B-Säule, im Vergleich zu anderen Bauteilen, neben dem CAS-Modeling zu diesem Zeitpunkt auch mit der Modellbaukonstruktion begonnen wurde. Aus diesem Grund wird die B-Säule etwas intensiver durchleuchtet.

5.5.5 B-Säule

In Abbildung 46 ist ein Konstruktionsstand der B-Säule zu sehen. Diese beinhaltet noch die Aussparung für die Scharnierbefestigung. Die Türen sind zur Orientierung transparent dargestellt worden. Die Konstruktion der B-Säule erfolgte im Rahmen einer weiteren Bachelorarbeit an der HAW. Nachdem die Türen für das Showcar verworfen wurden, wird die B-Säulenvariante mit Türen intern an der HAW für den virtuellen Prototyp als Basis genutzt. Das Modellieren der B-Säule für das Showcar erfolgte von nun an bei KET.

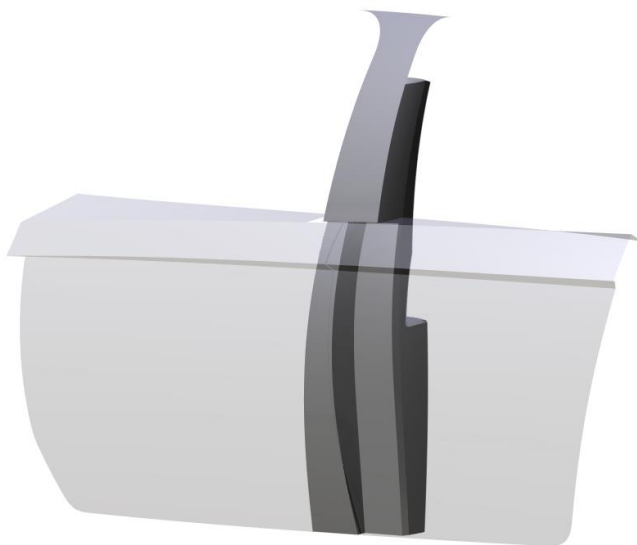


Abbildung 46: Konstruktionsstand B-Säule Mitte Oktober 2020

In Abbildung 47 und 48 ist die für das Showcar optimierte B-Säule zusammen mit dem Rest des Showcars zu sehen, welcher auch in Form von CAD-Daten zur Firma Witte übersendet wurde, um den Fräsrohling zu bestellen. Verrundungen waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht eingearbeitet. Bedeutend für die Firma Witte waren hierbei die allgemeinen Abmaße. Es wurde entschieden, dass die B-Säule glatt vom Dach bis zum Schweller durchläuft. Ebenso wurde darauf geachtet, dass die Seitenflächen der B-Säule eine nahtlose Fortsetzung zum Schweller und zum Dach ermöglichen. Hierbei wurde auch aus Designgründen vom Dichtflansch an einigen Stellen abgewichen.

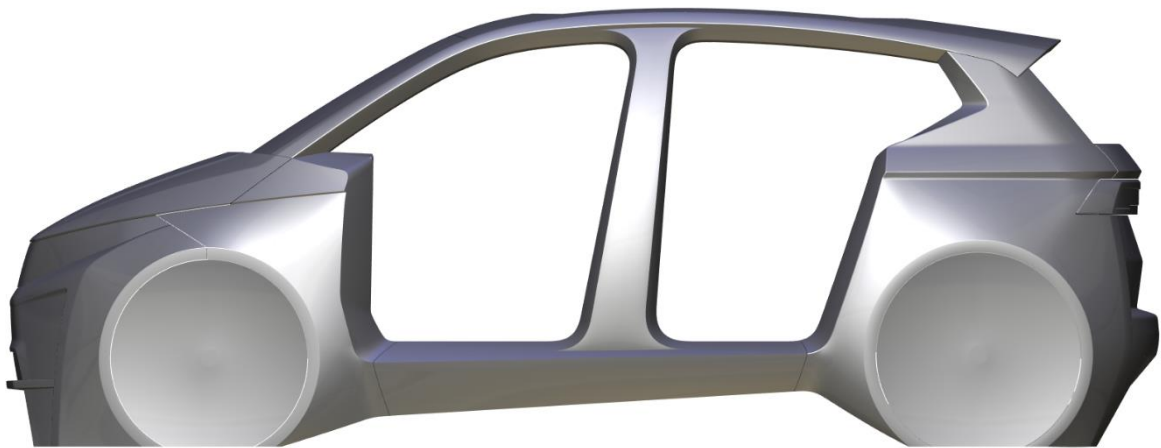


Abbildung 47: B-Säule im Umfeld (Seitenansicht)

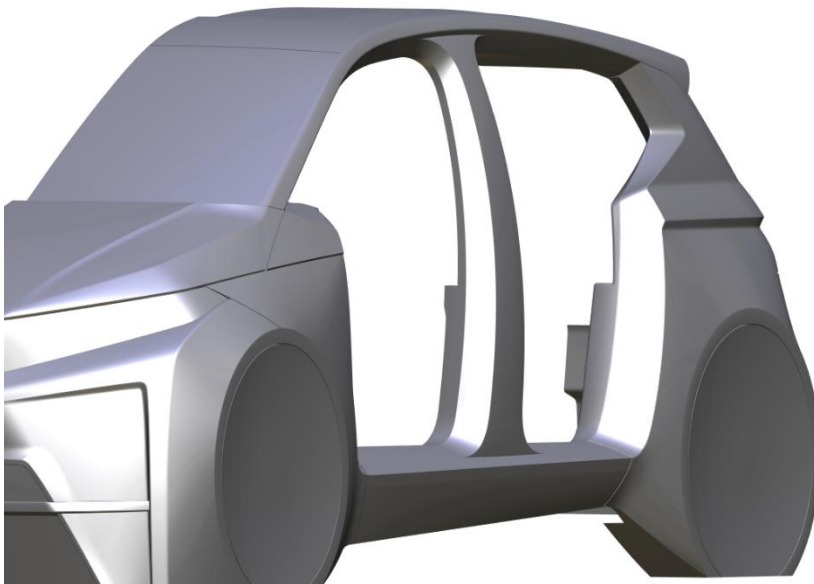


Abbildung 48: B-Säule im Umfeld (schräg)

Die verdrehte Fasenfugenfläche an der D-Säule könnte man theoretisch wieder korrigieren, weil keine Türen und somit Türinnenverkleidungen mehr als Restriktionen existieren. Jedoch wurden am gesamten Heck bereits Radien konstruiert, und der

Interieurteil der Seitenwand war zu diesem Zeitpunkt ebenfalls abgeschlossen. Deshalb entschied man sich diese beizubehalten.

Ein Problem, welches durch das Wegfallen der Türen noch entstanden ist, ist die Unterbrechung der Charakterlinie. Nun findet die schmale Skoda-artige Frontfuge keinen Bezug mehr zur breiteren Charakterstufe am Heck, da die Charakterlinie über den Türbereich hinweg immer schmaler wurde (Abbildung 49).

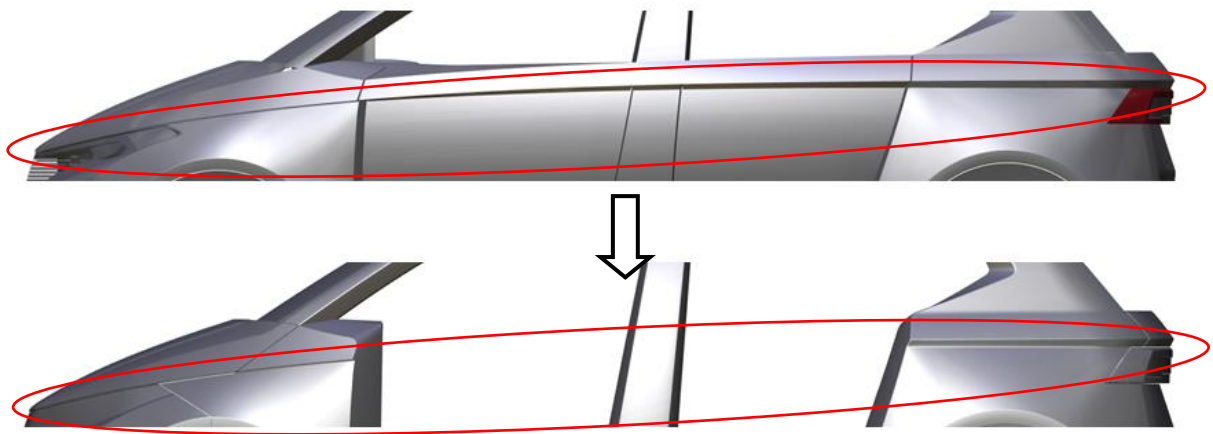


Abbildung 49: Charakterlinie Vergleich

Es wurden Vorschläge herausgearbeitet, die eine Fortsetzung der Charakterstufe in der B-Säule enthalten, um eine Vermittlung zwischen Front und Heck herstellen zu können. Diese haben keine befriedigende Lösung herbeigeführt. Unabhängig davon wurde der B-Säulendatensatz zu diesem Zeitpunkt bereits zur Firma Witte übersendet. Diese teilten mit, dass eine Änderung nicht mehr in Frage käme, da bereits Arbeiten auf Grundlage der glatten B-Säule liefen.

Im Interieur existierten zu diesem Zeitpunkt noch Baustellen an den Flächen der I-Tafel. Das Wegfallen der Türen ermöglichte auch die Überarbeitung der I-Tafel ohne die Restriktionen der Einläufe in die Türinnenverkleidungen. Dadurch wurde die I-Tafel zu den Fasen-/Grauzonenflächen neu begrenzt und gewisse Proportionen und Kantenverläufe optimiert. Diese Überarbeitung wurde jedoch verworfen, da diese Flächen nicht mehr zu den virtuellen Prototypen passten, der noch Türen und somit Türinnenverkleidungen besitzt, an denen die I-Tafel optisch einlaufen muss.

5.5.6 Modellbautechnische Umsetzung

An dieser Stelle wird etwas ausführlicher auf den Modellbau eingegangen. Das CAS-Modeling und die Modellbaukonstruktion sind noch nicht abgeschlossen (Stand: Ende Mai 2021). Einige der nachfolgend erläuterten Aspekte wurden bereits ausgearbeitet und einige stehen noch aus. Bei den ausstehenden Arbeiten wird auf das prinzipielle Vorgehen an dieser Stelle eingegangen.

5.5.6.1 Bauteilsegmente

Im Modellbau ist das Ziel, die Blöcke so groß wie möglich zu Fräsen, um mit einem Bauteil so viel Karosserie wie möglich abzubilden und den Arbeitsaufwand sowie die Kosten so gering wie möglich zu halten. In Abbildung 50 sind die aufgeteilten Segmente zu sehen. Um die Messetauglichkeit zu gewährleisten, sollten Bauteildicken von ca. 15mm nicht unterschritten werden, um die Bruchgefahr während einer Ausstellung zu minimieren.

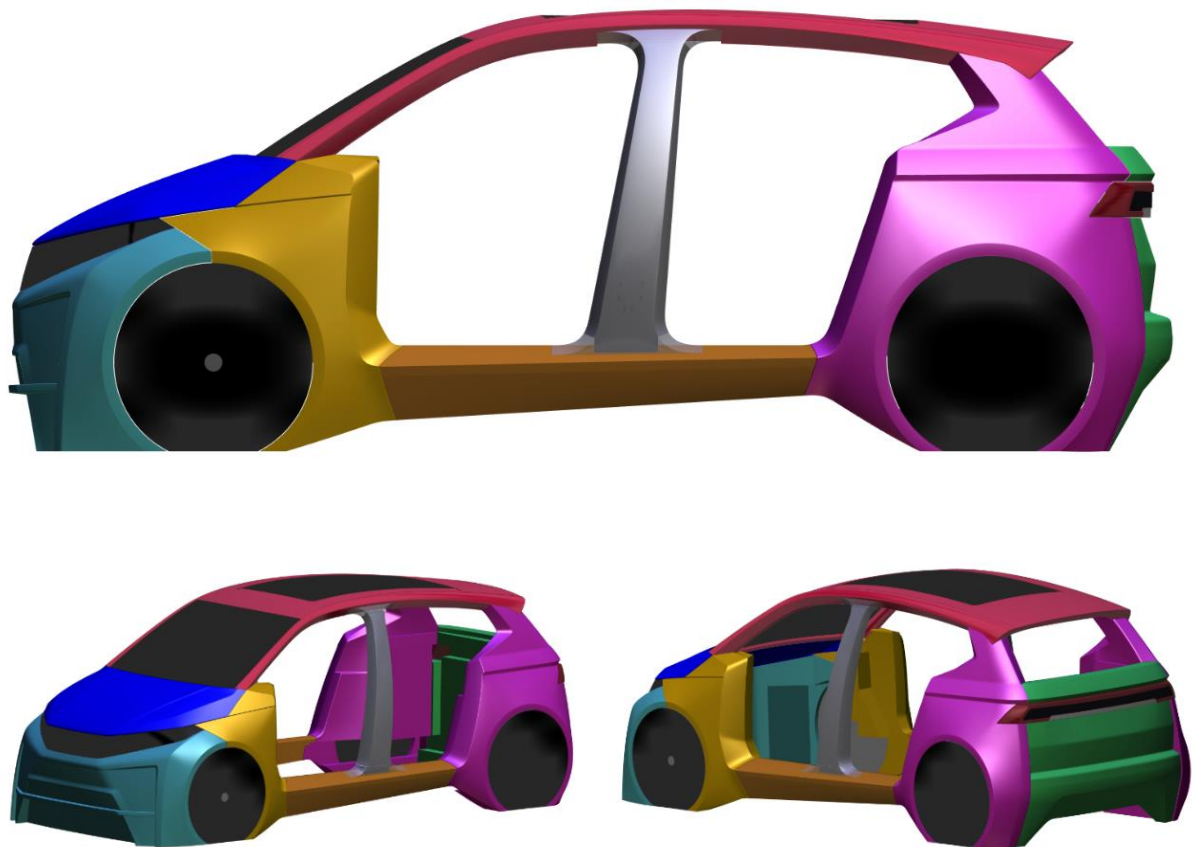


Abbildung 50: Bauteilsegmente des Showcars

Das Exterieur des HCC21 ist wie folgt aufgeteilt:

- Rahmen
- Front 5-teilig: Motorhaube, Scheinwerfer, Front-Stoßfänger mit Lufteinlässen und Seitenteil vorne (2x)
- Heck 4-teilig: Heckmitte, Rückleuchte und Seitenwand hinten (2x)
- Dach 3-teilig: Dachstruktur, Frontscheibe und Panoramadach
- Schweller 1-teilig
- B-Säule 3-teilig
- Radbereich 1-teilig (4x)

Beim Fräsen wird zwischen positivem und negativem Fräsen unterschieden. Beim positiven Fräsen wird die Zielgeometrie direkt aus dem Blockmaterial erreicht, indem das überschüssige Material abgefräst wird. Falls die Zielgeometrie größere Abmaße als der Block besitzen sollte, gibt es die Möglichkeit, mehrere Blöcke zu verkleben. Die Fugen, die sich dadurch ergeben, sind nach dem Lackieren nicht mehr zu sehen. Beim HCC21 handelt es sich bei allen Bauteilen, mit Ausnahme des Daches, um positive Frästeile.

Einige Bauteile decken nur das Exterieur ab wie z.B. die Motorhaube. Das Dach oder die Seitenwand hinten (Abbildung 51) z.B. decken Exterieur und Interieur gleichzeitig ab. Bei einem Serienfahrzeug wäre hier ein Hohlraum mit Platz für beispielsweise Strukturteile.

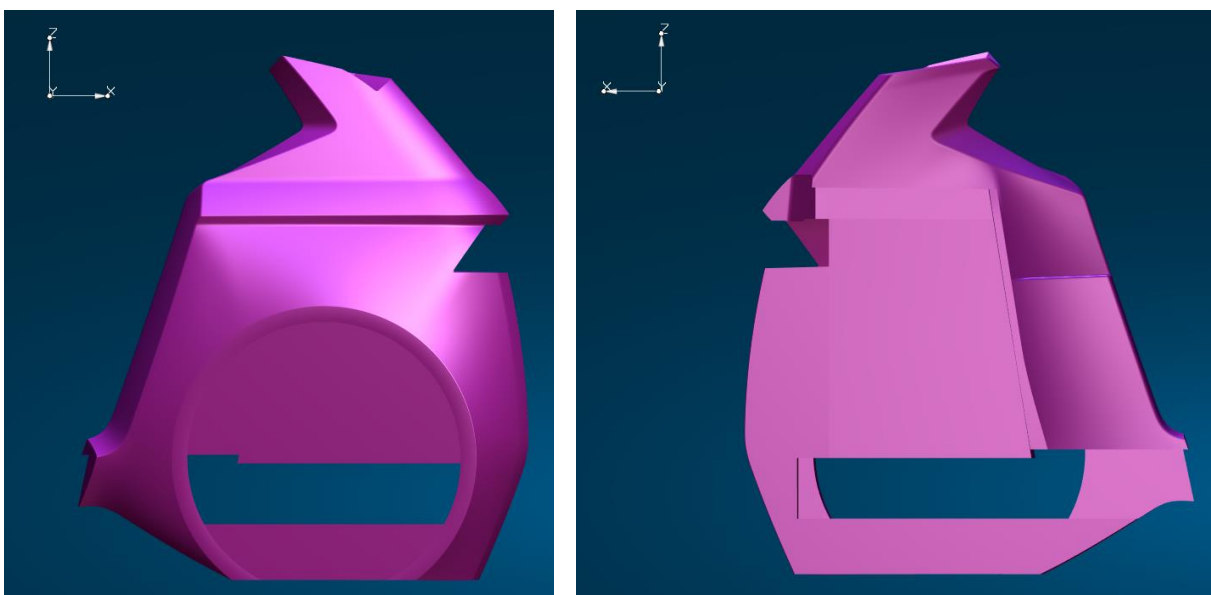


Abbildung 51: Seitenwand hinten

Frästechnisch sind solche Bauteile aufwändiger als nur einseitig separat gefräste Teile. Hierbei gibt es drei Varianten:

Variante 1: Erst wird die eine Seite gefräst. Danach wird das Bauteil umgedreht und auf eine vorher gefräste Auflagefläche gelegt, die eine passende negative Hilfsfläche des Bauteils enthält, um anschließend die Rückseite des Bauteils zu fräsen.

Variante 2: Das Bauteil wird aufgestellt und umlaufend gefräst.

Variante 3: Das Bauteil wird zweiteilig erstellt, in dem ein Teil den inneren und ein Teil den äußeren Part abbildet. Diese beiden Teile werden anschließend verklebt.

Es lässt sich pauschal nicht festlegen, welche Variante in welchem Fall verwendet wird. Stattdessen wird dies spezifisch anhand der Bauteilgeometrie entschieden. Die gängigste Variante ist jedoch die zweite.

Bei den Bauteiltrennungen muss darauf geachtet werden, dass die Bauteile keinen Hinterschnitt in Montagerichtung besitzen. In Abbildung 52 sind drei verschiedene Bauteiltrennwinkel dargestellt. Die schwarzen Flächen stellen das Umfeld und die blauen Flächen das Bauteil, das montiert werden soll, dar. In A ist ein hinterschnittiges Bauteil zu sehen, welches ein Montieren in der vorgegebenen Richtung unmöglich macht. In Variante B ist eine Montage zwar möglich, jedoch könnte es unter Umständen zu Reibungen kommen, welche z.B. den Lack vom Bauteil lösen könnten. Deshalb wird eine Montageschräge wie in Beispiel C einkonstruiert.

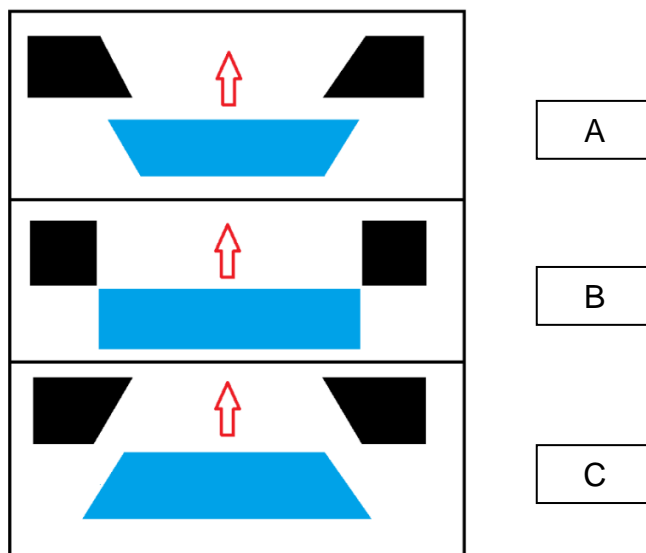


Abbildung 52: Visualisierung Bauteiltrennwinkel

Der Winkel sollte ca. 2-3° betragen und die Fuge sollte eine Breite von ca. 1-2mm besitzen. Der Fugenabstand dient als Toleranz und ist notwendig, da es durch Grundieren und Lackieren zu größeren Abmaßen der Bauteile kommt. Zudem dient es dem Zweck einer problemarmen Montage. Die Toleranz hat auch eine Schutzfunktion, um Schäden vorzubeugen, falls das Modell sich beim Transport bewegen und dadurch ein Abstand lokal kleiner werden sollte. Dies ist unter anderem abhängig von der Steifigkeit des Rahmens.

Ein anderer Faktor beim Auslegen von Montageschrägen ist das Design. Der ästhetische Anspruch liegt hierbei darin, die Fugen entlang, parallel oder auffächernd zum Umfeld zu modellieren. Beispielhaft hierfür wird die Teilung der B-Säule und des Schwellers genommen. In Abbildung 53 ist die parallele Orientierung der B-Säulenfuge am Umfeld zu sehen.

Beim Betrachten der B-Säule von Fahrzeugvorne (Abbildung 54) ist zu sehen, dass dort die Fuge zur Fuge am Schweller etwas auffächert. Außerdem ist die Montageschräge in Bezug zu einer Y-Parallelen dargestellt (weiß gestrichelt), wie in Abbildung 52 bereits erläutert.

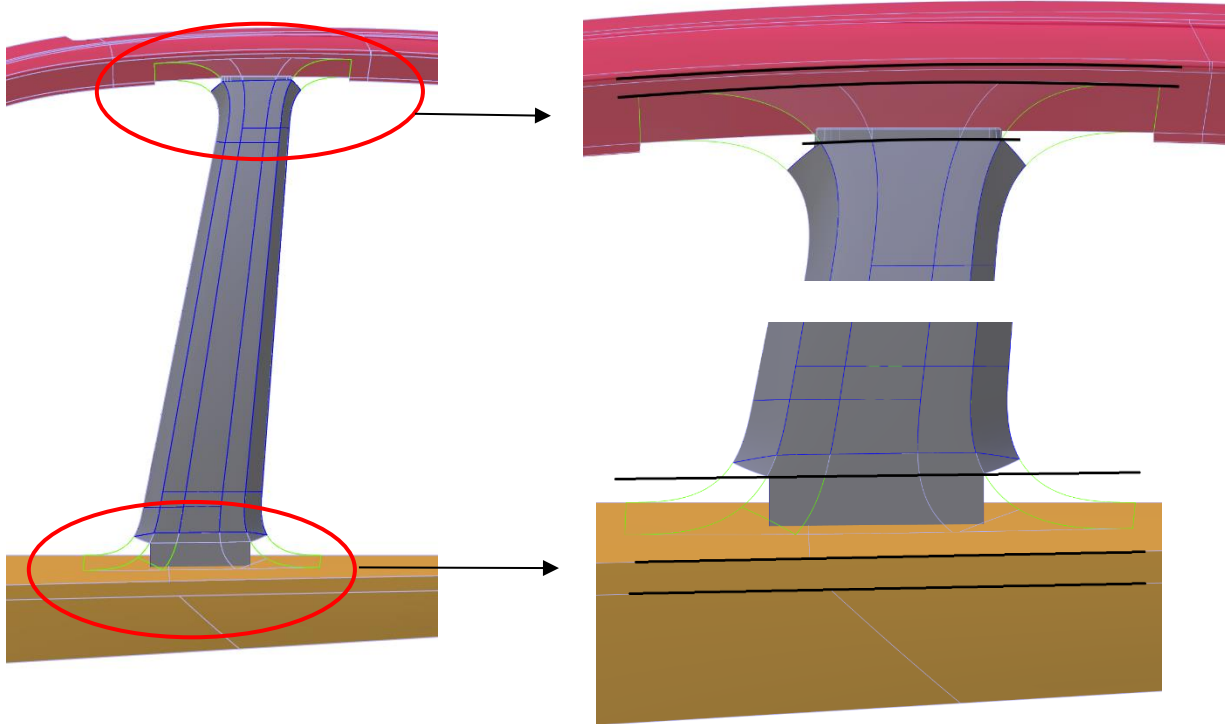


Abbildung 53: Bauteiltrennungen B-Säule Seitenansicht

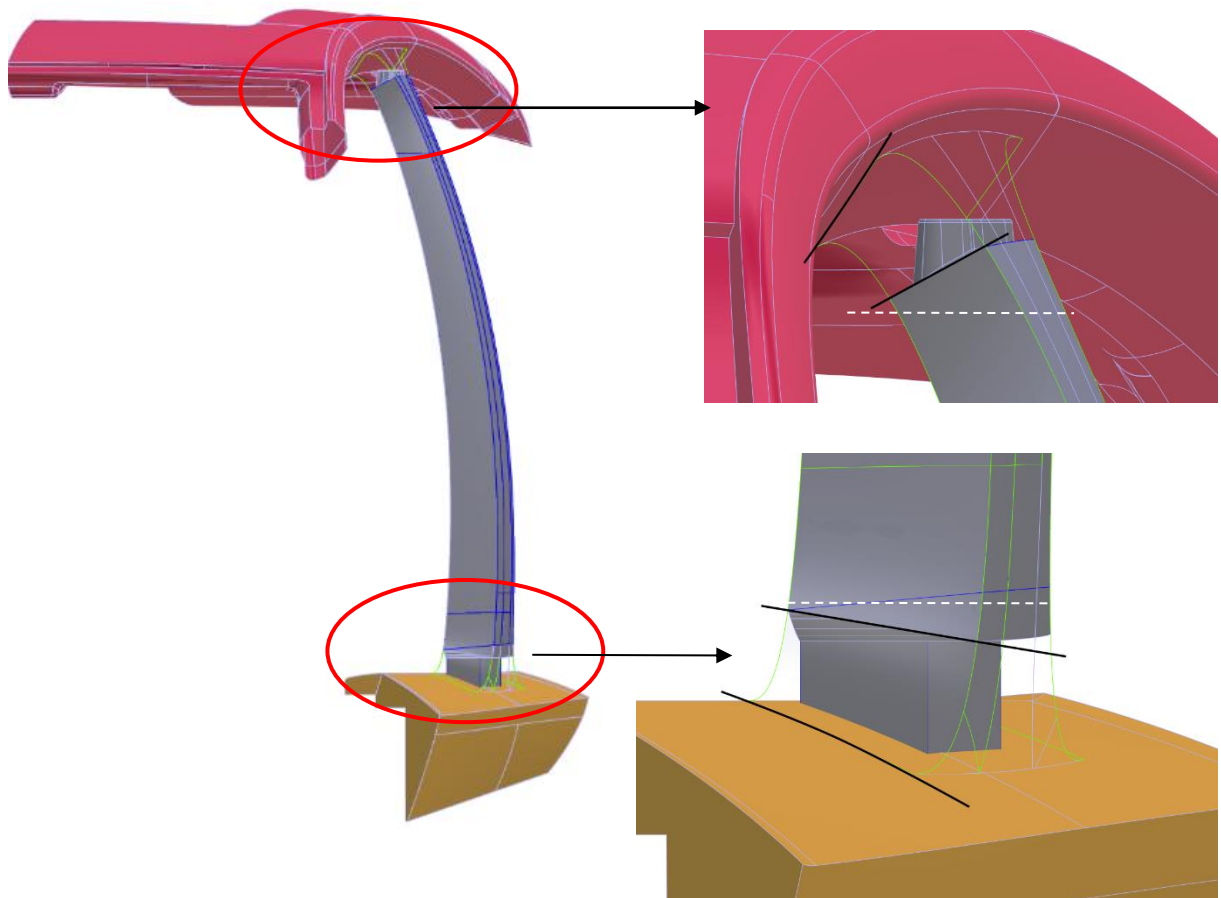


Abbildung 54: Bauteiltrennungen B-Säule schräg vorne

5.5.6.2 Leichtbau / Laminier-Verfahren

Bei Serienfahrzeugen spielt der Leichtbau eine Rolle. Je geringer das Fahrzeuggewicht ist, desto weniger Masse wird befördert und somit auch weniger Kraftstoff verbraucht. Die Priorisierung des Leichtbaus ist je nach Fahrzeugsegment unterschiedlich. Bei einem Supersportwagen gelten hierbei höhere Anforderungen als beispielsweise bei einem Van. Bei der Showcarentwicklung ist Leichtbau ebenfalls ein wichtiger Aspekt. Hier wurde am Anfang des Kapitels das Beispiel mit den Türen herangezogen. Bei den Türen wurde eine Gewichtsreduzierung durch das Verkleinern des Fräsvolumens herbeigeführt.

An dieser Stelle wird auf das Dach des HCC21 eingegangen. Dort ist ein geringes Gewicht aus Festigkeitsgründen nötig. Ein positiv gefrästes Dach aus Blockmaterial würde ein hohes Gewicht aufgrund der Dichte des Schaumes besitzen. Die Säulen könnten dieses Gewicht nicht halten, zumal die A-Säule einen relativ steilen Winkel besitzt und schmal ist. Erschütterungen beim Transport beispielsweise benachteiligen die Struktur zusätzlich. Bei Showcars ist die Verbindungsstelle zwischen A-Säule und Dach ein kritischer Punkt, der sorgfältig durchdacht werden muss. Dieser Aspekt wurde im Laufe der Zeit über mehrere Projekte hinweg optimiert.

Problematisch ist hierbei zudem die aus designgründen nach Fahrzeugaußen bombierte B-Säule. Das Fräsvolumen analog zu den Türen zu verkleinern ist hierbei nicht möglich, da das Dach bereits relativ schmal ist. Das Laminier-Verfahren ist eine weitere Möglichkeit, um eine Gewichtsreduktion zu erzielen. Beim HCC21 werden das Dach und die A-Säulen einteilig (Abbildung 55) aus einem Laminat-Schaum-Verbund gefertigt, um so die Steifigkeit an der kritischen Verbindungsstelle zu erhöhen.

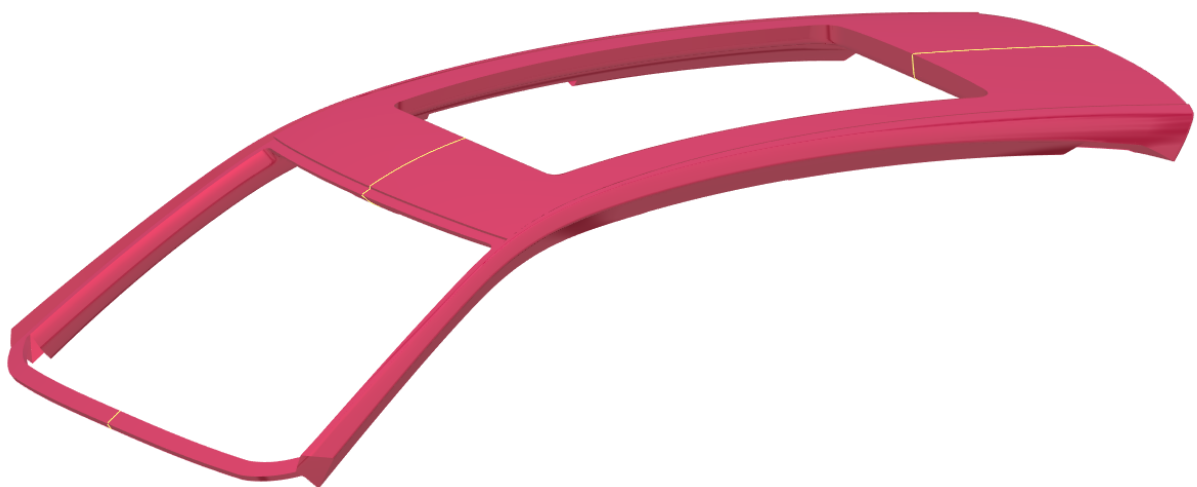


Abbildung 55: HCC21 Dach

Abbildung 56 zeigt exemplarisch den Querschnitt eines Quaders zur Beschreibung des Laminier-Verfahrens und lässt sich auch auf komplexere Geometrien anwenden.

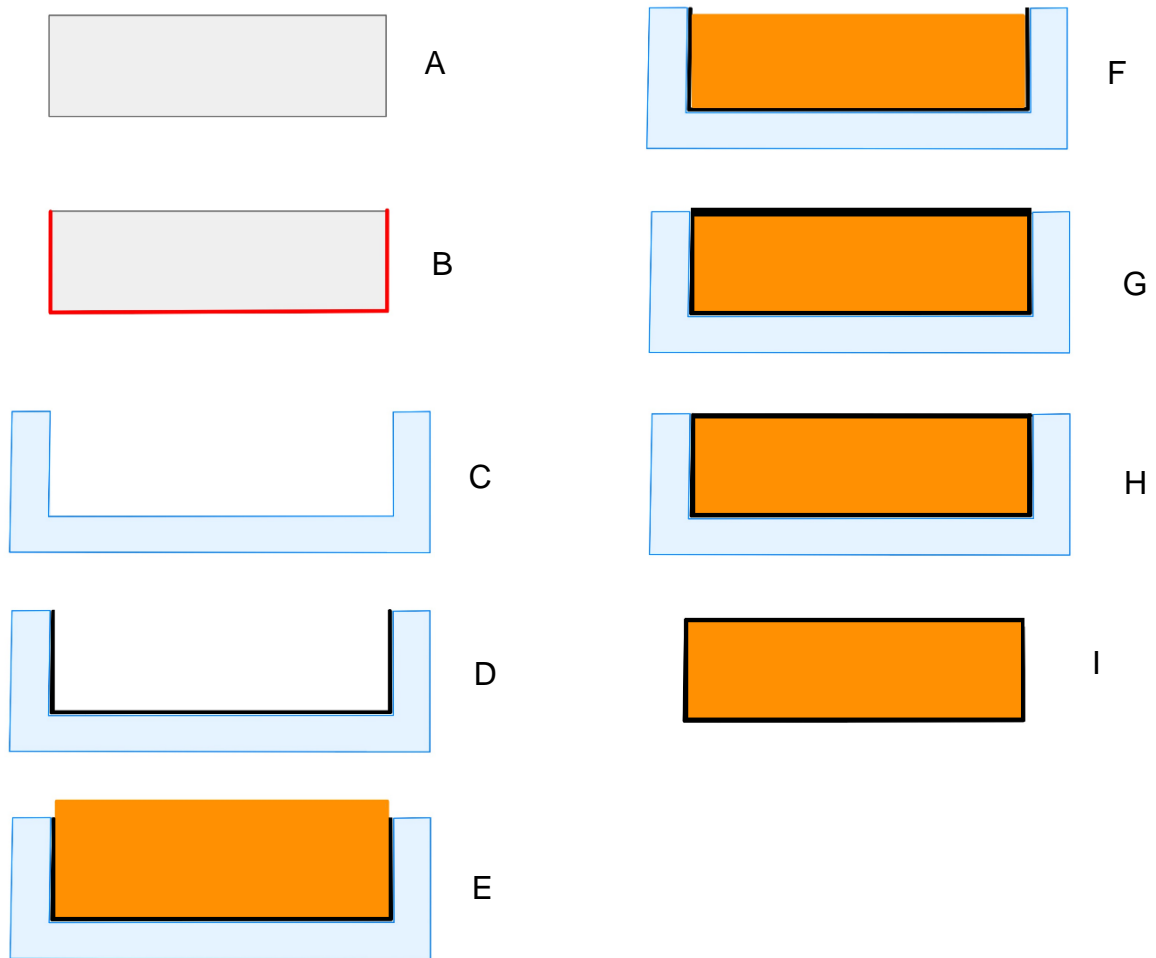


Abbildung 56: Laminier-Verfahren

In (A) ist der Querschnitt der Zielgeometrie zu sehen. Die rote Kontur in (B) wird als Negativ aus Ureol gefräst (C). Auf diese Kontur wird Glasfaser oder Kohlefaser mit einer Stärke von ca. 1mm einlaminiert (D). Der Prozess des Laminierens beginnt mit dem Auftragen eines Trennmittels auf der Negativform und dient dazu ein Verkleben des Laminates mit der Negativform zu verhindern und später ein leichteres Trennen voneinander zu gewährleisten. Nach dem Austrocknen des Trennmittels werden Glasfaser- oder Kohlefaserlagen trocken eingelegt (ca. 3 Lagen). Danach wird mit dem Vakuuminfusionsverfahren Expoxidharz injiziert.

Nach dem Trocknen des Laminats wird auf diesen nun ein Schaum geklebt (E), der nur über einen Bruchteil der Dichte verfügt von positiv gefrästen Schäumen verfügt. Dieser ragt etwas über die Zielgeometrie hinaus. Anschließend wird der Schaum so befräst, dass die Außenkontur des Schaumes ca. 1mm unterhalb der Zielgeometrie liegt (F). Auf diese Kontur wird nun eine Laminatschicht von ca. 1,5mm laminiert (G).

Abschließend wird das überschüssige Laminat abgefräst (H). In (I) ist die gewünschte Zielgeometrie, ohne die Negativ-Fräsform zu sehen.

Es ist hinzuzufügen, dass beim Laminieren nicht zwangsläufig Entformschrägen am Bauteil existieren müssen. Es gibt zwei Möglichkeiten, Bauteile mit Hinterschnitt zu laminieren:

Variante A: Das Negativ-Frästeil (C) aus mehreren Komponenten fräsen, verschrauben, und nach dem Laminier-Prozess wieder entschrauben, sodass das Bauteil entnommen werden kann.

Variante B: Das Negativ-Frästeil als Ganzes fräsen und nach dem Laminier-Prozess zerstören.

Ersteres nimmt bei der Vorbereitung mehr Zeit in Anspruch. Das Zerstören birgt jedoch das Risiko das Bauteil zu beschädigen. Wie man vorgeht, muss speziell am einzelnen Bauteil abgewogen werden. Falls mehrere identische Bauteile laminiert werden sollen, ist nur das Erstellen von einem mehrteiligen Negativfrästeil sinnvoll, damit dieser wiederverwendet werden kann. Eine Konstruktion ohne Hinterschnitt und mit Entformschrägen ist jedoch allgemein zeitsparender und sollte angestrebt werden.

Als Endergebnis des Laminier-Verfahrens erhält man eine Art Sandwich-Struktur, die leicht und stabil ist. Das Ziel der Gewichtsersparnis beim Laminieren wird durch Schaum realisiert. Dieser ist ein PU-Schaum und besitzt eine Dichte von ca. $0,1 \frac{kg}{dm^3}$. Der Schaum, der beim positiven Fräsen verwendet wird (Ureol) besitzt eine Dichte von $0,6-0,73 \frac{kg}{dm^3}$ [54].

5.5.6.3 B-Säule

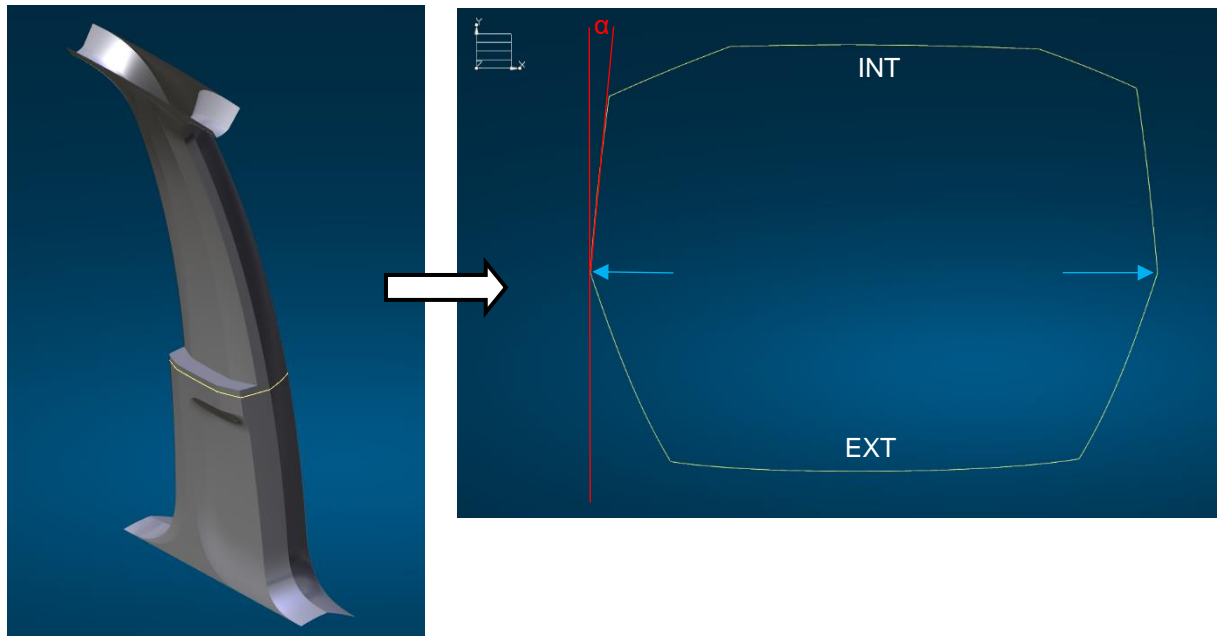


Abbildung 57: Z-Schnitt B-Säule

Abbildung 57 zeigt einen Z-Schnitt der B-Säule. Die Position des Dichtflansches ist durch die blauen Pfeile gekennzeichnet und ragt aus der Zeichenebene heraus. An dieser Stelle trennt sich der Exterieur-Part von dem Interieur-Part. Der Winkel $\alpha \approx 5^\circ$ wurde rot dargestellt. Dieser ist aufgespannt zwischen einer Y-Parallelen und der seitlichen Interieur-Fläche der B-Säule. Für den Modellbau ist diese Schräge nicht notwendig, jedoch befindet sie sich fertigungsbedingt bei B-Säulen in Serienfahrzeugen. An dieser Stelle entschied man sich, dieses Konzept darzustellen.

Allgemein lässt sich die B-Säule in einen Exterieur- und einen Interieur-Teil einteilen (Abbildung 58). Der Exterieur Teil wird bei der Firma Witte aus Aluminium gefräst und dient auch als Stütze für das Dach. Der Interieur-Teil wird bei KET aus Ureol gefräst und wird in einen oberen und unteren Teil aufgespalten (Abbildung 59). Die Aussparung im unteren Interieur-Teil hat ergonomische Gründe, und diente dazu, eine komfortable Bedienung der Sitzverstellung zu gewährleisten. Vorher existierten hier durch die Türinnenverkleidungen mehr gestalterische Restriktionen.

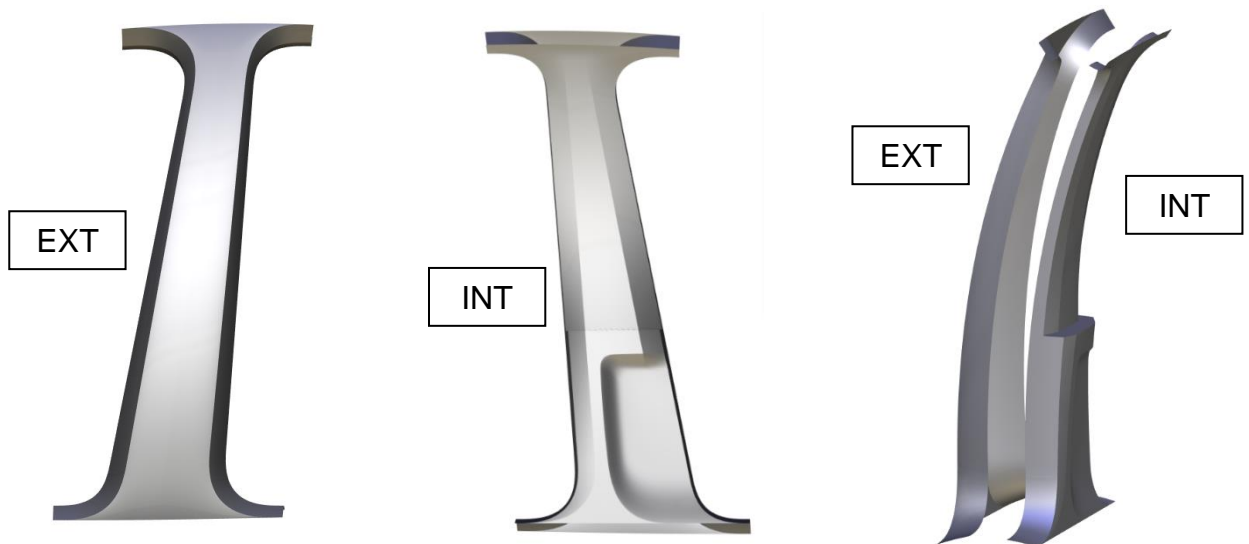


Abbildung 58: B-Säule Aufbau

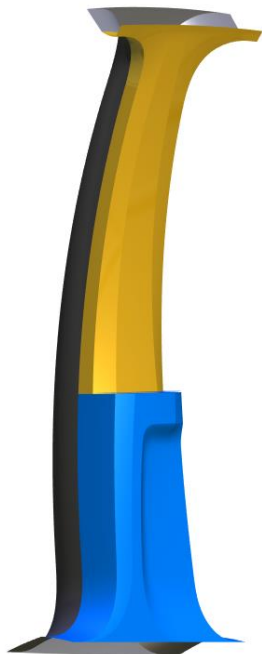


Abbildung 59: B-Säule Interieur Trennung

Die Zusammenführung des Exterieur- Interieur-Teils erfolgte an der vorher definierten Dichtflanschlinie (Abbildung 44). Da keine Türen mehr vorhanden sind, bestand die Möglichkeit, diesen aus Designgründen in Y-Richtung zu verschieben und Anpassungen vorzunehmen.

Die Größe des Aluminium-Fräsrohlings des Exterieur-Teils ist abhängig von der Größe der B-Säule. Wenn die Übergänge zum Dach und zum Schweller für den Rohling berücksichtigt werden, würde ein massiver Rohling mit viel Zerspanvolumen entstehen. Deshalb wurde beschlossen, das Exterieur-Teil in drei Teile aufzuteilen, um die Größe und somit die Kosten des Fräsrohlings zu reduzieren. Der Rohling würde somit nur noch den in Abbildung 60 dargestellten dunkelgrauen Bereich mit etwas Aufmaß umfassen. Die transparent dargestellten Bereiche würden jeweils zum Dach und zum Schweller gehören und würden bei KET aus Schaum gefräst werden.

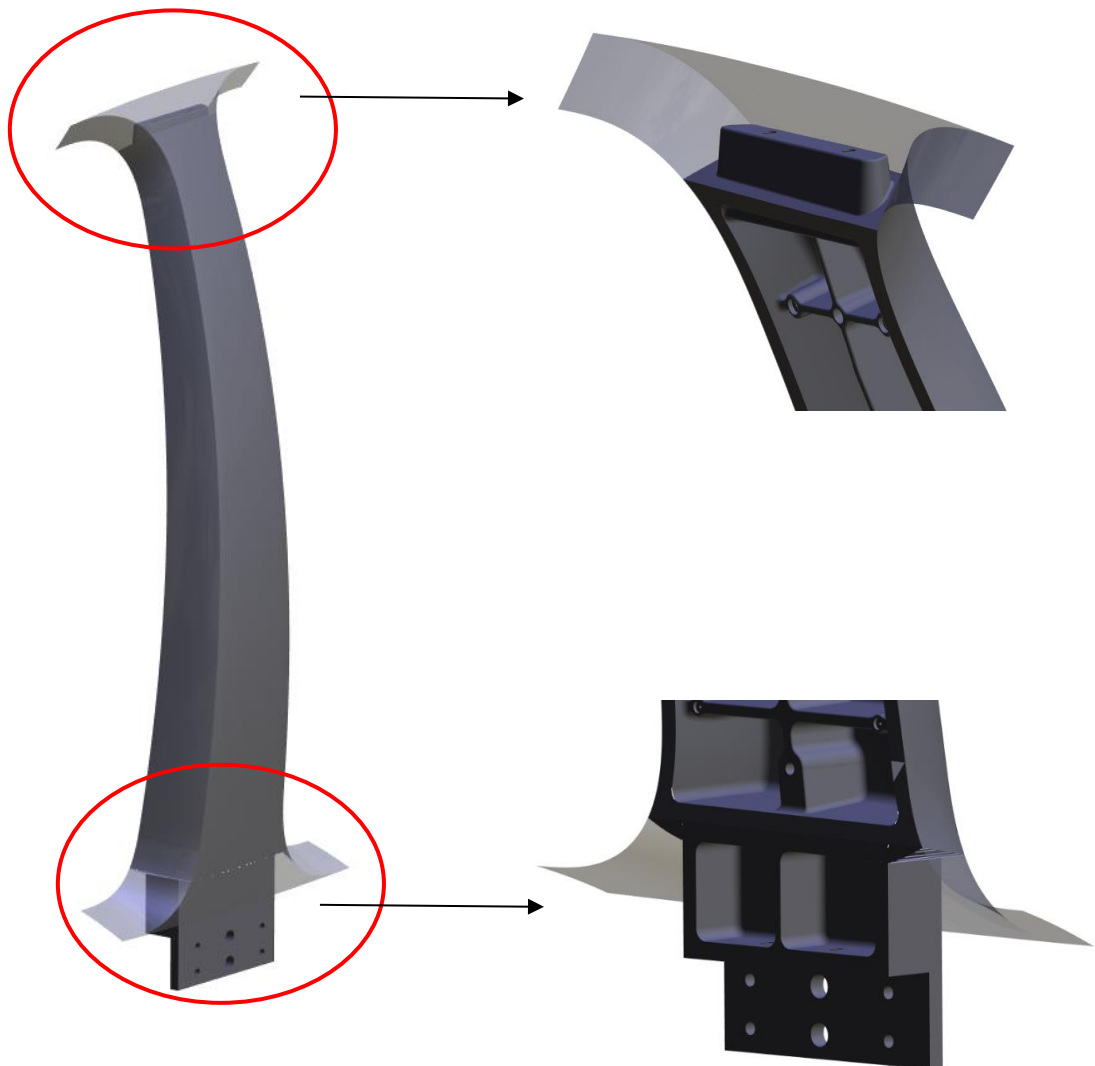


Abbildung 60: Aufteilung B-Säule Exterieur

Zu erkennen ist außerdem die Bauteilrückseite mit der Montagerichtung. Mit dem Programm Tebis wurde auf die CAS-Flächen ein Volumen erzeugt und anschließend die Ankonstruktion für den Rahmen und die Verrippungen zur Steigerung der Steifigkeit konstruiert. Des Weiteren wurden Schraubmagnetbefestigungspunkte einkonstruiert, an denen der Interieur-Teil der B-Säule befestigt wird. Mit Tebis werden später auch die Fräsprogramme geschrieben.

5.5.6.4 Beschaffung/Fertigung

Die Beschaffungs- und Fertigungsreihenfolge im Modellbau ist allgemein von der Montagereihenfolge abhängig. Hierbei lässt sich das Prinzip „von unten nach oben und von innen nach außen“ anwenden (analog zu Projekt 3). Das vorzeitige Fertigen eines Bauteils führt dazu, dass es erst gelagert werden muss und dadurch mit mehr Aufwand verbunden ist. Etwaige nachträgliche Anpassungen an Bauteilen sowie anliegenden Bauteilen könnten dadurch ebenfalls nicht realisiert werden. Jedoch lässt sich dadurch eventuell der Fertigungszeitraum reduzieren. Am Beispiel des HCC21 wäre folgende Reihenfolge möglich:

- Rahmen
- B-Säule-Außen (externe Gründe)
- Boden
- Mittelkonsole/I-Tafel
- Pedalerie /Lenksäule
- Frontmitte
- Seitenwand vorne (recht/links)
- Heckmitte
- Seitenwand hinten (rechts/links)
- Sitze
- Schweller
- Dach
- B-Säule innen (oben) in Z-Richtung
- B-Säule innen (unten) in Y-Richtung
- Restliches Interieur

Anfang März wurde der Rahmen von der Firma Witte geliefert. Der äußere Teil der B-Säule steht aus externen Gründen weiter vorne, da die Firma Witte die Oberflächen- und Konstruktions-Daten passend zu ihrer eigenen internen Zeitschiene forderte. Der innere Teil der B-Säule wird mit Magneten befestigt, die in die Bohrungen an den Verrippungen der Exterieur-B-Säule liegen. Dort sind keine Verschraubungen möglich, da es keine Möglichkeit gibt, dieses Bauteil von außen zu montieren. Hier ist das ineinander stecken mit Magneten eine gute Alternative, die trotz leichter Demontage

Stabilität bietet. Die Montage des Interieurs ist nach der des Exterieurs geplant. Um eine erleichterte Montage des Interieurs zu gewährleisten, wäre es jedoch denkbar die Dachmontage zum Schluss vorzunehmen.

Beschaffung

Im Modellbau bei KET existiert ein Grundbestand an Materialien. Ein Teil der erforderlichen Menge wird erst ab Projektbeginn bestellt und innerhalb von 2-3 Werktagen geliefert. Generell erfolgt keine Bestellung vom Gesamtbedarf des Projektes, sondern eine stückweise Bestellung. Dies verhindert Lagerungsprobleme und eventuell überschüssiges Material nach Abschluss des Projektes. Die kurzen Lieferzeiten ermöglichen ein solches Vorgehen.

Generell würde nach Abschluss des CAS-Modellings und der Modellbaukonstruktion folgende Arbeitsreihenfolge in der Modellbauumsetzung des HCC21 zu finden sein:

- Fräsprogrammierung
- Fräsen
- Schleifen
- Probemontage
- Ggf. nachbessern
- Demontage
- Bauteile einzeln: anschleifen, grundieren, lackieren (Farbe und ggf. Klarlack)
- Beledung
- Verkabelung
- erneute Montage
- Erstellung von SLS-Teilen

Generell werden die fertigen Frästeile erst einmal unlackiert montiert, um zu überprüfen, ob die Bauteile korrekt gefertigt wurden. Etwaige Probleme bei bestimmten Bauteilen, die hierbei deutlich werden, müssen nachbearbeitet werden. Nachdem alles passt, werden alle Bauteile wieder demontiert, angeschliffen, grundiert, lackiert und erneut montiert.

Transport

Wie bei Serienfahrzeugen sind bei einem Showcar Böschungswinkel an Front und Heck enthalten. Die Werte hierfür werden beim jeweiligen Transportunternehmen erfragt und sind abhängig von der Be- und Entladung in den LKW. Der Logistikpartner von KET teilte einen Wert von Minimum 10° mit. Da das Transportunternehmen noch nicht feststeht, wird auf diesen Wert eine Toleranz addiert, weil ein anderes Transportunternehmen möglicherweise andere Vorgaben liefert. Somit ist beim HCC21 von einem Winkel von ca. $12,5^\circ$ auszugehen.

5.6 Kommunikation/ Datenaustausch

Im Laufe des HCC21-Projektes fand wöchentlich ein Regeltermin über Microsoft Teams statt, an dem alle Beteiligten und Interessenten des Projektes teilnahmen. Bei Bedarf wurden zusätzliche separate Meetings eingeplant. Eine Person seitens HAW war hierbei für die Agenda-Erstellung zuständig, erfragte hierfür einige Tage vorher Punkte und leitete die Besprechung. Bei Projekten mit OEM's oder anderen Firmenkunden finden Meetings mit den vom Kunden gewünschten Programm statt, um seinen eigenen Sicherheitsansprüchen zu genügen. Zum Datenaustausch existierte jeweils bei HAW und KET eine interne Schnittstelle. Zum gegenseitigen Austausch wurde die HAW-Cloud genutzt, wo es die Möglichkeit gibt, Daten down- oder upzuloaden. An der Hochschule wurden die Oberflächen mit ICEM-Surf erstellt, bei KET mit ICEM-Surf und Alias. Das Dateiformat Iges war für beide CAD-Programme lesbar, weshalb der Austausch meistens mit diesem erfolgte. Die Modellbaukonstruktion wurde in Tebis erstellt, womit auch das Schreiben der Fräsprogramme erfolgen wird. Die Konstruktion der Kinematiken geschieht mit CATIA. An der HAW wurde ein Gesamtdatenstand des Showcars auch in VRED erstellt. Ziel war es dabei, Daten aus mehreren Quellen und Dateitypen in ein Programm zu laden und komplett betrachten zu können. Da auch ein schnelles Visualisieren mit VRED möglich ist, eignete sich das Programm gut, um Zwischenstände in den Regelmeetings zu zeigen.

Hierbei war es hilfreich, einzelne Flächengruppen separat abzuspeichern und zu übersenden, da dadurch das Einpflegen der Daten vereinfacht wurde. Für KET war es generell von Bedeutung, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt das CAS-Modeling nur noch intern verläuft, um die kürzeren Kommunikationswege in der Abteilung und

abteilungsübergreifend (Modellbau/Konstruktion) zu nutzen und schneller Projektfortschritte zu erzielen.

6 Bewertung des HCC21-Entwicklungsprozesses

Dieses Kapitel beinhaltet die Bewertung des HCC21-Projektes, die sich auf die Analyse im vorherigen Kapitel bezieht. Ziel ist nachfolgend, die positiven Aspekte und die Optimierungspotentiale im Prozessablauf zu identifizieren, um sie in den methodischen Entwicklungsprozess in Kapitel 7 integrieren zu können. Hierbei ist zu erwähnen, dass nicht jedes beschriebene Detail der Analyse im vorherigen Kapitel als positiv oder negativ aufgefasst werden kann. Oft wurden Einzelheiten nur beschrieben, um sie im Prozessablauf übersichtlich und verständlich darstellen zu können.

Generell lässt sich festhalten, dass Aspekte, die im Projekt positiv verlaufen sind bzw. einen positiven Einfluss auf das Projekt hatten, schwieriger zu identifizieren sind als die Fehler. Ebenso ist es im Nachhinein nicht immer leicht zu unterscheiden, ob etwas problemlos lief, weil es aus einem gut durchdachten Prozess resultiert oder weil die Aufgabe relativ einfach und trivial war. Die Fehler bzw. negativen Aspekte fallen meistens früher oder später auf und sind daher leichter zu identifizieren.

6.1 Positive Aspekte

Projektbeitrag auch außerhalb der Werktage

Ein positiver Punkt war, dass einige der Studierenden durch ihre erhöhte Motivation und Teilhabe auch teilweise am Wochenende einen Beitrag zum Projekt geleistet haben. In der Industrie hingegen ist dies unüblich bzw. nur bedingt möglich, weshalb ein Beitrag dort ausschließlich an Werktagen erfolgt. Andererseits konnten einige Studierende aufgrund von Lehrveranstaltungen an Werktagen nicht immer einen Beitrag leisten. Dieses zeitversetzte Arbeiten birgt die Gefahr, dass Rücksprachen zu kurz kommen und dass Arbeitsergebnisse verworfen werden müssen. Durch die gut vorbereiteten wöchentlichen Regeltermine zwischen HAW und KET bestand dieses Risiko jedoch nicht.

Frühzeitiges Involvieren des Modellbaus

Das frühzeitige Involvieren des Modellbaus in den Designprozess, hat dazu geführt, dass Themen, wie die Bauteiltrennungen und Fugengestaltung bereits am Anfang berücksichtigt worden sind. Da zu Beginn mehr Änderungsmöglichkeiten als später

existieren, ist diese Vorgehensweise vorteilhaft. So können technische Randbedingungen früh ästhetisch umgesetzt werden. Je weiter das Projekt voranschreitet, desto weniger Möglichkeiten einer Geometrieänderung existieren, da diese mit viel Folgearbeit und Anpassungen verbunden wären. Exemplarisch wurde dieser positive Aspekt im Prozess in Kapitel 5.5.3 anhand der Fugen am Heck dargestellt. Wenn jedoch zu Beginn ein starkes Einschreiten in den Designfindungsprozess erfolgt, könnte in dieser frühen Prozessphase die nötige Kreativität darunter leiden. Somit gilt es das Optimum zu finden.

Zeitliches Vorziehen von unabhängig entwickelbaren Bauteilen

Die modellbautechnische Aufbereitung des Rücklichtes, erfolgte relativ weit am Anfang des CAS-Modelings, als Entscheidungen zur Feature-Involvierung noch ausstanden. Ein solches Vorgehen ist bei relativ unabhängig vom Gesamtfahrzeug entwickelbaren Bauteilen möglich und könnte einen zusätzlichen Puffer im Zeitplan verschaffen. Dieses Vorgehen ist außerdem sinnvoll, wenn gewisse Entscheidungen in anderen Bereichen noch abgewartet werden müssen. Hierbei sind der Mehraufwand des Lagerns und die Tatsache, dass die Geometrien des Bauteils und des Umfelds nicht mehr angepasst werden können, gegeneinander abzuwägen.

Kommunikation HAW und KET

Zum schnellen Projektfortschritt beigetragen haben die kurzen Kommunikationswege zwischen der HAW und KET. Dadurch war ein angenehmes Arbeiten ohne Unterbrechungen mit erleichterten Rücksprachen möglich.

Teamwork/Workflow

In manchen Bereichen wurden gegenseitige Vorschläge angenommen, auf denen gut aufgebaut werden konnte:

KET: Vorschlag einer Fase im Einstiegsbereich und große Radabdeckungen kam bei der HAW gut an

HAW: Studierenden modellieren auf dieser Basis die Front und die B-Säule neu

KET: Übernimmt die neue Front und integriert Grasshopper-Muster. Übernimmt die neue B-Säule und konstruiert Rohling für Fa. Witte.

Abschließend lässt sich generell festhalten, dass trotz schwieriger Prozesssteuerung relativ gute Ergebnisse (Outputs) erzielt wurden. Die Begeisterungsfähigkeit der

Studierenden für dieses Projekt sowie die kreativen und innovativen Ideen seitens KET trugen dazu bei.

Konfigurator

Die Erstellung des Konfigurators hat den Prozess der inhaltlichen Definition des HCC21-Showcars unterstützt. Mit dieser Methode ließen sich durch Ausprobieren schnell viele Varianten des Showcars konfigurieren, wo die jeweiligen Teilbeträge verlinkt und zusammengefasst sowie der Gesamtbetrag automatisch aktualisiert wurde.

6.2 Negative Aspekte und Verbesserungsvorschläge

Kein präziser geplanter und gesteuerter Prozess

Aufgrund des Charakters des gemeinsamen Forschungsprojektes ist das HCC21 nicht mit klassischen Firmenaufträgen zu vergleichen. Inhaltsentscheidungen zum Showcar fanden parallel zu CAS- und Konstruktionsarbeiten statt. Dadurch ließ sich am Anfang im Unterschied zu den Referenzprojekten kein Prozess etablieren, der präzise zu steuern ist. Oft wurden Entscheidungen spontan getroffen und es wurde improvisiert. Dies erfordert für einen reibungslosen Projektablauf dementsprechend mehr Steuerung und Koordination, welches aber auch aufgrund limitierter finanzieller Möglichkeiten nicht gegeben ist.

In so einem Fall wäre es sinnvoll, Arbeiten zu priorisieren. So sollten Features, die als zwingend gelten, zuerst bearbeitet werden und Features, die auf der Kippe stehen, erst bei klareren Entscheidungen angegangen werden. Die in Kapitel 5.3 erläuterte Tabelle oder der Konfigurator, der parallel zu den Arbeiten entstand, wäre zu Beginn des Projektes ideal gewesen. Das Entfallen der Türen beispielsweise und die daraus resultierende unterbrochene Charakterlinie, das Entfallen des B-Säulen-Standes und der I-Tafel-Überarbeitung hätten verhindert werden können. Die Arbeit, die hierfür investiert worden ist, hätte anderweitig investiert werden können.

Hilfe vom „Profi“

An einigen Bereichen, wo viele Schnittstellen existierten und mehrere Studierenden parallel arbeiteten wie z.B. am A-Säulenknoten (Wraparound, Dichtflansch, Grauzone, Fasenfuge, Tür), kam es oft zu Fehlern im Flächenaufbau, welche mehrmals

ausgebessert worden sind. Studierende besitzen hierfür oft nicht den nötigen Weitblick, um Gesamtzusammenhänge und Folgearbeiten präzise zu erkennen. Bei solchen kritischen Stellen hätte das Überwachen und Koordinieren eines „Profis“ seitens HAW oder KET zu einem schnelleren Ergebnis geführt. An der Hochschule ist das selbstständige Finden von Fehlern zwar positiv für den Lernprozess, bei Budget- und Zeitknappheit in einem realen Projekt, hätte jedoch ein Einschreiten von außen mehr zum effektiveren Projektfortschritt beigetragen. Anzumerken ist hier aber auch, dass von KET-Seite so eine Art Koordination nicht unbedingt sinnvoll ist, da es an einigen Stellen Überschneidungen der Aufgabenbereiche am Showcar und am virtuellen Prototyp gibt und KET nur für das Showcar verantwortlich ist.

Keine systematische Oberflächenbewertung

Zu den Regelterminen wurden zwar jeweils aktuelle Oberflächenstände gezeigt und in der Gruppe auf Proportionen und Stimmigkeit am Gesamtfahrzeug untersucht, jedoch fand nachträglich keine systematische Untersuchung der CAS-Flächen statt. Solch eine Untersuchung könnte in den Meetings bei augenscheinlich gelungenen Flächen angewendet und nach Bestehen gewisser Bewertungsparameter im Projekt abgehakt werden. Um diese Untersuchung in den Prozess zu integrieren ist eine Art objektiver Bewertungsbogen denkbar, der beispielsweise wöchentlich/monatlich oder bei Bedarf angewendet wird. Ungeachtet dessen existieren (Stand Mitte April 2021) an einigen Stellen im Exterieur noch Fehler an den Oberflächen.

Datenaustausch/Datenstruktur

Der interne Datenaustausch an der HAW lief aufgrund der unausgereiften Datenstruktur nicht immer optimal. Ein konsequentes Pflegen und Einordnen der jeweilige Datensätze sollte von allen Beteiligten durchgeführt werden. Optimierungspotentiale besitzt hierbei auch die HAW-Cloud, die für den gegenseitigen Datenaustausch genutzt wurde. So existierten nicht für alle Beteiligten Rechte zum Löschen oder Ordnen von Dateien. Dies führte nach einer gewissen Zeit zu einem unaufgeräumten Status der Plattform. Erst im späteren Verlauf des Projektes wurde dieser Punkt intensiver angegangen.

Front Heck Absprachen

Beim Straken des Exterieurs wurde in Bezug auf die Front- und Heck-Gestaltung iterativ vorgegangen. Dabei wurden Ideen von „vorne nach hinten“ und umgekehrt

übertragen. Zwar gab es Absprachen bezüglich der Designfindung, jedoch wurde bei der Formumsetzung auch teilweise unabhängig voneinander gearbeitet. Dies erschwerte beispielsweise die Vermittlung von Front und Heck durch die Brüstungsfläche an den Türen, da nicht mehr leicht zu bewältigbare Randbedingungen herrschten. Als Abhilfe würden eventuell eine oder mehrere große Referenzflächen oder Kurven dienen, die im Voraus gestrakt werden. Diese würden dann über die komplette Seite des Fahrzeuges gestrakt werden und zur Orientierung für die vordere und hintere Seitenwand bzw. für die Front und das Heck dienen.

Radien

Generell hat sich herausgestellt, dass Oberflächen, die von der HAW bereitgestellt wurden, bei KET erneut angepasst werden mussten. Oft waren diese Flächen bereits verrundet. Deshalb musste erst die Theoriekante wiederhergestellt werden, um Änderungen vorzunehmen. Dadurch war dies mit mehr Arbeit verbunden. Ferner waren manchmal keine Theoriekanten vorhanden, sodass die Flächen extrapoliert werden mussten, bevor Änderungen vorgenommen werden können. Dies hat den CAS-Prozess etwas verlangsamt. Generell sollten Verrundungen so spät wie möglich bzw. wenn die Geometrie endgültig feststeht, erfolgen, um schneller Anpassungen vornehmen zu können und einen besseren Projektfortschritt zu erzielen. In manchen Fällen könnten ohne Verrundungen keine Aussage über die Geometrie gefällt werden. Solche Fälle sind von dieser Tatsache ausgenommen.

Heckvarianten

Die Erstellung der Heckvarianten, hat sich als langwierig und zeitaufwändig erwiesen. Generell sollte vorher gut abgeschätzt werden, wie viel Arbeit in einen Bereich investiert werden soll. Falls mehrere Varianten erstellt werden sollen, gibt es folgende Möglichkeiten: diese in Form von Skizzen zu erstellen, Screenshots mit einem Bildbearbeitungsprogramm zu bearbeiten oder mit einem Polygonmodellierungsprogramm Varianten aufzubauen. Dies nimmt weniger Zeit in Anspruch, da Alias und ICEM Surf zwar gute Formumsetzungsprogramme sind, jedoch weniger für die Formfindung geeignet sind. Die erstellten Varianten könnten daraufhin in einer Collage in identischen Ansichten zusammengefügt werden (wie ein Abbildung 38) und hätten somit eine gute Grundlage für Diskussionen und Entscheidungen. Am Beispiel des HCC21 war jedoch zu Beginn nicht klar, dass viele Varianten erstellt werden müssen. Dies wurde erst während des CAS-Modelings erkannt.

Der Nachteil an 2D/3D-Skizzen ist, dass nicht die exakte Geometrie abgebildet wird, sondern Ideen. Proportionen können hierbei noch nicht exakt beurteilt und die Umsetzbarkeit des Flächenaufbaus noch nicht erkannt werden. Erst im CAS-Programm in 3D ist ein Flächenaufbau endgültig bewertbar.

Der Vorteil des direkten Modellierens in CAS ist wiederum die nachträgliche Verwendbarkeit der Flächen. Polygonmodelle sind einer nachträglichen Bearbeitung nicht zugänglich. Vielmehr dienen sie nur als Orientierung und müssen nachmodelliert werden.

Hier stellt sich die Frage, ab wie vielen Varianten sich Skizzen oder Polygonmodelle lohnen. Dies zu verallgemeinern, ist schwierig und hängt vom Einzelfall ab. Skizzen und Polygonmodelle sind in dem Sinne ein Zwischenschritt zum Ziel. Dadurch läuft der Prozess der Formfindung schneller, jedoch muss letztendlich trotzdem eine Geometrie mit einem CAS-Programm zur Formumsetzung erstellt werden. Je nach spezifischem Anwendungsfall kann also der Gesamtprozess (Formfindung und Formumsetzung) durch das Verwenden von Skizzen/Bildbearbeitungsprogrammen/Polygonmodellen langsamer oder schneller verlaufen.

Protokoll / Dokumentation

Das Protokoll zur Dokumentation der wöchentlichen Meetings wurde eingestellt. Auch wenn der Nutzen nicht direkt beobachtbar ist und das Anfertigen Zeit in Anspruch nimmt, sollte auf eine lückenlose und konsequente Dokumentation (Referenzprojekte, Kapitel 4) Wert gelegt werden. Dies ist aus den folgenden Gründen notwendig: gute Projektfortschrittseinsicht, Abruf von Informationen aus der Vergangenheit sowie gute Voraussetzungen für eine spätere Analyse, Bewertung und Optimierung des Prozesses.

Ergebnistoleranzen

Im Laufe des HCC21-Projektes schwankte das Ergebnis aufgrund der Vielfalt an Arbeitserfahrungen der jeweiligen Beteiligten: Auf der einen Seite die Studierenden, welche die ersten Erfahrungen mit solchen Projekten sammeln und auf der anderen Seite die kompetenten und erfahrenen KET-Mitarbeiter. Eine wichtige Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist, wie man generell mit Ergebnistoleranzen umgeht. Hierzu sollten das Fachwissen sowie die Fähigkeiten der Einzelnen gut bekannt sein und die Aufgaben dementsprechend im Vorfeld entsprechend verteilt werden. Bei

Abweichungen vom geforderten Ergebnis müssen die Aufgaben zeitnah korrigiert werden, um den Zeitplan einhalten zu können.

Aufgabenvergabe bei diesem Projektzustand (Zeit und Budgetknappheit)

Bei Zeit- und Budgetknappheit sollte allgemein bei der Aufgabenverteilung behutsam vorgegangen werden. Eventuell könnten kontrollierte Arbeitspakete gestaltet werden. Vorher sollte versucht werden, so präzise wie möglich abzuschätzen, wie viel Zeit und Kapazitäten nötig sind. Arbeiten sollten priorisiert und mit den wichtigsten Aufgaben angefangen werden. Um jedoch priorisieren zu können, müssen zu allen Arbeitspaketen alle Informationen vorhanden sein. Außerdem muss klar sein, welche Bereiche man auf welche Art und Weise umsetzen möchte. Beim HCC21 lagen jedoch nicht zu jedem Zeitpunkt alle Informationen vor, was dadurch das Treffen einer richtigen Entscheidung erschwerte.

Datentransfer CAD

Wie in Kapitel 5.6 erwähnt, erfolgte die Entwicklung der Oberflächen mit ICEM Surf und Alias. Das Standardformat von ICEM Surf ist ICEMDB. Vorher gruppierte und benannte Flächen bleiben bei diesem Dateiformat enthalten. Die Gruppierung erfolgt beispielsweise allgemein in Front, Heck und Dach. Diese kann weiter unterteilt und benannt werden und dient der Übersichtlichkeit der Datenstruktur und dem schnelleren Arbeiten mit den Flächen. Ferner lassen sich so Flächen leichter mit anderen Datenständen austauschen. Alias arbeitet standardgemäß mit dem Format WIRE. WIRE-Formate lassen sich in ICEM Surf nicht öffnen und ICEMDB-Formate lassen sich in Alias nicht öffnen. Deshalb wurde jeweils immer in IGES konvertiert, um ein gegenseitiges Austauschen zu ermöglichen. Beim Exportieren von ICEMDB in das Dateiformat IGES jedoch, gehen Informationen wie die Gruppierung und die Benennung verloren. Alle vorhandenen Flächen in der Datei werden zu einer Gruppe zusammengefasst. Dadurch musste im Nachhinein eine erneute Datenstruktur aufgebaut werden. Um dieses Problem zu umgehen, wurde von der HAW allgemein gefordert, Bauteile separat in Iges zu konvertieren und abzuspeichern, um so ein schnelleres Einpflegen in den VRED-Datensatz zu ermöglichen.

Der Punkt des Datentransfers zwischen ICEM Surf, Alias und VRED enthält Optimierungspotentiale, um einen effizienteren Prozessablauf zu erreichen. Dies ist nicht als eigentlicher Kernprozess, sondern als Unterstützungsprozess (Abbildung 14) einzuordnen. Hierfür ist eine intensive Untersuchung mit anschließender Entwicklung

einer Datentransfermethodik sinnvoll, die jedoch den Umfang dieser Arbeit übersteigen würde. Ziel war an dieser Stelle nur der Hinweis auf diese Problematik.

Ziele: Showcar / Virtueller Prototyp

Wie in Kapitel 1.2 erwähnt, existiert neben dem Bau eines Hardware Showcars auch die Entwicklung eines virtuellen Prototyps. Beide Modelle besitzen übereinstimmende, aber auch voneinander abweichende Bereiche. An einigen Stellen des HCC21-Prozesses wurden die beiden Projekte nicht unabhängig voneinander betrachtet, sondern teilweise vermischt. Die Ausarbeitung der I-Tafel beispielsweise erfolgte für das Showcar „freier“, da weniger Restriktionen aufgrund der fehlenden Türen vorhanden waren. Im Nachhinein wurde diese Ausarbeitung verworfen, da in diesem Bereich eine übereinstimmende Geometrie gefordert wurde. Entweder muss diese schwierige Schnittstellenthematik besser bewältigt werden, indem ein höherer Klärungsaufwand investiert wird, der wiederum Zeit und Geld kostet oder beide Modelle müssen unabhängig voneinander bearbeitet werden, um die Showcarentwicklung zu vereinfachen.

7 Methodischer Entwicklungsprozess

Das Wort Methodik stammt vom griechischen methodiké ab und bedeutet: „Kunst des planmäßigen Vorgehens“. [55] Das Entwickeln eines methodischen Entwicklungsprozesses zur Umsetzung eines Showcars ist demnach ein planmäßiges Vorgehen bei der Gestaltung eines Prozesses, welcher die Entwicklungsschritte eines Showcars aufzeigt. Als Arbeitsergebnis wird ein allgemein anwendbarer Prozess angestrebt. Um das zu realisieren, wird das Wissen, das in den vorherigen Kapiteln generiert wurde, als Grundlage genutzt und vereint. Hierzu werden die positiven Aspekte des HCC21-Projektes involviert und es wird versucht, die Fehler und Ungenauigkeiten des HCC21-Projektes prozesstechnisch zu verhindern. Des Weiteren wird das Wissen aus der Literaturrecherche, dem Fragenkatalog und den Referenzprojekten herangezogen. Diese Vorgehensweise „vom Besonderen zum Allgemeinen“ wird in der Wissenschaft als induktiver Vorgang bezeichnet [50b].

Es ist auch notwendig, auf die Phase vor dem Entwicklungsprozess einzugehen, da diese einen großen Einfluss darauf hat, wie der weitere Projektverlauf organisiert werden muss. Der Prozess wird deshalb von der Auftragsanfrage bis zum fertigen Showcar dargestellt. Darüber hinaus werden einige prozessunterstützende Tools konzipiert, die in den Entwicklungsprozess integriert werden.

Für die Darstellung des Showcarentwicklungsprozesses wird eine Dreiteilung vorgenommen (Abbildung 61). Die Gliederung folgt nach: Vorbereitungsphase (Inputphase), Entwicklungsprozess (Processingphase) und Output (Ergebnis). Dieser Aufbau wurde vom IPO-Modell (Kapitel 3.1, Abbildung 11) übernommen und abgewandelt.



Abbildung 61: Gesamtprozess Showcarentwicklung

7.1 Vorbereitungsphase (Inputphase)

Die Vorbereitungsphase ist der Zeitraum, wo der Input für den Entwicklungsprozess generiert wird. Es handelt sich somit im Gegensatz zum IPO-Modell ebenfalls um einen Prozess. Dieser wird definiert als Zeitraum zwischen Auftragsanfrage vom Kunden und der Vertragserstellung. Zu erwähnen ist an dieser Stelle, dass eine Entwicklung auch in der hier definierten Vorbereitungsphase beim Auftraggeber stattfinden kann. Dies hängt davon ab, welche Arbeitspakete die Auftragsanfrage enthält. Beispiel hierfür ist das Referenzprojekt 3, bei dem KET nur für das CAS-Modeling zuständig war und der Designpart beim Auftraggeber stattfand. Möglich ist aber auch, dass von Ideen- und Konzeptfindung bis zum Finishing alles beim Dienstleister geschieht.

Für die Darstellung der Vorbereitungsphase wird ein Flussdiagramm (Abbildung 62), wie in Tabelle 1 eingeführt, verwendet. Damit können die möglichen Ereignisse mit den jeweiligen Handlungspfaden übersichtlich abgebildet werden. So wie dargestellt, ist die Vorbereitungsphase auf den Prozess des HCC21 weniger übertragbar, da sich das gemeinsame Forschungsprojekt von denen der klassischen Firmenaufträge unterscheidet.

Als erstes wird vom Kunden eine Auftragsanfrage eingereicht, die das Ziel/Ergebnis des Showcars und die Arbeitspakete beinhaltet. Vom Dienstleister wird als erstes überprüft, ob der Auftrag zur internen Zeitschiene passen würde. Die laufenden bzw. demnächst laufenden Projekte und die jeweiligen Kapazitäten werden überprüft. Falls der Auftrag theoretisch angenommen werden kann, stellt sich die Frage, wie hoch der Konkretisierungsgrad des Auftrages ist. Dieser schwankt, je nachdem ob ein OEM, eine kleinere Firma oder eine Hochschule anfragt.

Ein OEM verfügt in Form eines Lastenheftes zumeist über eine sehr detaillierte Beschreibung des Showcar-Konzeptes mit allen wichtigen Rahmendaten (Beispiel: Referenzprojekt 3), da dieser viel Erfahrung mit solchen Projekten und dadurch eine genaue Vorstellung des Zielbildes besitzt. Wenn dies der Fall ist, kann seitens des Dienstleisters direkt mit dem Kostenschätzungsprozess gestartet werden. Wenn der Kunde beispielsweise nicht genau weiß, was er möchte, bzw. eine Idee des Zielbildes, aber keine konkrete Umsetzungsvorstellung hat, entsteht zuerst ein Konzeptfindungsprozess.

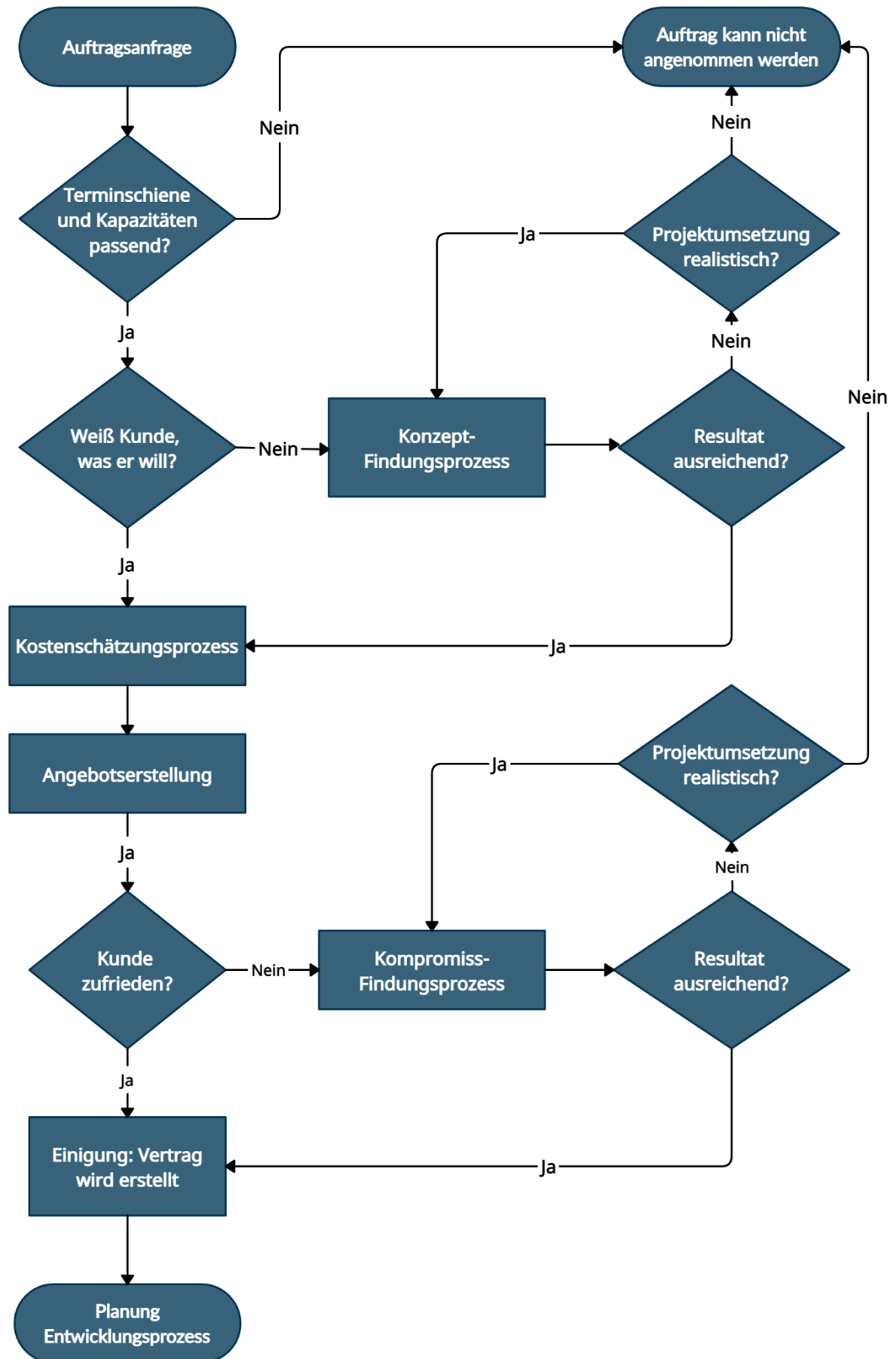


Abbildung 62: Vorbereitungsphase Flussdiagramm

Hierbei erfolgt in gemeinsamer Absprache zwischen Dienstleister und Kunde die Ausarbeitung eines Konzeptes. Es werden Inhalte vom Dienstleister vorgeschlagen, die zur generellen Idee des Showcars passen, und diese zusammen ausdiskutiert.

Falls das Resultat nicht ausreichend ist, überlegt man sich gegebenenfalls eine weitere Abstimmungsschleife zu durchlaufen oder den Auftrag als nicht annehmbar zu deklarieren.

Falls das Resultat akzeptiert wird (Kunde ist mit Inhalt/Umsetzungsmöglichkeiten zufrieden), erfolgt eine Kostenschätzung der Inhalte. Hierbei sind Abweichungen in beide Richtungen möglich. Hierzu werden je nach Konkretisierungsgrad der Anfrage entweder die Kosten (und Dauer) für jedes Bauteil oder wie beim HCC21 für das Gesamtfahrzeug geschätzt.

Einen abgeschlossenen Konfigurationskatalog, in welchem alle möglichen Features mit den zugehörigen Preisen aufgelistet sind, aus denen man nur noch auswählen muss und sich der Endpreis automatisch ergibt, existiert im Modellbau nicht. Gründe hierfür sind der individuelle Charakter mit den dazugehörigen individuellen Umsetzungslösungen eines jeden Showcars.

Bei hohem Konkretisierungsgrad und bei Nachfolgeprojekten beispielsweise, die auch Carry-over-Parts beinhalten, sind relativ präzise Schätzungen möglich. Bei "exotischeren" Projekten sind diese weniger präzise. Je nach Arbeitspaket der Anfrage kann dies Konzeptentwicklung, Design, CAS, Modellbau (Programmierstunden, Frässtunden, Baustunden, Lackieren, Montage) enthalten.

Auf dieser Grundlage wird vom Dienstleister ein Kostenangebot unterbreitet. Falls der Kunde einverstanden ist, wird ein Vertrag erstellt und der Entwicklungsprozess kann geplant werden. Falls der Kunde nicht einverstanden ist, gibt es die Variante, dass es zu keiner Einigung und somit zu keinem Vertrag kommt, oder man geht einen Kompromissfindungsprozess wie beim HCC21 ein.

Hierfür wurden im Hinblick auf das Zielbild und die Motivation des Showcars Inhalte priorisiert, um es finanzieren zu können. Zielkonflikte können z.B. sein: Inhalte/Budget oder Technik/Design etc. Als hilfreiches Tool hierfür könnte analog zum HCC21 ein

projektabhängiger individueller Konfigurator mit einer begrenzten Anzahl von Varianten erstellt werden (vgl. Kapitel 5.3). Hierbei stehen die jeweiligen Features/Inhalte/Arbeitspakete nicht separat, sondern wurden jeweils zu Paketen zusammengefasst, was eine dynamische und schnelle Showcarvariantenerstellung ermöglicht.

Nach einigen gemeinsamen Absprachen hierzu stellt sich erneut die Frage, ob das Resultat für den Kunden zufriedenstellend ist. Je nach Einschätzung, ob die Projektumsetzung realistisch erscheint, könnte eine erneute Abstimmungsrunde durchlaufen oder der Auftrag als nicht annehmbar deklariert werden.

Ein wichtiger Punkt ist die Einbindung externer Kompetenzen in das Projekt. Dies wird nicht im Flussdiagramm aufgeführt, weil es je nach Größe und Wichtigkeit an unterschiedlichen Stellen eingeordnet werden kann. Falls es sich um einen großen Part im Showcar handelt, muss dieser bereits vor der Angebotserstellung stattfinden, da die beauftragte externe Firma ebenfalls eine interne Kostenschätzung durchführen muss, die in die Gesamtkalkulation mit eingerechnet wird. Bei einzelnen Freiberuflern, die benötigt werden (z.B. Sattler oder CAS-Modelleure), könnte der Kontakt zu diesen auch kurz vor oder nach Vertragsabschluss erfolgen. Allgemein werden externe Kompetenzen eingebunden, wenn das Showcar Inhalte enthält, die außerhalb des Kompetenzspektrums des Dienstleisters liegen. Eine aus Prozesssicht wichtige Frage an dieser Stelle ist, nach welcher Methode vorgegangen wird, um Externe zu suchen, zu finden und zu kontaktieren. Ein übliches Vorgehen an dieser Stelle ist es, bekannte Firmen zu kontaktieren, mit denen man bereits positive Erfahrungen gesammelt hat. Abstimmungen mit neuen Firmen sind oft zeitaufwändiger, weil man die gegenseitige Arbeitsweise nicht genau kennt. Ein anderer Faktor sind die Kosten. Ziel ist, externe Kompetenzen mit guter Qualität und möglichst geringen Kosten zu gewinnen. Je mehr Externe einbezogen werden, desto mehr Koordinations- und Abstimmungsaufwand ist erforderlich, wodurch wiederum zeitliche und finanzielle Ressourcen beansprucht werden. Ebenso könnte dies das Treffen von Entscheidungen verlangsamen und das Einhalten des Zeitplanes erschweren. Man könnte hierzu allgemein festhalten: So wenig wie möglich, so viel wie nötig.

An dieser Stelle wird auf den Kompromissfindungsprozess eingegangen. Dieser ist im Vergleich zum reinen Kostenschätzen ein etwas komplexerer Prozess und lebt meistens von einer dynamischen Diskussion. Eine gewisse Methodik lässt sich

eventuell durch eine Matrix erreichen, die eine visuelle Einordnung und Entscheidung ermöglicht. Es handelt sich im Folgenden um eine für diese Arbeit angepasste Eisenhower-Matrix, wie sie in Kapitel 3.2 eingeführt wurde. Statt Dringlichkeit und Wichtigkeit, werden die Achsen hierbei mit Kosten und Wichtigkeit gekennzeichnet. Es werden zuerst aus einer Kostenübersichtstabelle (wie in Kapitel 5.3, Tabelle 2) oder einem Konfigurator (wie in Kapitel 5.3, Abbildung 27) den einzelnen Features, Varianten und/oder Lösungsmöglichkeiten Werte (1-6) für die Kosten und jeweils die Wichtigkeit für die Idee des Showcars vergeben (Tabelle 3). Je höher die Zahl, desto teurer bzw. wichtiger ist der jeweilige Inhalt.

Inhalte	Kosten	Wichtigkeit	Bereich
I1	5	6	B
I2	3	5	A
I3	2	1	C
I4	6	2	D

Tabelle 3: Zuordnungstabelle

Die Inhalte aus Tabelle 3 werden in die Matrix eingetragen (Abbildung 63)

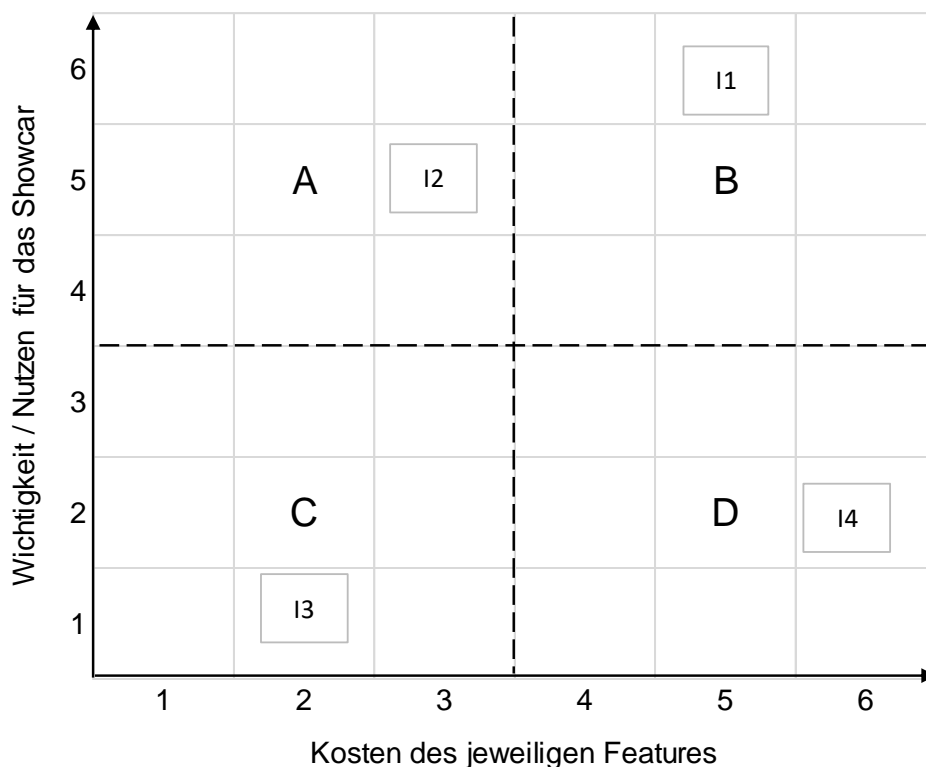


Abbildung 63: Priorisierungsmatrix

Je nachdem, in welchem der Quadranten A-D dieser jeweilige Inhalt des Showcars eingeordnet wurde, wird eine Entscheidung über das weitere Vorgehen gefällt.

- Bereich A: Der Idealfall. Eine günstige Lösung für ein wichtiges Feature. Dieser Inhalt sollte ins Showcar aufgenommen werden.
- Bereich B: Eine teure Lösung für ein wichtiges Feature. Hier besteht viel Absprachebedarf. Bei Involvierung dieses Inhaltes, könnten etwaige Streichungen von anderen Features sinnvoll sein, da dieser Inhalt eine hohe Wichtigkeit besitzt.
- Bereich C: Eine kostengünstige Lösung für einen weniger wichtigen Inhalt. Falls noch Budget vorhanden ist und der Kunde es möchte, kann dieser Inhalt ins Showcar aufgenommen werden.
- Bereich D: Eine teure Lösung für ein weniger wichtiges Feature. Dieser Inhalt sollte aussortiert werden.

Es ist hinzuzufügen, dass der Entscheidungs- bzw. Priorisierungsprozess mit dem Eintragen der Werte in die Matrix nicht abgeschlossen ist. Es ist vielmehr als iterativer Prozess zu verstehen, bei dem sich an das Optimum angenähert wird. Bei Inhalten, die sich im Bereich B befinden, wird beispielsweise versucht, sie in Richtung Bereich A zu schieben. Am Beispiel des HCC21 lässt sich hierzu unter anderem das I-Tafel-Display nennen. Dieses ist für das Showcarziel von großer Bedeutung. Die gekrümmte Variante erfüllt neben der technischen Funktion zudem ästhetische Anforderungen. Ein planares Display hat den gleichen Nutzen mit einigen gestalterischen Defiziten, jedoch kostet dieses nur einen Bruchteil des gekrümmten. Das gleiche gilt auch für die Displaygrafiken, die hochschulseitig vereinfacht wurden, aber trotzdem noch das Showcarziel erfüllen.

Bis hierhin wurden die einzelnen Prozessschritte der Vorbereitungsphase mit den jeweiligen Handlungspfaden dargestellt.

In Abbildung 64 sind die verschiedenen Aspekte zu sehen, die einen Einfluss auf den Entwicklungsprozess haben. Diese wurden im Laufe der Vorbereitungsphase (Inputphase) idealerweise generiert. Hinzu kommen die Lessons Learned, die aus vergangenen Projekten stammen.

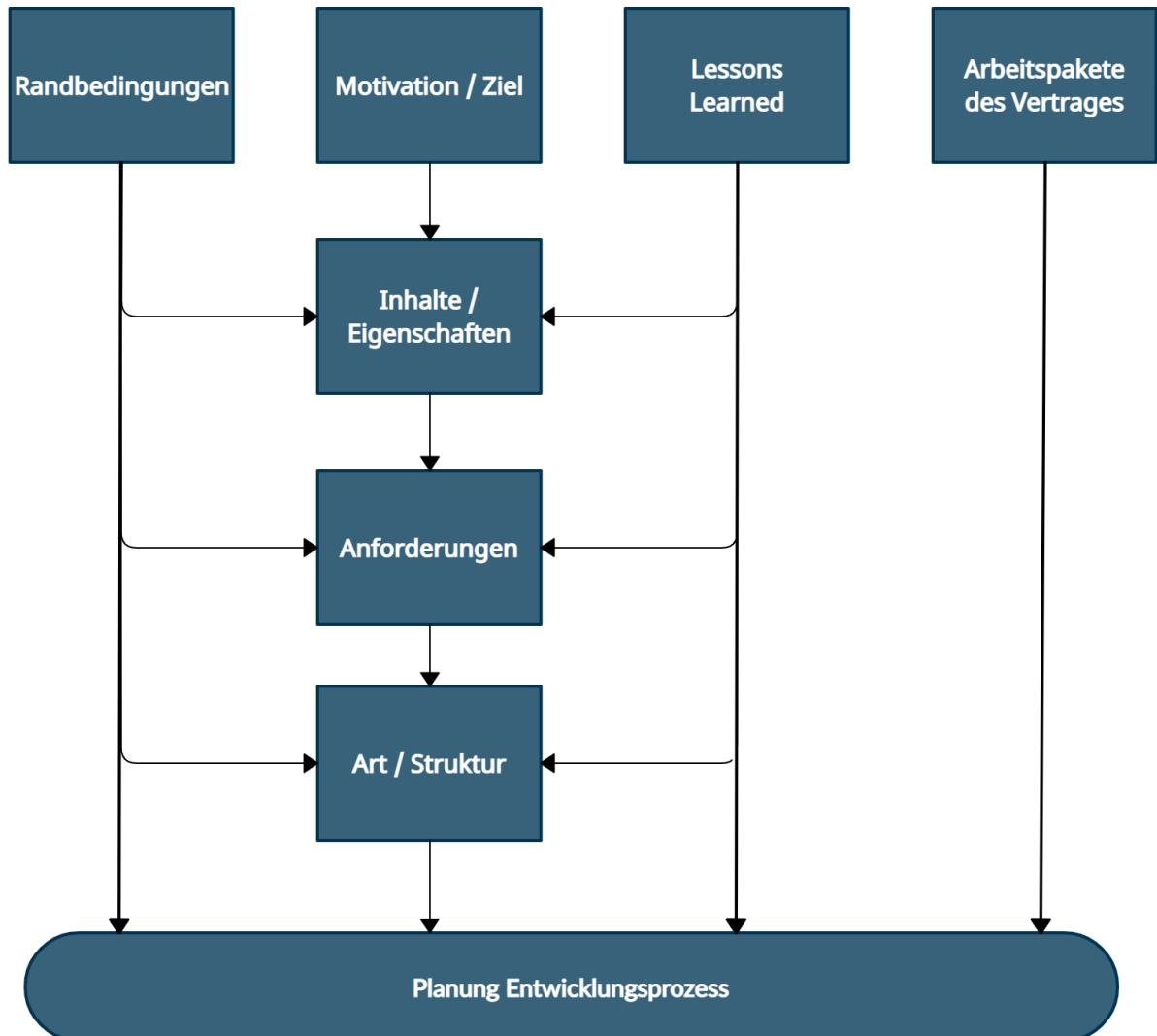


Abbildung 64: Einflüsse auf die Planung des Entwicklungsprozesses

In der Praxis kann es vorkommen, dass einige Aspekte noch offen sind und im Laufe des Entwicklungsprozesses geklärt werden müssen. Im Folgenden werden die in Abbildung 64 dargestellten Aspekte näher erläutert.

Motivation / Ziel des Showcars

In erster Linie muss die Motivation und das Ziel des Showcars klar sein bzw. geklärt werden. Denn die Intention hat großen Einfluss darauf, wie der Projektverlauf organisiert werden muss.

Dies können beispielsweise sein:

- Messefeedback / Pressefeedback analysieren, auswerten, um auf dieser Grundlage zu entscheiden, ob sich eine Investition/ eine Entwicklung auszahlen würde
- Werbung für sich selbst / Repräsentation der Arbeit des Unternehmens
- Kommunikationsaspekt: Kontakte finden für zukünftige gemeinsame Entwicklungen
- Rein interne Zwecke (Ergonomiemodell Projekt 3)
- Showcar wird nach Messenutzung auch anderweitig genutzt (Beispiel HCC21: interne Forschungs- und Lehraspekte an der Hochschule)
- Zeigen von neuen, innovativen Ideen für die Zukunft

Inhalte / Eigenschaften

Nachdem die Motivation und das Ziel klar sind, folgt der nächste Schritt, bei dem überlegt wird, welche allgemeinen Eigenschaften wie Fahrzeugsegment, Maße oder Antriebsart das Showcar besitzen/repräsentieren soll und was man mit diesem Showcar zeigen und kommunizieren möchte. Hierbei besteht generell ein großer Spielraum an Inhalten und Variationen. An dieser Stelle wird auch unterschieden, ob ein Feature funktionieren soll oder die Funktion nur angedeutet wird.

Am Beispiel des HCC21 waren solche Inhalte z.B. innovatives Fahrerlebnis, ermöglicht durch autonomes Fahren, und großzügiger Fahrzeuginnenraum. Die expliziten Inhalte, mit denen man dies kommuniziert hat, waren das einfahrbare Lenkrad, die Low-Gravity-Sitze und die Displays im Interieur. Reduziert wurde aus Kostengründen hingegen das Exterieur.

Generell lässt sich festhalten, dass die Punkte Design und Oberflächenqualität oft eine hohe Wichtigkeit bei Showcars besitzen (abgesehen von Ergonomiemodellen wie in Projekt 3), da die Wahrnehmung eines Messebesuchers an einem Ausstellungsort besonders geschärft und auf das Visuelle fixiert ist. Des Weiteren ist die Messeumgebung allgemein ein gut belichteter Ort, der eine genaue visuelle Bewertung ermöglicht.

Anforderungen an das Showcar

Ausgehend von den Inhalten und Eigenschaften, die für das Showcar definiert worden sind, werden die Anforderungen erarbeitet. Diese müssen erfüllt werden, um die vorher definierten Inhalte und Eigenschaften umsetzen zu können bzw. den Ansprüchen zu genügen. Diese können unterteilt werden in:

- Ästhetische Anforderungen
 - Design
 - Oberflächenqualität
- Technische Anforderungen
 - Maßhaltigkeit
 - Gewicht / Leichtbau
 - Toleranzen
 - Transport: Böschungswinkel
 - Wärmeabführung
- Fertigungstechnische Anforderungen (Modellbau)
 - Montageschrägen
 - Entformschrägen
 - Radien
- Funktionale Anforderungen
 - Transportfähigkeit
 - Messetauglichkeit
 - Kinematik
 - Elektronik

Diese genannten Anforderungen sind beispielhaft zu betrachten und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Inhalte/Eigenschaften und Anforderungen könnten zur Übersichtlichkeit auch mit Netzdiagrammen dargestellt werden.

Art und Struktur des Showcar

Aus den Anforderungen resultieren die Art und die Struktur des Showcars. Ein Rahmen, an dem gefräste Schaumblöcke montiert werden, sind eine relativ einfache Möglichkeit, kostensparend die Form die Karosserie abzubilden.

Bei einem höheren Budget und/oder Qualitätsanforderungen an das Showcar, gäbe es die Möglichkeit, die komplette Karosserie aus Laminatteilen zu erstellen, statt aus Schaum die Formen zu fräsen. Der Aufwand und die Kosten wären in diesem Beispiel höher (vgl. Laminaterstellung, Kapitel 5.5.6.2).

Beim Rahmen/Unterbau gibt es beispielsweise die Möglichkeit, einen montierten Profilrahmen (Witte-Profil beim HCC21) oder auch einen geschweißten Stahlrahmen zu verwenden.

Allgemein kann der Rahmen unterschiedlich ausfallen und wird auch speziell für die Anforderungen ausgelegt und angefertigt, weshalb eine vollständige Klassifikation an dieser Stelle schwierig ist.

Randbedingungen

- Budget
- Vorgaben vom Kunden
 - Wo hat der Dienstleister gestalterische Freiheiten? Wo Restriktionen?
 - Schnitte, Skizzen, Design-Zielbild als Vorgabe
 - Anzahl der Bauteile, Package, Abtastungen, VR-Bilder
- Zeitraum

Am Beispiel des HCC21 war eine Vorgabe beispielsweise das hochschulseitig gestrakte HCC2 (Abbildung 2). Hierbei galt es nicht, etwas kreativ von 0 auf zu designen. Ebenso bestand der Wunsch, bestimmte Inhalte auf Basis von Serienfahrzeugen modellieren zu lassen und nicht zu sehr in eine freie, kreative und designstudienartige Gestaltung zu verfallen.

Lessons Learned

„Lessons Learned sind gewonnene Erkenntnisse, neues Wissen oder Erfahrungen, die während der Arbeit an einem Projekt entstehen, sowie deren Dokumentation. Der innovative Charakter von Projekten bedingt, dass die Projektbeteiligten während eines Projekts beständig neue Erkenntnisse gewinnen. Wenn sie eine solche neue Erkenntnis in geeigneter Weise dokumentieren, wird sie zum Erfahrungswert bzw. zur "Lessons Learned" “. [56]

Diese Lessons Learned aus vergangenen Projekten sollten bei der Planung des Entwicklungsprozesses ebenfalls berücksichtigt und integriert werden. Am Beispiel des HCC21 sind das Dach und die Säulen ein Resultat aus vergangenen Lessons Learned. Dies sind kritische Stellen, die zu Brüchen neigen, weshalb dort Gewicht eingespart und die Festigkeit sowie die Steifigkeit mit bestimmten Verfahren erhöht wird (Kapitel 5.5.6.2).

Sowohl die Randbedingungen als auch die Lessons Learned haben einen Einfluss auf die Bereiche Inhalte/Eigenschaften, Anforderungen und Art/Struktur, weshalb von diesen ebenfalls Pfeile in diese Bereiche zeigen.

Die Randbedingungen, zu denen auch das Budget gehört, geben den Rahmen für die inhaltliche Definition und somit auch für die Anforderungen vor. Die Art/Struktur des Showcars ist ebenfalls abhängig vom Budget und den Vorgaben des Kunden.

Vorherige Lessons Learned lassen sich nicht nur auf die Planung und Ausführung des Entwicklungsprozesses übertragen, sondern auch auf die Vorbereitungsphase, in welcher der Input generiert wird. Als Beispiel lässt sich hierbei der Kostenschätzungs- und Kompromissfindungsprozess erwähnen. Hierbei ist mit zunehmender Projekterfahrung eine präzisere Kostenschätzung bzw. effizientere Kompromissfindung möglich.

Arbeitspakete des Vertrages

Der Punkt der Arbeitspakete ist einer der ersten, der in der Vorbereitungsphase geklärt wird. Hierfür gibt es auch mehrere Varianten. Als Beispiel werden im Folgenden die Referenzprojekte genannt:

Projekt 1: CAS, CLAY, Konstruktion

Projekt 2: CAS, CLAY

Projekt 3: CAS

HCC21: Design, CAS, GD, MTK, Modellbau

Der beschriebene generierte Input kann je nach Projekt unterschiedlich ausfallen, weshalb hierbei kein Anspruch auf Vollständigkeit besteht. Des Weiteren wurden diese nur qualitativ dargestellt. Dadurch können sie im generierten Entwicklungsprozess im folgenden Kapitel nicht detailliert berücksichtigt werden. Ziel war in diesem Abschnitt eine übersichtliche und prinzipielle Darstellung der vielfältigen Einflüsse und Inputparameter, die einen Einfluss auf den Entwicklungsprozess haben.

7.2 Entwicklungsprozess (Processing-Phase)

In der Vorbereitungsphase wurden idealerweise alle Informationen, die für die Entwicklung des Showcars nötig sind, generiert. In der Praxis kann es jedoch auch vorkommen, dass gewisse Informationen zu einigen Inhalten noch nicht vorliegen (vgl. Projekt 2). Mit dem Kunden sollte abgesprochen sein, wann mit den fehlenden Informationen zu rechnen ist. Daraufhin müsste dann der Ablaufplan angepasst werden, da man ggf. mit diesem Inhalt später beginnt. Im Folgenden gilt es nun den Entwicklungsprozess, der als Kernprozess (vgl. Abbildung 14) einzustufen ist zu planen.

7.2.1 Planung Entwicklungsprozess

Nach dem Vertragsabschluss stehen üblicherweise 1 bis 2 Wochen zur Planung des Entwicklungsprozesses zur Verfügung. Anhand der Arbeitspakete, die festgelegt worden sind, werden intern die Mitarbeiterressourcen organisiert. Hierbei werden die Arbeitspakete und Verantwortlichkeiten zugeteilt. Ebenso werden die ausstehenden externen Kompetenzen gesucht und beauftragt. Der Entwicklungsprozess muss mit den restlichen internen laufenden Projekten sowie den internen Projekten der anderen beteiligten Firmen abgestimmt sein.

Feste Termine für die Absprachen sollten in Verbindung mit einer vorzeitigen Agenda-Erstellung und Ankündigung eingestellt werden (vgl. HCC21). Das Zeigen von Design- und/oder Datenständen könnte mit Hilfe einer Visualisierungssoftware erfolgen, um eine bessere visuelle Bewertbarkeit zu gewährleisten.

Wenn mehrere CAX-Systeme benutzt werden, könnte man sich im Vorfeld über Datentransfermethodiken Gedanken machen bzw. entwickeln, um Datenstruktur- oder Transferprobleme zu verhindern. Dies ist ein Punkt, mit dem auch ein langfristiger und projektübergreifender Nutzen verbunden sein könnte.

Ebenso sollte eine gemeinsame Schnittstelle organisiert werden, die einen problemlosen Datenaustausch ermöglicht, so wie den Sicherheitsansprüchen genügt.

Die Projektkoordination kann von einer in das Projekt involvierten Person erfolgen und „nebenbei“ ausgeführt werden oder es kann eine Person zugeteilt werden, die sich nur mit der Projektkoordination befasst. Letzteres ist kostenintensiver und kann nur bei entsprechend vorhandenem Budget realisiert werden.

Die Informationen, die in der Vorbereitungsphase und der Planungsphase erarbeitet und organisiert worden sind (Abbildung 64), gilt es nun detailliert in einen Ablaufplan einzuarbeiten.

7.2.2 Ablaufplan

Im Folgenden wird auf den Aspekt der weniger geordneten Prozesse und weniger definierten Herangehensweisen bei der Showcarentwicklung, der mit Hilfe des Fragenkataloges erarbeitet worden ist, eingegangen. Hierzu wird der Entwicklungsprozess in Form eines Ablaufplans dargestellt, der das Arbeitsergebnis der vorherigen Kapitel (3-6) ist.

Dieser zeigt einen optimierten, simultanen und anwendbaren Entwicklungsprozess, der auch als Input/Grundlage für zukünftige Verbesserungen dienen kann.

Die Prozessmodellierung der Entwicklung wird unter bestimmten Annahmen allgemein gehalten, um die prinzipiellen Vorgehensweisen zu erläutern, und nicht anhand von konkreten Beispielen generiert. Deshalb wird auf eine bauteilgenaue Darstellung wie in Referenzprojekt 3 verzichtet.

Folgende Annahmen zur Prozessmodellierung werden getroffen:

- Arbeitspakete: Von Design/CAS bis Finishing
- Gesamtdauer ca.10 Monate
- Showcar besteht aus montiertem Rahmen und Schaumblöcken
- Zusätzliche Schätzungen zu Zeitpunkten und Zeiträumen zur vollständigen Darstellung des Prozesses

Als exemplarische Darstellung des Entwicklungsprozesses wird davon ausgegangen, dass der Auftrag eine Vielzahl von Arbeitspaketen enthält. Damit ist gemeint, dass die Showcarentwicklung von Design/CAS bis zum Finishing beim Auftragnehmer und beim vom Auftragnehmer beauftragten externen Firmen geschieht.

Als Grundlage für die Gesamtzeit und die Zeiten der einzelnen Bereiche wird das HCC21-Projekt genommen (Abbildung 23). Der Gesamtzeitraum wird auf ca. 10 Monate festgelegt und die Verhältnisse der Zeiträume der einzelnen Bereiche zueinander werden dementsprechend skaliert.

Es handelt sich wie beim HCC21 um einen Rahmen mit daran montierten Blöcken aus gefrästem Schaum oder Laminaten, um Exterieur und Interieur abzubilden. Aufgrund der HCC21-Analyse in Kapitel 5 konnten relativ viele Prozessabläufe hierzu identifiziert werden. Zudem existiert exemplarisch ebenfalls eine Generative-Design-Komponente.

Zwar wurden die Verhältnisse der einzelnen Zeiträume als Basis des HCC21 erstellt. Für die exakte Prozessmodellierung mussten jedoch zusätzliche Annahmen getroffen werden, da sonst viele Detailfragen offenbleiben würden. Hierzu gehören Zeitpunkte und Zeiträume: Loopdauer, Abstände untereinander, Überlappungen zueinander, und Input/Output-Empfangs- und Ausgabezeitpunkte.

Neben dem bisher erwähnten Umfang des Auftrages hätte die Involvierung einer E-E-Architektur-Entwicklung und die Konstruktion von kinematischen Bauteilen zu einem umfangreicheren, komplexen und realistischeren Prozess geführt. Die elektrisch elektronische Architektur umfasst unter anderem Kraftfahrzeugelektrik, Kraftfahrzeugelektronik, die Vernetzung, die Schnittstellen und die Strom-, Signal und Datenverteilung [57]. Am Beispiel des HCC21 war dies die Firma Usaneers. Generell können Aufträge mit einer Vielzahl von Arbeitspaketen am umfangreichsten sowie mit der höchstmöglichen Komplexität eingestuft werden und würden eine Vielzahl von Aspekten im Showcarentwicklungsprozess abdecken. Ein Auftrag, der weniger Arbeitspakete enthält, könnte als Reduzierung dieses exemplarischen Beispiels betrachtet werden. Die Bereiche E-E-Architekturen und Konstruktion von kinematischen Bauteilen finden sich im HCC21 wieder. Jedoch war dies nicht Bestandteil der Analyse aus Kapitel 5. Aus diesem Grund ist das Wissen, um diese Bereiche sinnvoll in den Ablaufplan zu integrieren, unzureichend. Deshalb wird an dieser Stelle darauf verzichtet.

In Abbildung 65 ist der Ablaufplan des generierten Showcarentwicklungsprozesses zu sehen. Zur besseren Lesbarkeit ist dieser auch im Anhang E zu finden.

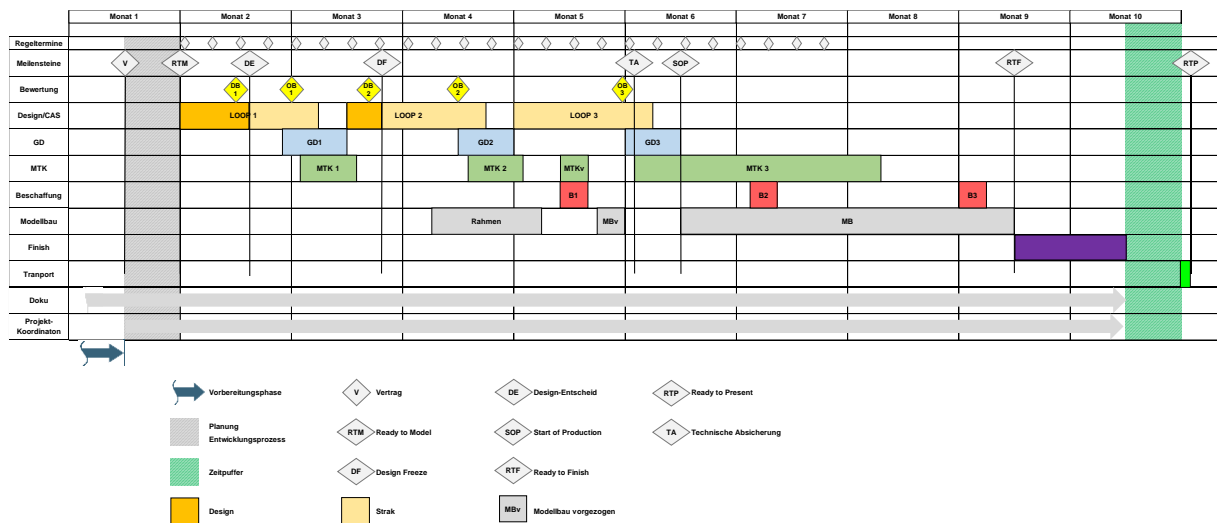


Abbildung 65: Showcarentwicklungsprozess Ablaufplan

Als Grundlage für die Prozessmodellierung hierfür wird der Synchro-Plan aus Referenzprojekt 1 genutzt. Links stehen die Bereiche/Abteilungen und oben die Zeitachse. Den jeweiligen Bereichen sind Blöcke zugeordnet, in denen der Entwicklungsprozess stattfindet. Die roten Pfeile stehen für den Output, der übergeben wird. Allgemein sind hierbei mehrere Bereiche untereinander simultan vernetzt.

Die Regeltermine zum Austausch zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer wurden auf einmal wöchentlich angesetzt. Bei Bedarf könnten einzelne Termine mit den jeweiligen Verantwortlichen auch separat vereinbart werden. Dazu gehören auch rein interne Meetings. Einige Meilensteinelemente wurden aus dem Referenzprojekt 2 übernommen. Die Vorbereitungsphase findet bis zum Meilenstein Vertrag (V) statt. Die Planungsphase des Entwicklungsprozesses findet zwischen der Vertragsvereinbarung und dem Meilenstein Ready to Model (RTM) statt. Diese beiden Zeiträume wurden in den vorherigen Kapiteln beschrieben. Die Projektkoordination findet über das gesamte Projekt hinweg statt. Diese Zeile könnte auch weiter differenziert werden, indem man die jeweiligen Verantwortlichen auflistet. Die Dokumentation des Projektes sollte spätestens mit Vertragsabschluss beginnen. Es ist jedoch sinnvoll, die Vorbereitungs- und Planungsphase ebenfalls zu dokumentieren, um diese Projektaspekte in Zukunft ebenfalls einer Prozessanalyse und Optimierung zugänglicher zu machen. Zusätzlich sollten Herausforderungen/Schwierigkeiten und neue erarbeitete Lösungen gesondert

dokumentiert werden, um in Zukunft dieses Wissen nutzen zu können und leicht auffindbar zu machen.

Der wertschöpfende Prozess der Entwicklung beginnt mit dem Meilenstein Ready to Model (RTM).

Die Bereiche Design/CAS, GD, und MTK wurden analog zum Referenzprojekt 1 jeweils in 3-4 Loops eingeteilt.

Design und CAS wurden in diesem Ablaufplan in einen Bereich zugeordnet, weil diese beiden Aspekte oft fließend ineinander übergehen. Der dunkelorangene Bereich stellt immer den Design-Part der Loops dar. Der erste Design/CAS-Loop enthält zur Hälfte Design und zur Hälfte CAS. Bei Loop 2 besteht der Design-Part aus ca. einem Viertel, der bis zum Meilenstein Design Freeze (DF) abgeschlossen sein muss. Ab hier rückt das CAS-Modeling in den Vordergrund. Der dritte Loop enthält kein Design mehr, sondern nur CAS. Hier wird in enger Absprache mit dem Modellbau die technische Machbarkeit virtuell optimiert. Der Meilenstein Technische Absicherung (TA) befindet sich kurz vor dem Meilenstein SOP (Start of Production).

Der Freiraum zwischen Loop1, Loop2 und Loop3 dient dazu, dass die anderen Bereiche (GD, MTK) einen Input für den jeweils nächsten Loop generieren können. Zusätzlich kann so bei zeitlichem Verzug ein Loop eventuell verlängert und der Freiraum ausgenutzt werden.

Die Generative Design Loops (GD1-3) und die Modellbautechnikkonstruktionen (MTK1-3) beginnen zeitlich überlappend zum Ende zu den Design/CAS-Loops, da hierfür Design- bzw. Oberflächendaten zur Verfügung stehen müssen.

Da ein Grundbestand an Materialien bei KET vorhanden ist und die neue Beschaffung nur einige Tage in Anspruch nimmt, kann diese immer kurz vor Modellbaubeginn stattfinden. Die Beschaffungen B1, B2 und B3 verlaufen nahezu zeitlich parallel zum Modellbau und sollten mit ca. 1 Woche Vorlauf vor Bedarf erfolgen. Mit dem Meilenstein SOP startet der Modellbau und erstreckt sich bis zum Meilenstein RTF (Ready to Finish). Der Rahmen des Showcars muss vor dem Modellbaubeginn vorliegen.

Das Finishing beinhaltet projektabhängig Lackierung, Folierung, Belederung, Verkabelung und die Endmontage.

Die Transportzeit ist abhängig von der Entfernung zwischen Dienstleister und Präsentationsort. Für den Transport wird hierbei von einer Zeit von ca. 2-3 Werktagen ausgegangen.

Auch während des Entwicklungsprozesses werden die Kosten, die in der Vorbereitungsphase geschätzt wurden, stetig nachkalkuliert. Zu erwähnen ist auch, dass ein Projektplan im Laufe des Projektes nachjustiert werden muss, da nicht alle Eventualitäten im Voraus durchdacht und berücksichtigt werden können. Wichtig ist jedoch, im Voraus einen Ablauf zu planen, der so realistisch wie möglich ist.

Integration der Frontloading-Idee

Die Idee des Frontloadings wie in Kapitel 3 beschrieben wird aufgegriffen, um den im Fragenkatalog generierten Problemen des stressigen Projektablaufes zum Ende hin und der schwierigen Zeitplaneinhaltung entgegenzuwirken.

Eine Idee ist es, zum Ende hin einen Zeitpuffer von zwei Wochen (grün gestrichelt) einzuplanen und somit den Projektabschluss vor der eigentlichen Deadline anzustreben, um bei zeitlichem Engpass im Laufe des Projektes die Deadline immer noch einhalten zu können. Hierzu muss die Entwicklungszeit verkürzt werden. Allgemein lässt sich festhalten, dass je simultaner die Teilprozesse stattfinden, desto schneller lässt sich ein Projektabschluss erreichen. Der Absprache- und der Steuerungsaufwand steigen damit jedoch ebenfalls an. Hierbei gilt es, das Optimum zu finden.

Außerdem wird versucht, wie beim HCC21-Projekt, relativ unabhängig vom Gesamtfahrzeug entwickelbare Bauteile, die weniger Schnittstellen zu anderen Bereichen besitzen, vorzuziehen und somit den Modellbaupart im Projekt früher abzuschließen. Diese sind im Plan als MBv (Modellbau vorgezogen) gekennzeichnet, und finden vor dem offiziellen Meilenstein SOP (Start of Production) statt. Da zu diesem Zeitpunkt die OB3 noch nicht abgeschlossen ist, sollten Modellbauthemen vorgezogen werden, die nicht oberflächenrelevant sind. Andernfalls müsste eine weitere Oberflächenüberprüfung vorher stattfinden.

Die Modellbauabteilung sollte so früh wie möglich in den Designprozess involviert werden: MTK1 (Absprachen). Indem man schon frühzeitig über mehrere Varianten und Lösungsmöglichkeiten nachdenkt, kann ein großes Produktwissen schon bereits zu

Anfang generiert werden. Dadurch lässt sich die Zahl der Entwicklungsschleifen reduzieren.

Die Loops GD1, und MTK1 bezeichnen die frühzeitige Involvierung in den Design-Prozess. Generell sollen hierbei bereits allgemein Ideen und Konzepte ausgearbeitet werden, um einen Entwicklungsvorlauf zu erzeugen.

Wie im Fragenkatalog erarbeitet, sind Probleme/Rückschläge oft eine gewisse Zeit vorher absehbar. Hierbei gilt es, diese frühzeitig zu kommunizieren und eine Lösung zu finden. In stressigen Projektablaufphasen, beispielsweise durch Nicht-Einhalten des Zeitplans, sollte es keine langen Ideendiskussionen und Variantenerstellungen geben. Vielmehr sollten hierbei klare Anweisungen und schnelle Entscheidungen Vorrang haben.

Änderungsschleifen sollten soweit möglich verhindert bzw. minimiert werden. Hierzu ist es wichtig, Folgearbeiten gut abschätzen und Entscheidungen vorausschauend zu treffen.

Einige Zeiträume und Abstände könnten in der Praxis als zu kurz oder zu lang gelten. Ziel war es hierbei, eine annähernd realistische Skalierung untereinander zu gestalten. Eine nachträgliche Anpassung auf ein zukünftiges Projekt ist notwendig, um einen anwendbaren Ablaufplan zu generieren.

Bewertung

In der Industriepaxis wird nach dem Design oder dem CAS-Modeling häufig nach Erfahrungswerten bewertet. Der Modelleur oder Konstrukteur begutachtet die Flächen nach gewissen Fehlern und Auffälligkeiten. Hier kann die Untersuchung personenabhängig anders verlaufen.

An dieser Stelle wird der in Kapitel 6.2 erwähnte Punkt der fehlenden systematischen Oberflächenbewertung angegangen. Hierzu wird zum Ende von Loop1, Loop2 und Loop 3 jeweils eine Oberflächenbewertung integriert. Zum Ende der Designparts in Loop 1 und Loop 2 (orange dargestellt) findet jeweils eine Designbewertung statt (DB1 und DB2). DB1 kennzeichnet die Bewertung vor dem Meilenstein Designentscheid (DE) und DB2 die finale Bewertung vor dem Meilenstein Designfreeze (DF). Diese Bewertungen können als Unterstützungsprozess (vgl. Abbildung 14) eingeordnet werden und dienen dazu messbare Zwischenziele im Prozess zu besitzen.

Die Anforderungen an das Design und die Oberflächen sind abhängig davon, in welcher Phase des Prozesses bzw. in welchem Loop man sich befindet. Deshalb sollte für jedes spezifische DB und OB ein an die jeweilige Phase angepasster Bogen erarbeitet werden. Dies ist notwendig, da zu jeder Zeit spezifische Anforderungen herrschen und diese zudem mit dem Projektverlauf ansteigen. Deshalb wurden Nummerierungen bei der Designbewertung (DBx) und bei der Oberflächenbewertung (Obx) hinzugefügt, um diese voneinander unterscheiden zu können.

Hierbei ist hinzuzufügen, dass der Kunde einen großen Einfluss auf die Bewertung hat, da dieser im Endeffekt entscheidet, wie gut ein Arbeitstand oder Ergebnis ist. Sinnvoll ist es deshalb auch, dass eine Art Bewertungsbogen gemeinsam mit dem Kunden ausgearbeitet wird. Zum einen kann dieser Bogen als nachträgliche Checkliste dienen und zum anderen als Richtlinie zum Arbeiten.

Da es sich teilweise beim Modellbau aufgrund des Schleifens, Grundierens und Lackierens um Handarbeit handelt, lassen sich die Oberflächen, die im CAS erstellt wurden, nicht mit höchstmöglicher Präzision umsetzen. Demnach stellt sich die Frage wann die Flächen „gut genug“ sind, bzw. wie man die Entwicklungszeit einteilt. Die Oberflächen im CAS könnten den Ansprüchen gerade noch genügen, da man von einer händischen Nachbesserung im Modellbau ausgeht. Oder man strakt diese so präzise wie möglich, was zu Over-Engineering führen könnte. Die optimale Vorgehensweise lässt sich nicht pauschalisieren, sondern muss konkret im Einzelfall abgestimmt werden und ist Verbunden mit entsprechenden Erfahrungswerten des Strakers und Modelleurs in diesem Bereich. Wichtiger Entscheidungsparameter hier ist der Gesamtaufwand von CAS und Modellbau, welchen es gilt, gering zu halten. Ein weiterer Punkt ist die Gewährleistung der Maßhaltigkeit des Showcars.

In Tabelle 4 wurden einige grundlegende Bewertungsparameter den jeweiligen Bewertungsprozessen (DBx und Obx) zugeordnet, die aus Abbildung 20 stammen.

		DB1	OB1	DB2	OB2	OB3
Formcharakter	Designintention umgesetzt					
	Formleitlinien umgesetzt					
	Formleitlinien aufeinander abgestimmt					
Geometrie	Einhaltung von Designvorgabe					
	Einhaltung von Technikvorgabe					
Flächenaufbau & -struktur	Lage Flächentrennungen					
	Flächenanzahl					
	Flächenkomplexität (Ordnung)					
	gleichmäßiges Polygonbild					
	Theoriemodell – formal modifizierbar					
Flächenverbindung	Anschlussqualität					
	Symmetrien					
	Krümmungsverläufe					
	Lichtverläufe					
Technik	Entformschrägen					
	Montageschrägen					
	Bauteiltrennungen					
Datenstruktur	Teil & Molekülstruktur					
	Farb- und Materialgebung					
	Dateistruktur					
	Dateninhalt					

Tabelle 4: Design- und Oberflächen-Bewertungsbogen

Zu erkennen ist hier, dass die Anforderungen an das Design und an die Oberflächen im Laufe der Zeit ansteigen. Bis zur DB1 handelt es sich um eine rein kreative Phase, weshalb erst bei der DB2 der Aspekt „Einhaltung der Technikvorgabe“ hinzugefügt wird. Hiermit sind die in MTK1 gemeinten ersten beratenden Arbeiten gemeint. Bis zur OB1 werden die Aspekte der Flächenverbindung von einem erfahrenen Modelleur auch bereits berücksichtigt. Jedoch muss nicht zwangsläufig eine Überprüfung dieser Parameter stattfinden, da es sich bis zur OB1 um Konzeptflächen handelt, welche auf Grundlage des ersten Designs erstellt wurden. Diese werden erst in der OB2 bewertet. Die Anschlüsse von Kurven- und Flächensegmenten wurden in Abbildung 18 und 19 visualisiert. Mit Lichtverläufen ist eine Untersuchung mit Isophoten gemeint. Die Krümmungsverläufe sind den jeweiligen Flächenabschnitten in Quer- und Längsrichtung zu untersuchen. Um Class-A-Übergänge zu realisieren, sollten diese zu den Übergängen/Radien hin ansteigen. Da immer auf einer Fahrzeugseite modelliert wird ist darauf zu achten, dass die Symmetrie auf Y0 gewährleistet ist.

Die Aspekte des Flächenaufbaus und der Flächenstruktur gilt es in der OB1 und OB2 zu überprüfen. Die Lage der Flächentrennungen ist so zu wählen, dass pro Flächensegment eine Krümmungsrichtung abgedeckt ist, um den Krümmungswechsel kontrollieren zu können. Die Flächenanzahl und die Flächenkomplexität gilt es so

gering wie möglich zu halten, um den Modellierungsaufwand zu minimieren. Ein gleichmäßiges Polygonbild erleichtert das Lesen und Beherrschen von Kurven und Flächen. Generell sollte das gesamte Modell auf Basis eines Theoriekantenmodells erstellt werden, um Änderungen in der Geometrie schnell vornehmen zu können (vgl. Kapitel 6.2 Radian).

Der Aspekt Technik mit den Entformschrägen, Montageschrägen und den Bauteiltrennungen werden erst in der OB3 berücksichtigt, da diese erst in MTK2 ausgearbeitet werden. In der OB3 wird die technische Machbarkeit überprüft, welche bis zum Meilenstein TA (Technische Absicherung) gewährleistet sein muss.

Die Datenstruktur gilt es jederzeit, wenn modelliert wird einzuhalten, um ein problemloses Weiterarbeiten im Team mit den jeweiligen Datenständen zu ermöglichen. Der Punkt der Farb- und Materialgebung ist ein Punkt, der relativ spät im Prozess erfolgen kann, da hierzu erst die nötigen Flächen vorhanden sein müssen.

7.2.3 Detailablaufpläne

Der Entwicklungsprozess wird nun zur Übersichtlichkeit aufgeteilt und detaillierter betrachtet. Alle Detailablaufpläne sind zur besseren Lesbarkeit im Anhang zu finden.

7.2.3.1 Detailablaufplan 1

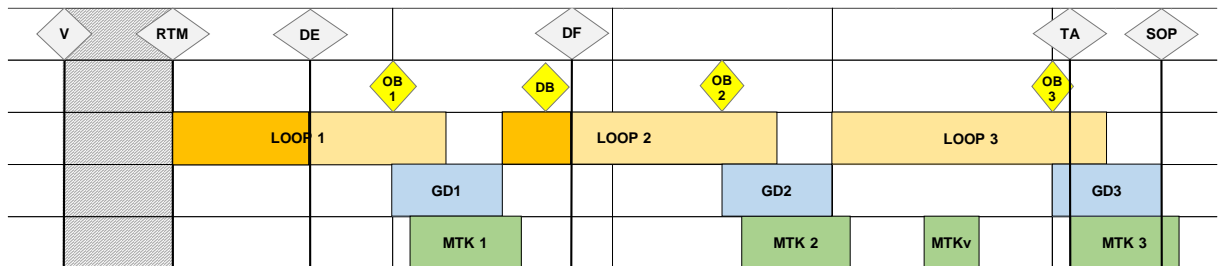


Abbildung 66: Showcarentwicklungsprozess Bereich 1

Der erste Detailablaufplan (Abbildung 66). beinhaltet den Bereich zwischen dem Meilenstein Ready to Model (RTM) und Start of Production (SOP) Dies sind die Bereiche Design/CAS, Generative Design und Modellbautechnikkonstruktion (MTK). Im Folgenden ist nun Loop 1, DB1, OB1, GD1 und MTK1 detailliert zu sehen (Abbildung 67).

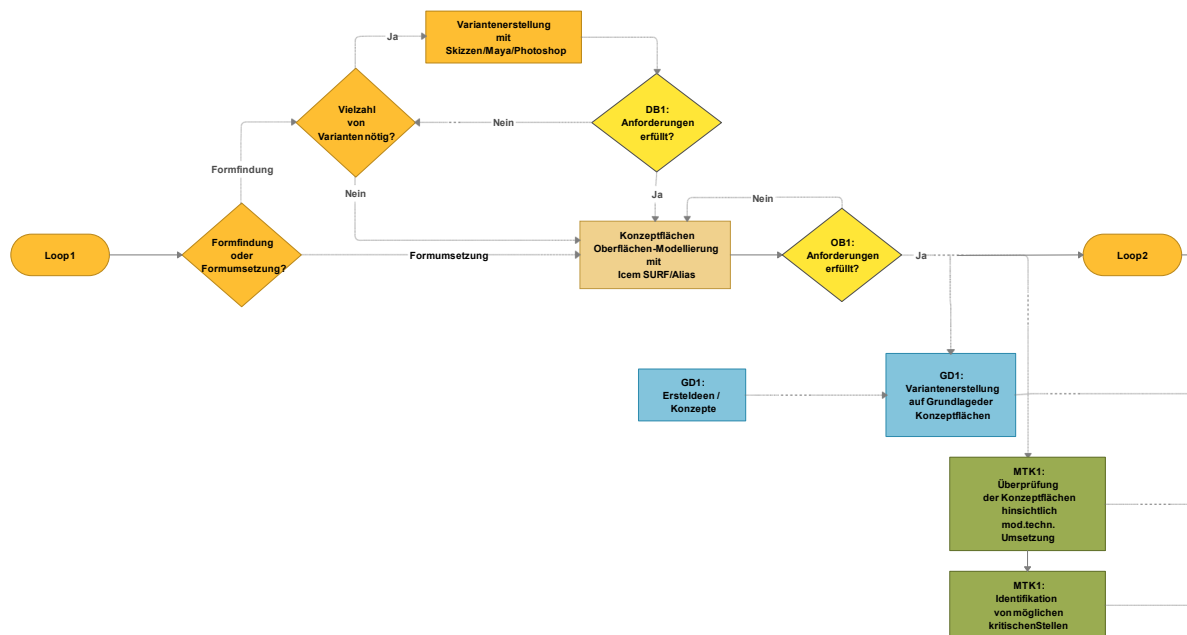


Abbildung 67: Showcarentwicklungsprozess Detailablaufplan 1: Loop 1

Da die Auftraggeber von Showcars meistens OEMs sind und diese eigene Designstudios besitzen, findet der gestalterische Designprozess meistens vollständig oder zum großen Teil dort statt. Oft ist der erste Schritt im Entwicklungsprozess beim Auftragnehmer deshalb das Umsetzen der Gestaltungsidee, also das CAS-Modeling. Exemplarisch wird hier jedoch davon ausgegangen, dass beim Auftraggeber ein grobes Designzielbild ausgearbeitet wurde und der Designprozess somit nicht abgeschlossen ist. Auf der Grundlage dieser Annahme soll ein Lösungsansatz für das Problem „Heckvarianten“ aus Kapitel 6.2 zu generieren.

Der Loop 1 beginnt mit der Frage wie hoch der grundlegende Gestaltungsanteil ist. Diese sind in den Arbeitspaketen des Vertrages geregelt. Falls man davon ausgeht, dass erst eine Vielzahl von Varianten erstellt werden muss, ist es sinnvoller, dies in Form von Skizzen, mit einem Polygonmodellprogramm wie Maya oder einem Bildbearbeitungsprogramm wie Photoshop zu tun. Hiermit findet die Formfindung schneller als mit präzisen Oberflächenerstellungsprogrammen wie Alias oder ICEM Surf statt. Falls man davon ausgeht, dass nicht viele Varianten erstellt werden müssen, bzw. das Designzielbild relativ klar feststeht, kann man direkt zur Formumsetzung übergehen und die Konzeptflächen straken. Das gleiche gilt für den Fall, wenn zwar eine Formfindung nötig ist, jedoch davon auszugehen ist, dass nicht viele Varianten hierzu nötig sind, bzw. mit wenig Änderungsschleifen verbunden sein werden. Zur Visualisierung von erstellten Varianten eignet sich gut eine Collage, in der die Unterschiede zueinander deutlich werden (Vgl. Abbildung 38).

Nach jedem Formfindungs- und Formumsetzungsvorgang sollte eine Überprüfung des Designs bzw. der Oberflächen stattfinden, um den Projektfortschritt und die Qualität des Arbeitsstandes kontrollieren zu können. Beim CAS-Modeling sollte eine reibungslose Datenpflege gewährleistet sein. Hierzu ist es notwendig, das Geometrie-Umfeld sowie nötige Informationen zu beschaffen (Input), mit diesem Stand zu arbeiten (Processing) und schließlich das Bearbeitete wieder in einen Gesamtstand zu importieren (Output). Auf Radien und Verrundungen sollte in Loop 1 aufgrund der noch folgenden Änderungsschleifen, wenn möglich, verzichtet werden (Lösung zu Kapitel 6.2 Radien).

Das Generative Design (blaue Kästen) und die Modellbautechnik-Konstruktion (grüne Kästen) können allgemein erst wertschöpfend arbeiten, wenn bereits Oberflächen im Prozess generiert worden sind. Um die Idee des Frontloadings zu involvieren, wäre es

denkbar, dass das Generative Design bereits in der Formfindungsphase erste Ideen vorbereitet. Diese könnten dann nach der Bewertung der Konzeptflächen (OB1) bereits zur Verfügung stehen und dem Input vom CAS angepasst werden.

Ebenso ist es sinnvoll, den Modellbau schon zu diesem Zeitpunkt in den Prozess zu involvieren und eine erste beratende Stellung zuzuordnen. Wichtig sind vor allem die Überprüfung der Konzeptflächen hinsichtlich der modellbautechnischen Umsetzung und die Identifikation von möglichen kritischen Stellen. Klassisches Beispiel hierfür ist die Verbindung zwischen A-säule und Dach (vgl. Kapitel 5.5.6.2).

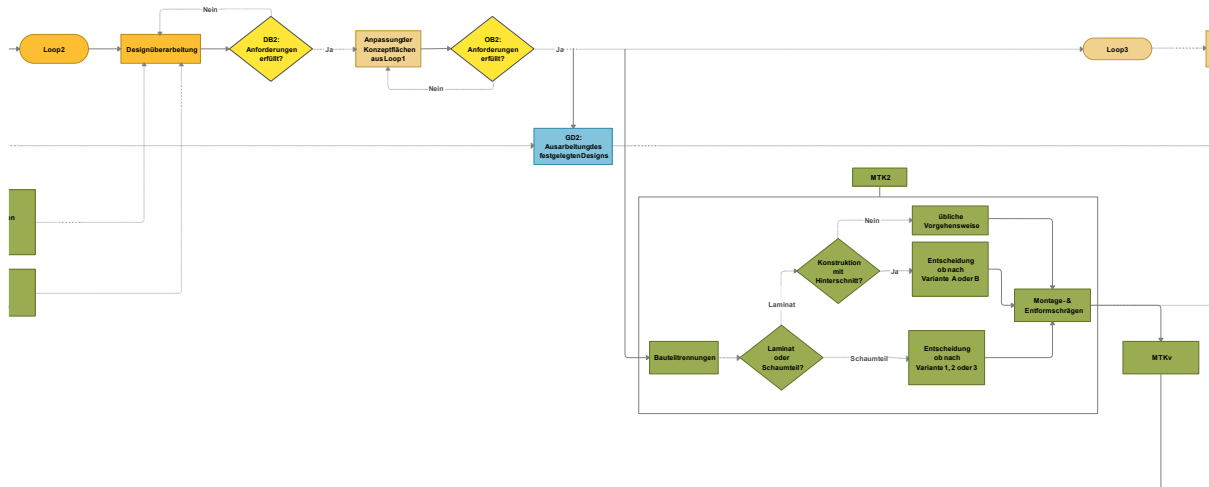


Abbildung 68: Showcareentwicklungsprozess Detailablaufplan 1: Loop 2

In Abbildung 68 ist Loop 2 zu sehen. In Loop 2 findet als erstes eine Designüberarbeitung des in Loop 1 erstellten Designs statt. Die Überarbeitung findet auf Grundlage der Verbesserungsvorschläge statt, die von Modellbautechnikkonstruktion aus Loop 1 kommen. Nach Anpassung des Designs findet eine Design-Bewertung statt. Bis zum Meilenstein Designfreeze muss das endgültige Design festgelegt worden sein. Bis die Anforderungen erfüllt sind, wird iterativ das Design angepasst. In diesem Detailablaufplan wird davon ausgegangen, dass die Designanpassung erneut mit Skizzen, Polygonmodellierungssoftware und/oder Photoshop erfolgt. Möglich ist jedoch auch eine direkte Anpassung der gestrahten Flächen. Die Entscheidung hierfür hängt erneut von Faktoren ab, die in Loop 1 dargestellt sind.

Nach dem das Design feststeht, gilt es nun, die Konzeptflächen aus Loop 1 anzupassen. Input hierfür sind das überarbeitete Design und die Hinweise der Modellbautechnikkonstruktion. Anschließend erfolgt eine Bewertung der gestrahten

Oberflächen. Nach Erfüllung der Anforderungen, ist die Generative-Design-Abteilung ebenfalls so weit, um eine Anpassung des Designs aus Loop 1 auszuarbeiten. Der Modellbautechnikkonstruktion ist nun in der Lage, präzisere Vorgaben und Aussagen über die Oberflächen zu machen. An dieser Stelle lassen sich die Bauteiltrennungen, die Montage- und Entformschrägen prinzipiell vorgeben. Dies gilt ebenso für die zu verwendenden Materialien und Fertigungsmethoden. Hier wurden Handlungspfade zu einigen Entscheidungen dargestellt. Neben der Entscheidung, ob es sich um ein Schaum- oder Laminatteil handeln soll, wird auch die Vorgehensweise an dieser Stelle thematisiert. Mit „Variante 1,2 oder 3“ sind die Möglichkeiten des positiven Fräsens gemeint (vgl. Kapitel 5.5.6.1). Bei den Varianten A oder B geht es um die Möglichkeiten des Konstruierens von Laminatteilen mit Hinterschnitt (vgl. Kapitel 5.5.6.2). Mit der üblichen Vorgehensweise ist das Erstellen eines einteiligen Negativ-Frästeils mit den dazugehörigen Entformschrägen für die Laminaterstellung gemeint. Aussagen über die Montage- und Entformschrägen in den Bauteilen lassen sich ebenfalls an dieser Stelle bereits treffen. Falls man in der Lage ist Bauteile zeitlich vorzuziehen, kann an dieser Stelle vorzeitig mit der Modellbaukonstruktion (MTKv) begonnen werden.

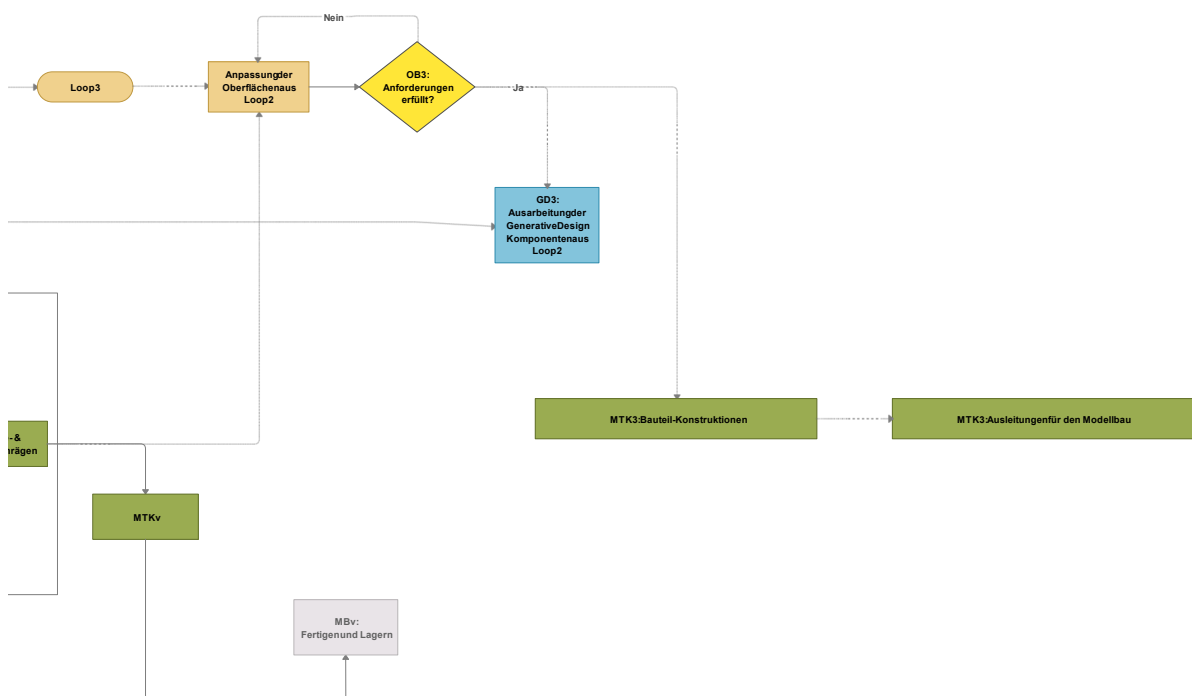


Abbildung 69: Showcarentwicklungsprozess Detailablaufplan 1: Loop 3

Loop 3 (Abbildung 69) beginnt erneut mit der Anpassung der Flächen aus Loop 2. Nun werden die Oberflächen detailliert mit allen Anforderungen ausgearbeitet. Hierzu gehören neben den fertigungstechnischen Anforderungen aus Loop 2 auch die

ästhetischen. Beispiel hierfür war am HCC21 die Aufteilung des äußeren B-Säulenparts, wo die Bauteilfugen passend zum Umfeld gestaltet wurde (Kapitel 5.5.6.1).

Nach Erfüllung der Anforderungen werden auch die Generative-Design-Komponenten erneut angepasst und es kann mit der Bauteil-Konstruktion begonnen werden. Hier werden aus den Oberflächen Volumenkörper erstellt und die Konstruktionen für Befestigung am Rahmen ausgearbeitet. Hierzu gehören die Bauteilrückseite mit beispielsweise Rippen zur Versteifung, Gewinde, Befestigungspunkten sowie Ankonstruktionen. Zum Ende von Loop 3 müssen alle erforderlichen Anforderungen (vgl. Kapitel 7.1) erfüllt sein. Da im Anschluss an Loop 3 in Kürze der Modellbau startet, ist es wichtig, zeitlich in der richtigen Reihenfolge die Bauteile im CAS und in der MTK fertigzustellen und für den Modellbau auszuleiten. Allgemein ist die Reihenfolge rückwirkend wie folgt geregelt:

Montagereihenfolge (von unten nach oben und von innen nach außen) >
Fertigungsreihenfolge > Beschaffungsreihenfolge > MTK-Reihenfolge >
Design/CAS/GD-Reihenfolge.

7.2.3.2 Detailablaufplan 2

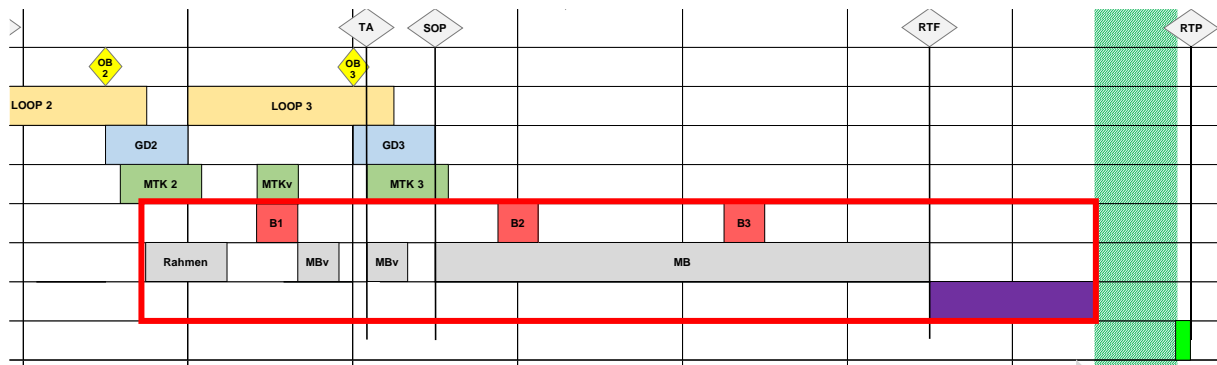


Abbildung 70: Showcarentwicklungsprozess Bereich 2

Der zweite Detailablaufplan beinhaltet die Bereiche Beschaffung, Modellbau und Finishing (Abbildung 70). Da die Detailablaufpläne in horizontaler Richtung eine beträchtliche Länge besitzen, wurden diese in mehrere Abbildungen aufgeteilt.

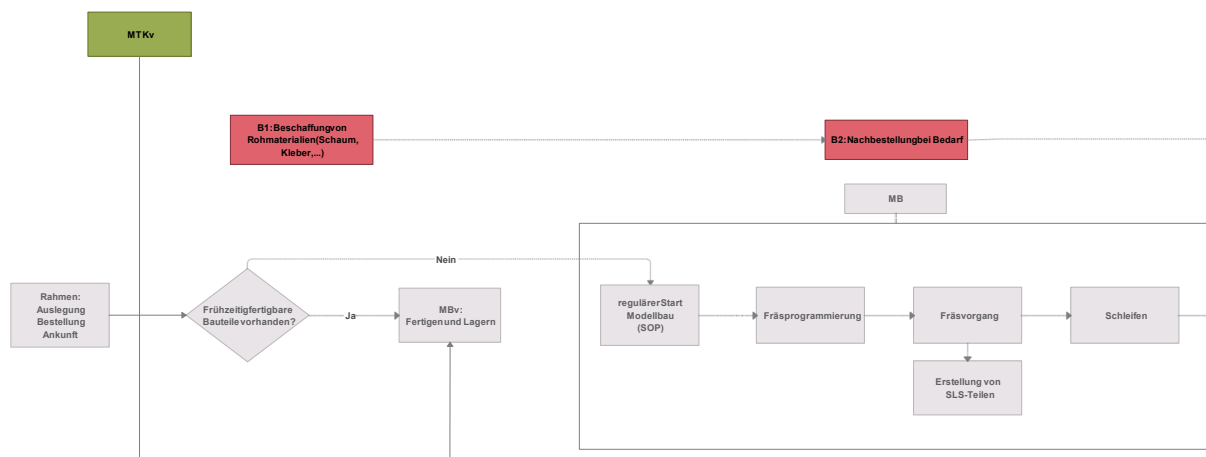


Abbildung 71: Showcarentwicklungsprozess Detailablaufplan 2: Teil 1

Die Dimensionierung und Fertigung des Rahmens muss zeitlich vor dem Modellbau stattfinden. Um die Möglichkeit zu besitzen, Bauteile zeitlich vorziehen zu können (MBv), die vom Rahmen abhängig sind, sollte dieser zusätzlich einen Monat vorher vorliegen. Allgemein sind genaue Informationen über die Geometrie des Rahmens erforderlich, um die Rückseite der Bauteile konstruieren zu können. Diese Informationen sollten als CAD-Modell rechtzeitig vorliegen, um nicht in zeitlichen Verzug zu geraten.

Als nächstes stellt sich die Frage, ob es die Möglichkeit überhaupt gibt, die Fertigung von Bauteilen vorzuziehen. Dagegen spricht beispielsweise ein Zeitverzug im Design-

und CAS-Prozess. Auch ist die Frage zu beantworten, ob das vorzeitige Fertigen notwendig ist. Nicht notwendig ist es eventuell, wenn das Projekt relativ problemarm verläuft und man künftig von keinem zeitlichen Verzögerungen ausgeht. Generell ist beim Vorziehen von Bauteilen sicherzustellen, dass keine Geometrie-Änderungen mehr vorzunehmen sind. Falls man keine Bauteile vorzieht, gilt der reguläre Start of Production (SOP) als Meilenstein für den Modellbaustart. Wie dargestellt, beginnt man mit der Fräsprogrammierung und anschließend mit dem Fräsen. Das Material (Schaum oder Laminat) und die jeweiligen Varianten hierzu (Variante 1,2 oder 3 bei Schaum; Variante A oder B bei Laminat) wurden bereits in MTK 2 festgelegt.

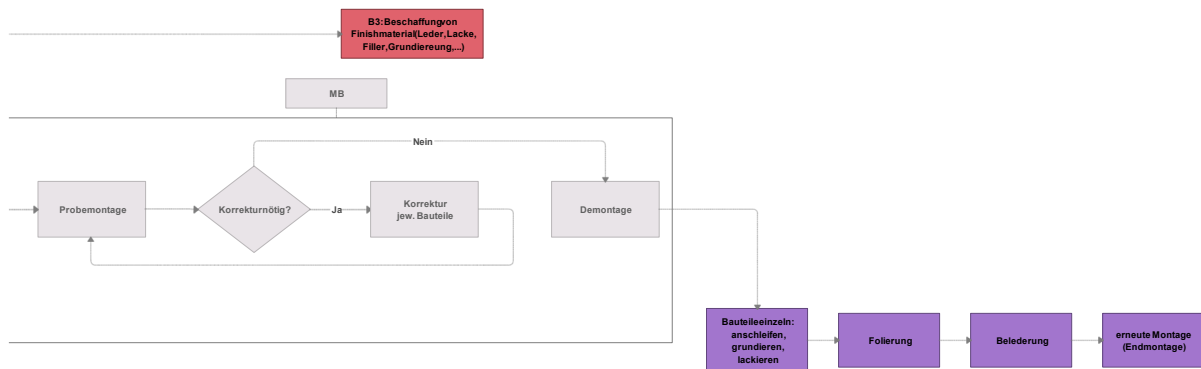


Abbildung 72: Showcarentwicklungsprozess Detailablaufplan 2: Teil 2

Nach dem Fräsvorgang erfolgt ein händischer Schleifvorgang, in denen die Frässpuren geglättet werden. Anschließend folgt eine Probemontage an den Rahmen. Hier wird unter anderem überprüft, ob die Bauteilfugen passend bzw. konstant sind. Bei Problemen wird hierbei eine Korrektur vorgenommen und eine erneute Schleife der Probemontage eingegangen. Nach Erfüllung aller erforderlichen Anforderungen wird eine komplette Demontage durchgeführt. Ab hier ist der Finishing-Part definiert. Die Bauteile werden nun einzeln angeschliffen, grundiert und lackiert. Je nach Kapazität kann zeitgleich auch mit der Belederung im Interieur begonnen werden, oder dieser Part wird im Anschluss vorgenommen. Als nächstes werden alle lackierten Bauteile nun erneut an den Rahmen montiert. Die E-E-Komponenten wurden in diesem exemplarischen Prozess zwar nicht ausgearbeitet, jedoch lässt sich erwähnen, dass die Verkabelung vor der erneuten Montage stattfinden wurde. An dieser Stelle ist noch zu erwähnen, dass die Reihenfolge im Finishing nicht zwingend dieser dargestellten Reihenfolge entsprechen muss.

7.3 Output

Als Ergebnis des Entwicklungsprozesses erhält man das fertige Showcar, das die geforderten Ansprüche im Rahmen des Budgets erfüllt und fristgerecht umgesetzt wurde. Dies sorgt für zufriedene Kunden und eventuell neue zukünftige Aufträge.

Darüber hinaus liegt idealerweise eine vollständige Projekt- und Prozessdokumentation vor, die in Zukunft als Referenz für ähnliche Projekte herangezogen werden kann. Die Kostenschätzungen und Kompromissfindungen könnten übertragen und in Zukunft noch präziser umgesetzt werden. Ebenso könnte eine Weiterentwicklung des Showcarprozesses auf dieser Grundlage stattfinden. Die wichtigen Aspekte der Dokumentation wären auch die Fehler/Schwierigkeiten/Herausforderungen, die gesondert vermerkt sind, um zukünftig diese Probleme im Vorfeld verhindern zu können. Dieser Punkt ist nur umsetzbar, falls Budget, Kapazität und Zeit in ausreichendem Maße vorhanden sind. Unabhängig würde man bei der Umsetzung auch langfristig davon profitieren.

8 Fazit / Reflexion /Ausblick

Das Ziel dieser Bachelorarbeit war es, einen methodischen Entwicklungsprozess zur Umsetzung eines Showcars zu entwickeln. Als Input wurde ein Fragenkatalog erarbeitet, welcher in Form von Interviews mit KET-Mitarbeitern durchgeführt wurde. Des Weiteren wurden vergangene KET-Projekte als Referenz herangezogen. Als Hauptreferenzprojekt galt das HCC21-Projekt, welches intensiver als die anderen beleuchtet wurde. Die Vorgehensweise war hierbei eine Analyse und eine Bewertung des Prozesses. Dieser gesamte Input wurde nun zur Entwicklung eines Showcarprozesses genutzt. Der Prozess wurde von der Auftragsanfrage vom Kunden bis zum fertigen Showcar dargestellt. Im Folgenden werden die Vorgehensweise und die Ergebnisse der jeweiligen Kapitel reflektiert und kritisch beurteilt.

In Kapitel 3 war es das Ziel, das notwendige Wissen, das für die Ausarbeitung und für das Verständnis dieser Arbeit notwendig ist, herauszuarbeiten. In der Literaturrecherche konnten jedoch nur grundlegende Themen und Zusammenhänge zu Prozessen und Prozessdarstellungen erarbeitet werden. Die notwendigen Techniken zur Prozessentwicklung blieben außen vor, weshalb versucht wurde in Form eines Fragenkataloges zusätzliches Wissen zu generieren. Die Ausarbeitung des Fragenkataloges erfolgte zeitnah nach Beginn der Arbeit. Die Darstellungsform des Ergebnisteils manifestierte sich jedoch stetig mit dem Fortschritt der Arbeit. Aus diesem Grund hat sich der Nutzen des Fragenkataloges als nicht optimal für den Ergebnisteil herausgestellt. Intensivere Fragen zum Design-, CAS- und MTK-Prozess wären dabei von größerem Nutzen gewesen.

Kapitel 4 bestand aus der Analyse von Referenzprojekten. Die Projekte 1-3 haben alle gemeinsam, dass die Auftragsanfragen sehr detailliert ausgearbeitet sind. Da OEM's häufiger diese Art von Projekten absolvieren, besitzen sie viel Erfahrung und können die Inhalte, Anforderungen und Zeiträume sehr präzise festlegen. Ein Punkt, bei dem es wenig Zugang zu Informationen bei der Analyse der Prozesse gab, sind Schwierigkeiten und Herausforderungen, die während des Prozesses entstanden sind. Diese Informationen wären hilfreich für Kapitel 7 gewesen. Dennoch konnten einige Informationen gewonnen werden, die durch die Literaturrecherche in Kapitel 3 nicht

zugänglich waren. Dazu gehören das Funktionieren der einzelnen Loops und die Verknüpfungen untereinander.

In Kapitel 5 wurde der HCC21-Entwicklungsprozess analysiert. Ein Kernpunkt, der untersucht wurde, war die inhaltliche Definition des Showcars, welches sich über einen langen Zeitraum erstreckte und parallel zu den CAS- und Konstruktionsarbeiten lief. Unabhängig davon waren die gewonnenen Erkenntnisse von Bedeutung und ließen sich gut in den generierten methodischen Entwicklungsprozess integrieren. Hierzu gehörte vor allem die Erstellung des Configurators, in welchem die jeweiligen Kosten der Inhalte zusammengefasst wurden, sodass eine schnelle Variantenerstellung möglich wurde. Die in Kapitel 5.4 erstellten Übersichten halfen bei der Skalierung der Zeiträume für den methodischen Entwicklungsprozess und galten zudem als visuelle Stütze für diese Arbeit.

Die Analyse der Exterieur-Vereinfachung (Kapitel 5.5) - welche aus der inhaltlichen Definition resultierte - hat sich als äußerst herausfordernd herausgestellt. Die korrekte zeitliche Abfolge der Vereinfachungsschritte war nicht leicht einsehbar. Meine regelmäßigen persönlichen Notizen, die ich im Laufe meines Praktikums bei KET erstellt habe, haben sich als äußerst nützlich für den anschließenden Bachelorarbeits-Zeitraum erwiesen. Hierdurch war es möglich, den chronologischen Ablauf der Exterieur-Vereinfachung und die damit aufzeigbare Fahrzeugkonzept-Optimierung/Anpassung sowie die modellbautechnische Umsetzung darzustellen. Dadurch wurden allgemeine Vorgehensweisen in der Showcarentwicklung deutlich. Die erwähnten Punkte in Kapitel 5.5.6 (modellbautechnische Umsetzung) waren zum Zeitpunkt der Analyse teilweise noch nicht in Arbeit, weshalb nicht nur das Geschehene, sondern auch das zukünftige Vorgehen erläutert wurde. Diese Erkenntnisse waren hilfreich zur Generierung des optimierten Prozesses. Allgemein konnte in Kapitel 5.5 ein umfangreicher Einblick in das Projekt erarbeitet werden. Dies führte jedoch dazu, dass Inhalte dargestellt wurden, die in der nachfolgenden Bewertung nicht mehr Verwendung fanden. Diese waren jedoch für eine Gesamtkontexteinordnung von Bedeutung. Zudem kann dieses Kapitel auch als Dokumentation betrachtet werden. In Kapitel 5.6 wurden die Kommunikation und der Datenaustausch untereinander erläutert. Dieser Aspekt lässt sich als Supportprozess einordnen und wurde eher flüchtig beleuchtet.

In Kapitel 6 wurden anschließend einige von den zuvor analysierten Aspekten des HCC21-Entwicklungsprozesses bewertet. Jedoch konnte nicht jeder erwähnte Punkt als positiv oder negativ deklariert werden. Des Weiteren wurde nicht jeder in diesem Kapitel bewertete Punkt in Kapitel 7 verwendet, um einen optimierten Prozess zu generieren. Einige Aspekte wie z.B. das positive Teamwork/Workflow oder der negative Punkt der Ergebnistoleranzen im Prozess lassen sich nicht sinnvoll in die gewählte Darstellungsform des Ergebnisteils integrieren. Punkte wie beispielsweise das zeitliche Vorziehen von unabhängig vom Gesamtfahrzeug entwickelbaren Bauteilen sowie die systematische Oberflächenbewertung konnten hingegen sinnvoll in den Ablaufplan bzw. Detailablaufplan in Kapitel 7 integriert werden. Es wurde sich dafür entschieden, diese unverwendeten Punkte in Kapitel 6 dennoch stehen zu lassen, da diese eventuell in Zukunft weiter ausgearbeitet und integriert werden könnten.

In Kapitel 7 galt es, den generierten Input der vergangenen Kapitel zu nutzen, um einen allgemeinen Showcarprozess zu modellieren. Wie erwähnt, wurde induktiv, also vom speziellen zum allgemeinen vorgegangen. Hierbei ergibt sich schon im Vorfeld der Gedanke, wie präzise dies mit einer geringen Anzahl von Projekten möglich ist. Zumal Showcarprozesse sehr individuell sind. Je mehr Projekte analysiert werden, desto mehr Input kann zu Prozessabläufen generiert werden, um somit mehr reale Eventualitäten abzudecken. Unabhängig davon war das Einsehen von klassischen Showcarprojekten nicht möglich, weshalb auf Projekte zugegriffen wurden, die ähnliche Arbeitspakete enthielten.

Die definierte Vorbereitungsphase zwischen Auftragsanfrage und der Vertragsvereinbarung wurde versucht so realistisch wie möglich in Form eines Flussdiagrammes darzustellen. Hierbei war das Ziel, diese Phase analog zu der Vorgehensweise bei klassischen Firmenaufträgen darzustellen. Einige Aspekte des HCC21 fanden sich auch hierbei wieder, wie beispielsweise der Kompromissfindungsprozess. Dieser Aspekt wurde bereits bei der inhaltlichen Definition in Kapitel 5.3 erläutert. Die für diese Arbeit entwickelte Priorisierungsmatrix kann den Prozess der inhaltlichen Definition unterstützen. Offen bleiben jedoch die Fragen, wie genau die Wichtigkeit von einzelnen Inhalten eingestuft wird und wann etwas als teuer oder kostengünstig gilt. Dies müsste im Vorfeld abgesprochen werden. Generell lässt sich das HCC21-Projekt nicht auf dieses Flussdiagramm übertragen, da

es sich um ein gemeinsames Forschungsprojekt handelt und sich so von der Vorgehensweise bei klassischen Firmenaufträge unterscheidet.

Für die Darstellung der in Abbildung 64 dargestellten Einflüsse wurde versucht, über das Wissen, das bei den Projektanalysen generiert wurde, hinauszugehen und sich an der Vielfalt von Showcarprojekten zu bedienen. Hierbei wurde prinzipielle mögliche Themen und Aspekte in Betracht gezogen. Diese besitzen jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit, wurden nur qualitativ erarbeitet und finden sich nicht detailliert im nachfolgenden Ablaufplan wieder.

Die erwähnten Einflüsse galt es bei der Planung des Entwicklungsprozesses zu berücksichtigen. Bei der Planung muss unter anderem eine Abstimmung mit den restlichen laufenden Projekten erfolgen. An dieser Stelle ist auf die Literatur „Projektmanagement in der Automobilindustrie“ von Hab und Wagner aus dem Jahre 2010 zu verweisen. Kapitel 3 thematisiert das Management mehrerer parallellaufender Automotive-Projekte. Dieser Aspekt geht über diese Bachelorarbeit hinaus. Er könnte jedoch in Zukunft im Rahmen einer weiteren Abschlussarbeit thematisiert werden, um nicht nur die Showcarentwicklung, sondern allgemein den gesamten Bereich der Entwicklung zu optimieren.

Bei der Erstellung des Ablaufplans der Showcarentwicklung wurden einige Annahmen getroffen. Bei diesen wurde sich nah an das HCC21-Projekt gehalten, da hierbei relativ viele Informationen zum Prozessablauf identifiziert wurden. Zusätzlich wurden Schätzungen zu Zeitpunkten und Zeiträumen vorgenommen, die eventuell als zu kurz oder zu lang gelten könnten. Die Punkte, die nicht sinnvoll integriert werden konnten, waren die Bereiche Konstruktion (kinematischen Komponenten) und E-E. Hierzu existierte im Vergleich zur Exterieur-Vereinfachung keine tiefe Projekteinsicht, weshalb bei dieser Arbeit darauf verzichtet wurde. Jedoch handelt es sich um wichtige Aspekte bei der Showcarentwicklung.

Der Punkt der systematischen Oberflächenbewertung (Kapitel 6.2) wurde aufgegriffen und in den Entwicklungsprozess einbezogen. Der Bogen wurde in Kategorien unterteilt und die Inhalte der Bewertungsparameter spezifisch den jeweiligen Prozess-Phasen zugeordnet. Die Parameter für die Designbewertung sind in diesem Bogen nicht detailliert ausgearbeitet worden. Der Versuch einer umfangreichen objektiven

Designbewertung wurde begonnen oder nicht in die Arbeit integriert, da diese den Rahmen der Arbeit überstiegen und zudem sehr viel Zeit in Anspruch genommen hätte. Bei der Recherche wurde der Artikel „Seeing things: consumer response to the visual domain in product design“ von Nathan Crilly et.al., aus dem Jahr 2004 gefunden, welcher aus theoretischer Perspektive auf die Aspekte, Produktdesign und Wahrnehmung eingeht und die Erkenntnisse zu diesen Themen aus einer Vielzahl von anderen Artikeln zusammenfasst. In Zukunft könnte dieses Wissen zur Erstellung von schwer messbaren Anforderungen, wie es beim Design der Fall ist, herangezogen werden. Die Bewertung von Oberflächen lässt sich ebenfalls sehr detailliert ausarbeiten. Für diese Arbeit wurden einige grundlegende Bewertungsparameter wie beispielsweise der Flächenaufbau und die Flächenverbindung integriert. An dieser Stelle ist auf die VDA-Empfehlung 4955 (Umfang und Qualität von CAD/CAM-Daten, Version 4.1 vom Dezember 2006) zu verweisen. Darin finden sich eine Vielzahl von Anforderungen an CAD-Daten, welche in Zukunft auf Integrierbarkeit in einen Bewertungsbogen in der Showcareentwicklung untersucht werden könnten. Ein Punkt ist unter anderem auch, wie präzise die Oberflächen des Showcars für den Modellbau sein müssen, da es sich teilweise um manuelle Arbeit handelt. Dabei könnte untersucht werden, welche Abweichung für die Positions-/ Tangenten- und Krümmung-Stetigkeit zulässig sind. Dadurch würde Over-Engineering verhindert werden. Generell könnten auch spezifische Bewertungsprozesse für das Generative Design, die Konstruktion und die Modellbautechnikkonstruktion ausgearbeitet werden, auf welche im Rahmen dieser Arbeit verzichtet wurde. Eine weitere Herausforderung bei der Erstellung solcher Bögen, ist die Abstufung. Eine verkürzte Einordnung in „OK“ oder „Nicht OK“ kann unzureichend sein. Um den Projektfortschritt realistisch einschätzen zu können, ist eine feinere Abstufung notwendig.

Das Thema Frontloading wurde einbezogen, um die Entwicklungszeit zu verkürzen und einen stressigen Projektablauf - der meistens zum Projektende stattfindet - zu verhindern. Hierzu wurden die Ideen mit dem zeitlichen Puffer und dem vorgezogenem Modellbau in den Ablaufplan integriert. Das Thema Frontloading ist jedoch umfangreich und komplex und könnte noch intensiver ausgearbeitet werden. Beispielsweise sollten Meilensteine und Freigaben so spät wie möglich im Projekt untergebracht zu werden (vgl. Kapitel 3.1), um Änderungsschleifen zu minimieren. Dies könnte auf den Showcareentwicklungsprozess übertragen werden.

Generell lässt sich festhalten, dass im Rahmen dieser Arbeit ein Ablaufplan und Detailablaufplan ausgearbeitet worden ist, der einen geordneten Showcarentwicklungsprozess darstellt. Die Erstellung des Ablaufplans basiert auf den vorher erarbeiteten Inhalten der Arbeit. Beispielsweise beginnt Loop 1 mit der Frage, ob der erste Schritt eine Formfindung oder Formumsetzung beinhaltet. Dies basiert auf den Optimierungspunkt „Heckvarianten“ in Kapitel 6.2. Inwiefern diese Pläne in Zukunft anwendbar sind, hängt davon ab, inwiefern die vorher erarbeiteten Punkte der Arbeit sich in den künftigen Projekten wiederfinden lassen. Für die weiterführende Optimierung dieser Arbeit bzw. der Ablaufpläne wäre es sinnvoll, in Zukunft eine Validierung vorzunehmen. Hierbei könnte der ausgearbeitete Showcarprozess mit einem laufenden Projekt parallel abgeglichen, angepasst, ergänzt und detaillierter ausgearbeitet werden.

Quellenverzeichnis

- [1] **KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH. 2020.** [Online]. „Was uns auszeichnet“. Verfügbar unter: <https://www.ket-muc.com/> [Zugriff am 26.11.2020]
- [2] **MoC Juli 2019.** „Übersicht Präsentation Masters of Class A & Concepts 12. Juli 2019“. HAW Hamburg. S.23.
- [3] **Friedhoff, Jan,** „Hamburg Concept Car 2021 Projektstatus“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.9.
- [4] **MoC Juli 2019.** „Übersicht Präsentation Masters of Class A & Concepts 12. Juli 2019“. HAW Hamburg. S.60.
- [5] **MoC Juli 2019.** „Übersicht Präsentation Masters of Class A & Concepts 12. Juli 2019“. HAW Hamburg. S.63.
- [6] **Global Cars Manufacturers Information Exchange Group.** „Package Drawing Exchanges“, 2012. S.13
- [7] **Global Cars Manufacturers Information Exchange Group.** „Package Drawing Exchanges“, 2012. S. 25
- [8] **auto-motor-und-sport.de. 2021.** [Online]. „VW Golf VIII Technische Daten“. Verfügbar unter: <https://www.auto-motor-und-sport.de/marken-modelle/vw/golf/viii/technische-daten/> [Zugriff am 03.02.2021]
- [9] **MoC Februar 2019.** „Masters of Concepts 08.02.2019“. HAW Hamburg. S.43.
- [10] **VDA Verband der Automobilindustrie.** „Automatisierung“, 2015. S.15.
- [11] **Friedhoff, Jan,** „Hamburg Concept Car 2021 Projektstatus“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.14.

- [12] **Friedhoff, Jan**, „Hamburg Concept Car 2021 Projektstatus“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.15.
- [13] **Friedhoff, Jan**, „Hamburg Concept Car 2021 Projektstatus“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.16.
- [14] **Friedhoff, Jan**, „Hamburg Concept Car 2021 Projektstatus“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.19.
- [15] **TauGeSa - Ingenieurbüro Michael Beck. 2021.** [Online]. „Taugesa“. Verfügbar unter: <https://www.taugesa.de/> [Zugriff am 03.01.2021]
- [16] **VOREST AG. 2021.** [Online]. „Prozessverständnis – was ist ein Prozess im Unternehmen?“ Verfügbar unter: <https://prozessmanagement.me/prozessmanagement/prozessverstaendnis/> [Zugriff am 08.04.2021]
- [17] **Friedhoff, Jan**, „Car Body Design“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.5.
- [18] **Friedhoff, Jan**, „Car Body Design“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.7-8.
- [19] **Friedhoff, Jan**, „Car Body Design“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.10.
- [20] **Friedhoff, Jan**, „Car Body Design“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.10.
- [21] **Bruhn,Manfred. 2019.** „Qualitätsmanagement für Dienstleistungen. Handbuch für ein erfolgreiches Qualitätsmanagement. Grundlagen – Konzepte – Methoden“, S.538, Berlin: Springer Gabler, 2019. 11. Auflage
- [22] **Bruhn,Manfred. 2019.** „Qualitätsmanagement für Dienstleistungen. Handbuch für ein erfolgreiches Qualitätsmanagement. Grundlagen – Konzepte – Methoden“, S.538, Berlin: Springer Gabler, 2019. 11. Auflage

- [23] **Bruhn, Manfred. 2019.** „Qualitätsmanagement für Dienstleistungen. Handbuch für ein erfolgreiches Qualitätsmanagement. Grundlagen – Konzepte – Methoden“, S.540, Berlin: Springer Gabler, 2019. 11. Auflage
- [24] **Friedhoff, Jan,** „Car Body Design“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.22.
- [25] **Friedhoff, Jan,** „Car Body Design“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020.
- [26] **Hab, Gerhard / Wagner, Reinhard. 2010.** „Projektmanagement in der Automobilindustrie. Effizientes Management von Fahrzeugen entlang der Wertschöpfungskette“, S.67, Wiesbaden: Gabler, 2010. 3. Auflage
- [27] **Hab, Gerhard / Wagner, Reinhard. 2010.** „Projektmanagement in der Automobilindustrie. Effizientes Management von Fahrzeugen entlang der Wertschöpfungskette“, S.67, Wiesbaden: Gabler, 2010. 3. Auflage
- [28] **Hofmann, Martin. 2020.** „Prozessoptimierung als ganzheitlicher Ansatz. Mit konkreten Praxisbeispielen für effiziente Arbeitsabläufe“, S.75, Berlin: Springer Gabler, 2020.
- [29] **Hofmann, Martin. 2020.** „Prozessoptimierung als ganzheitlicher Ansatz. Mit konkreten Praxisbeispielen für effiziente Arbeitsabläufe“, S.75, Berlin: Springer Gabler, 2020.
- [30] **Hofmann, Martin. 2020.** „Prozessoptimierung als ganzheitlicher Ansatz. Mit konkreten Praxisbeispielen für effiziente Arbeitsabläufe“, S.76, Berlin: Springer Gabler, 2020.
- [31] **www.managementmethoden.info, 2021** [Online]. „Flussdiagramm“. Verfügbar unter: <http://managementmethoden.info/TBSchlankheitWerkzeuge/TBFlussdiagramm> [Zugriff am 28.04.2021]
- [32] **Becker, Torsten 2008,** „Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren“, S.127, Berlin Heidelberg: Springer, 2008

[33] **Friedhoff, Jan**, „Darstellende Geometrie 2 Labor - Freiformflächen“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.3.

[34] **Friedhoff, Jan**, „Darstellende Geometrie 2 Labor - Freiformflächen“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.6.

[35] **Friedhoff, Jan**, „Darstellende Geometrie 2 Labor - Freiformflächen“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.19.

[36] **Friedhoff, Jan**, „Darstellende Geometrie 2 Labor - Freiformflächen“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.26.

[37] **Friedhoff, Jan**, „Darstellende Geometrie 2 Labor - Freiformflächen“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.27.

[38] **Friedhoff, Jan**, „Darstellende Geometrie 2 Labor - Freiformflächen“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.35.

[39] **KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH. 2020**

[40] **KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH. 2020**

[41] **KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH. 2020**

[42] **Vogel Communications Group GmbH & Co. KG** [Online]. „Hamburger Karosseriebautage“. Verfügbar unter: <https://www.karosseriebautage.de/> [Zugriff am 10.05.2021]

[43] **hamburg.de GmbH & Co. KG** [Online]. „Hamburg ein Ort der Mobilen Zukunft ITS-Weltkongress 2021“. Verfügbar unter: <https://www.hamburg.de/bwi/smarteladezonen/13633852/its-weltkongress-2021/> [Zugriff am 10.05.2021]

[44] **KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH. 2020**

- [45] **Friedhoff, Jan**, HAW Hamburg, Hamburg, 2020.
- [46] **KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH. 2020**
- [47] **HAW Hamburg 2020 und KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH 2020**
- [48] **AAMPACT e.V., 2021** [Online]. „Karosserie“. Verfügbar unter: <https://www.mein-autolexikon.de/karosserie-komfort/karosserie.html> [Zugriff am 25.02.2021]
- [49] **Friedhoff, Jan**, „Car Body Design“, HAW Hamburg, Hamburg, 2020. S.193.
- [50] **Siegel, Tim. 2020**. Studienarbeit: „Optimierung der Fahrzeugfront des Konzeptfahrzeuges „HCC21“ hinsichtlich des Designs und der Strakflächen“, S. 45. Hamburg: HAW Hamburg, 2020.
- [51] **KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH. 2020**
- [52] **KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH. 2020**
- [53] **KET Karosserie Entwicklung Thurner GmbH. 2020**
- [54] **RAMPF Holding GmbH & Co. KG.** [Online]. „Glossar“. Verfügbar unter: <https://www.rampf-group.com/de/glossar/ureol/> [Zugriff am 08.03.2021]
- [55] **Bibliographisches Institut GmbH** [Online]. „Wörterbuch“. Verfügbar unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Methodik> [Zugriff am 26.04.2021]
- [56] **projektmagazin Berleb Media GmbH** [Online]. „Lessons Learned“. Verfügbar unter: <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/lessons-learned> [Zugriff am 01.05.2021]
- [57] **DATAKOM Buchverlag GmbH** [Online]. „Elektrisch-elektronische Architektur“. Verfügbar unter: <https://www.itwissen.info/Elektrisch-elektronische-Architektur-E-E-architecture-E-E.html> [Zugriff am 30.04.2021]

Anhang A: Fragenkatalog

Die Antworten der Befragten wurden unter den jeweiligen Fragen anonymisiert zusammengefasst. P steht für Person.

Fragen zur allgemeinen Showcarentwicklung

1) Was unterscheidet Ihrer Meinung nach einen Showcareentwicklungsprozess von einem Serienfahrzeug-Entwicklungsprozess in Bezug auf Ihre Arbeitsweise?

P1: Freieres arbeiten (Mindestentformung/ Herstellbarkeit/ Wirtschaftlichkeit); Berücksichtigung und Einarbeitung von Modellbau und Fertigungsthemen; Höheres Engagement des Modelleurs auf Grund der Besonderheit eines Showcars

P2: Showcar ist wie ein Prototyp, nur 1 Exemplar (muss auch nicht ready to use sein). Deswegen die Lösungen die da stattfinden, sind speziell für das gewählt. Bei Serien haben wir verschiedene Loops, in denen das Projekt wieder und wieder gearbeitet ist. Entwicklungsprozess kann in diesem Fall mehr Jahren dauern. In Showcar das Prozess inzw. Idee und Realisation ist viel schneller. Es benötigt auch größere Kreativität und Erfahrung wie kann man schnell die Probleme umgehen oder andere Herausforderungen lösen.

P3: Die Arbeit ist deutlich freier, kreativer, möglicherweise manchmal auch stressiger (mehr verschiedene Modelle).

Zu Beginn sind oft auch nur schnelle Designmodelle gefragt, bei denen noch kein großer Wert auf techn. Vorgaben gelegt wird, sondern auf Proportion und Flächenqualität.

Es wird eng mit Designern, Clay-Modelleuren und Modellbau zusammengearbeitet, sehr praxisorientiert.

2) Welche Vorgaben (Art, Umfang, Qualität) liegen zu Beginn des Projektes vor?

P1: Exterieur Modell oder Abtastung eines Modelles ; Visualisierungen des Designzielbildes (Skizzen/ VR-Bilder/ Fotos); grobes Package für den Aufbau und die erforderliche Ergonomie

P2: Für mich persönlich, es gibt zwei wichtigsten Sachen am Beginn. Eine Idee und Planung. Wir sollten uns paar wichtige Fragen ganz am Anfang antworten, ob unsere Idee stark und gut ist, und ob es realisierbar ist – wegen Zeit, Qualität, Methoden, Anzahl der Arbeitern etc... Mit guter Planung kann man das Ziel einfacher realisieren.

P3: Kommt auf das Projekt an. Allgemein: Zeitplan, Angabe über techn. Vorgaben (Toleranzen, Min. Radian, Sonstige),

Anzahl der Bauteile, Zeitaufwand pro Bauteil (wieviel Schleifen kann man drehen).

Es wird festgelegt ob z. B. nur drüber gestrakt wird, das Design verändert wird, oder nur Radian angepasst werden.

Oder eine Mischung aus mehreren Umfängen (je nach Projekt).

3)Wie bewerten Sie die Schnittstellen zwischen Kunden und Ihnen in Bezug auf Kommunikation/ Datenaustausch?

P1:-

P2: Meine Kommunikation – Datenaustausch hat nie direkt stattgefunden, immer inzwischen war entweder mein Teamleiter oder mein Chef.

P3: Die Fragestellung ist mir nicht ganz klar, ich versuche es trotzdem mal.

Ich bin verantwortlich dem Kunden zu den abgesprochenen Terminen Datenstände oder auch Zwischenstände zukommen zu lassen. Hierzu spreche ich individuell mit dem Kunden das Vorgehen ab, manchmal ist es sinnvoll auch zwischen den Regelterminen Datenstände zu zeigen, damit andere Zulieferer (Konstruktion o. Ä.) weiter arbeiten können. Diese Daten können aus einfachen Bildern oder ganzen Flächen-Daten bestehen, je nach Situation.

4)Was sind die Schwierigkeiten bei einer Showcar-Entwicklung?

P1: Herstellbarkeit und möglichst einfache Handhabung im Modellbau; Weniger geordnete Prozesse und weniger definierte Herangehensweise; Sehr individuell je nach Anforderung des Fahrzeuges

P2: IDEE: Showcar – irgendwas neues, modernes, schockierendes, attraktives.

ZEIT: Man muss alles im kurzen Zeitablauf aufbauen – von der Idee, durch Modelling bis echtes Model

BUDGET: Alles muss auch im Rahmen eines Budget ablaufen. Die Kosten können echt gross sein, da wir hier nur ein Auto produzieren, die benötigt Materialien, Elektronik, etc.

P3: Am Ende oft der Zeitplan. Man muss die Probleme, die im Modellbau entstehen (oft durch Designänderungen oder andere Änderungen der Daten verschuldet), mit einkalkulieren und sich bewusst sein, dass

Diese am Ende oft noch etwas mehr Zeit in Anspruch nehmen, wie vorher geplant. Es hängen meist mehrere Zulieferer mit drin, deren Zeitpläne alle berücksichtigt werden müssen. Wenn sich also bei uns etwas verzögert, zieht das eine Reihe anderer Verzögerungen mit sich.

5)Was passiert, wenn man eine Abgabe nicht fristgerecht übergibt?

P1: Terminplan kommt durcheinander / Zieltermin kann evtl. nicht gehalten werden/ Nachgelagerte Arbeiten und Abteilung haben dadurch weniger Zeit für ihre Aufgaben

P2: Das wirkt entweder auf dem generellen Verspätung ganzes Prozess und Showcar Final Release Date, oder es macht viel viel Stress und Druck auf den nächsten/aktuellen Arbeiter in Prozess. Zum Beispiel wenn die Oberflächen Modelling Verspätung in der Übergabe zur Modellbau hat, dann Modellbau arbeitet

mit zeitlichem Druck und Stress. Es kann auch Effizienz bewirken! Wenn die Mitarbeiter irgendwann zu müde für Überstunden sind!

P3: Das kommt auf die Art der Abgabe an. In erster Linie kann man sagen, dass sich sowas ja schon eine gewisse Zeit vorher anbahnt und Gründe hat. Daher sollte man so schnell es geht mit dem Kunden das Gespräch suchen.

Manchmal ist die Schuld beim Kunden zu finden, da er noch mehr Umfänge haben wollte. Hier ist es meist kein Problem den Termin zu verschieben. Sollte das Problem intern zu finden sein, muss dringend in Rücksprache mit dem Kunden eine Lösung gefunden werden. Oft ist es möglich statt Freitagabend, Montagmorgen abzugeben.

6) Was passiert, wenn der Auftraggeber mit dem Ergebnis nicht zufrieden ist/bzw. wenn z.B. die Konstruktion mitteilt, dass etwas nicht passt? Stichwörter: Systematik/Methode bei verbesserung

P1: Für gewöhnlich besteht immer ein enger Kontakt und ein ständiger Austausch den gesamten Prozess hinweg (Abteilungsübergreifend), somit fallen solche Themen meist früh genug auf und es kann reagiert werden. Gefahr besteht hier durch eine Mehrung von Kosten

P2: Erstmal Besprechen und zusammenarbeiten, um ein Kompromiss zu finden, definieren auch wie kritisch das Fehler/Unzufriedenheit ist. Wichtig ist immer offensichtlich kommunizieren, schnell wie möglich evtl. Probleme lösen und solche Situationen vermeiden! Falls genug Kappa und Zeit kann man die neuen Updates machen, falls nicht, soll zB. ein zusätzliches Teil des Projekts vereinbart sein, oder mögliche schnelle Anpassung, die nicht grossen Zeitaufwand kostet.

P3: Es muss natürlich auch hier das Gespräch mit dem Kunden gesucht werden. Oft ist die Lösung, sollte der Grund der Unzufriedenheit bei uns liegen, dass von unserer Seite nachgebessert wird.

Sollte der Grund auf Seiten des Kunden liegen, bekommen wir einen Zusatzauftrag für eine kleine „Änderungsschleife“.

7) Was läuft aus Prozesssicht betrachtet gut?

P1:-

P2: Ich bin leider nicht so tief in dem Projekt. Aber von meiner Sicht, es ist super dass wir Praktikant aus der Uni haben. Es erleichtert Kommunikation und Zusammenarbeit inzw. Uni – Firma.

P3: Wenn alle Termine eingehalten werden können und der Kunde mit der Entwicklung zufrieden ist.

8) Wo gäbe es Ihrer Meinung nach Optimierungspotential im Prozess?

P1: Klarere Definition des Ergebnisses/Zielbildes und schnellere Entscheidungen

P2: Offene Reviews – so dass, man kann zusammen um das Projekt diskutieren, Ideen sammeln, gut planen und sich miteinander motivieren etc. Ich weiss, es ist Corona Zeit, jedoch hat es mir das bisschen gefehlt. Auch bei Projektstart, man konnte klar auch zu Mitarbeitern definieren wie das Projekt ablaufen wird.

P3: Kann ich nicht allgemein Beantworten. Es kommt auf die Situation und das Projekt an.

Natürlich helfen kurze Wege in der Hierarchie um Zeit einzusparen. Umso weniger Teile des Projekts auf verschiedene Zulieferer verteilt sind, um so weniger Abstimmarbeiten sind nötig.

9) An welchen Stellen wird es brenzlich/stressig im Projektablauf?

P1: Aktuell leider zu wenig Einblick in den Projektstatus/Projektablauf

P2: Ich befürchte, dass während der letzten Phase – also Modellbau, da, wenn es irgendwelche Verspätungen vorher gibt, dann Modellbau hat mehr Stress um alles zeitlich zu schaffen.

P3: Wenn der Zeitplan überschritten wird. Also zum Ende hin!

10) Wo liegt der Unterschied, wenn der Kunde a) eine Firma und b) eine Hochschule? (Stichpunkte: Abgabefristen, Ergebnisqualität, Ergebnisanspruch, Zeitaufwand, Rücksprachen)

P1: Fristen, Qualität und Anspruch an unsere Arbeit ist gleich egal was für ein Kunde/ Input Qualität seitens des Kunden – Kommunikation und Prozesse sind bei Firmen mit Erfahrung im Automotive Bereich meist besser/zielgerichteter. Somit ein effektiverer Prozess

P2: ...? Erfahrung?

Input aus mehreren Quellen, zB Design, Engineering, Management etc.

P3: Abgabefrist: es kommt hier auch immer darauf an, was es für eine Abgabe ist, geht das Fahrzeug jetzt in Serie ist natürlich kein Spielraum. Steht das Fahrzeug (Hochschule) in einer Woche auf der Messe, ist auch kein Spielraum.

Handelt es sich um andere Arten der Abgabe ist in beiderlei Fällen vermutlich etwas Luft wenn es sein muss.

Ergebnisqualität: hier ist gerade im Bezug auf das Budget bei der Hochschule vermutlich einiges zu sparen, wenn die Qualität nicht einem Serienfahrzeug gleicht. Bei einem Serienfahrzeug kann man nicht auf Qualität verzichten.

Zeitaufwand: Auch hier ist das Budget ein Thema. Da die Hochschule meist nicht soviel zur Verfügung hat, ist die Entwicklungszeit auch etwas verkürzt bzw. findet Großteil bei der Hochschule selbst statt.

Rücksprache: Bei der Hochschule waren die „Wege“ sehr kurz, was die Rücksprachen erleichtert hat. Dies kann je nach Kunde ganz anders aussehen.

Fragen zum HCC21

11) Wie bewerten Sie persönlich den HCC21 Prozess im Bezug auf a) Ihre Arbeitsweise und b) in Bezug auf die Qualität der Ergebnisse?

P1: -

P2: Ich bin bisschen enttäuscht mit dem Ablauf. Am Anfang war ich sehr involviert. Jedoch mit der Zeit wusste ich nicht mehr wie das Projekt aussieht, und was der Stand ist. Ich bin zufrieden mit der ersten Pre-Phase, wo wir die Ideen gesammelt haben und Designskizzen gemacht haben. Aber dann das Thema war irgendwie geschlossen, keine Möglichkeit, um weiter auf das Design Thema zu arbeiten. Keine Präzision des Designs. Schnelle Entscheidungen, Zeit Druck??

P3: a) Durch die „kurzen Wege“ war es ein angenehmes Arbeiten ohne große Unterbrechungen.

b) Durch sehr häufige Änderungen und Anpassungen, die teilweise so nicht geplant waren, wurde am Ende die Zeit und das Budget knapp. Somit war es schwer die gewohnte Qualität beizubehalten.

12) Welche Schwierigkeiten/Herausforderungen gab es beim Oberflächenmodellierung?

P1: -

P2:-

P3: Keine besonderen.

13) Was könnte man Ihrer Meinung nach bei einem ähnlichen Projekt besser machen?

P1: -

P2: Kommunikation! Und dass die Leute die auf dem Thema arbeiten besser informiert sein konnten. Reviews zB. auf monatlich Basis, wie es bei dem Projekt geht, Zustand, Ziele definieren... - Dann die Leute sind auch mehr motiviert und besser informiert.

Ich weiss, da es verschiedene Pausen in dem Projekt waren, ich finde es auch generell nicht gut. Man sollte sich mit dem Planung halten, um das Ziel zu erreichen.

P3: Den Projektumfang präziser festlegen. Damit es nicht aus dem Ruder läuft. Und früher die Organisation an KET übergeben, damit es für uns überschaubar bleibt.

14) Was hätte man Ihrer Meinung nach beim HCC21 besser machen können?

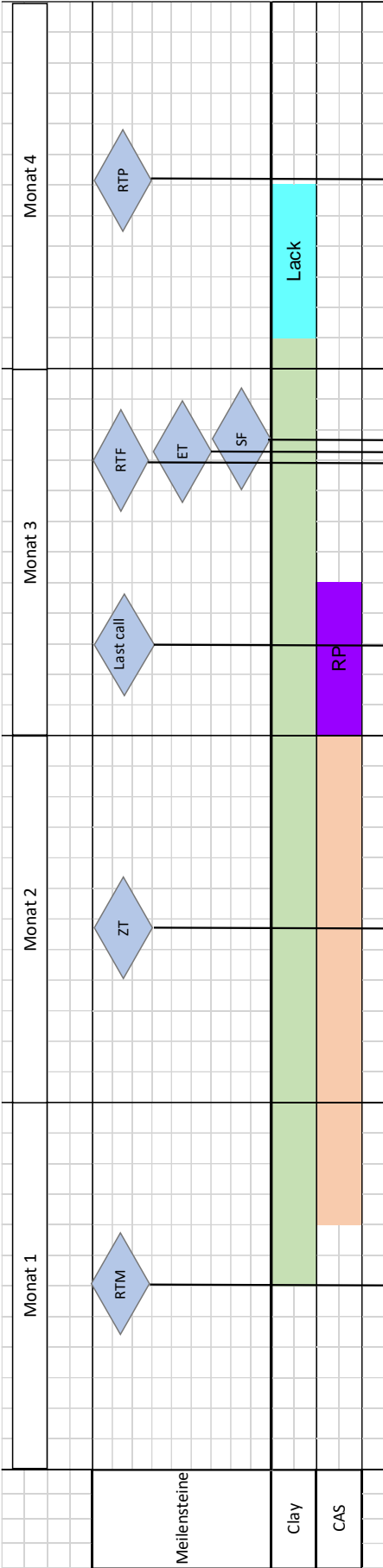
P1: -

P2: Ich konnte mich vorstellen mehrere Praktikanten im Firma zu haben, oder Zusammenarbeit in der Sinne von ganz am Anfang zB 1 - Woche Workshop mit Studierenden und Professoren bei uns. Um die gemeinsamen Ideen und Zielen zu definieren. Später zB. Studierenden konnten auf dem Thema bei Seminaren arbeiten.

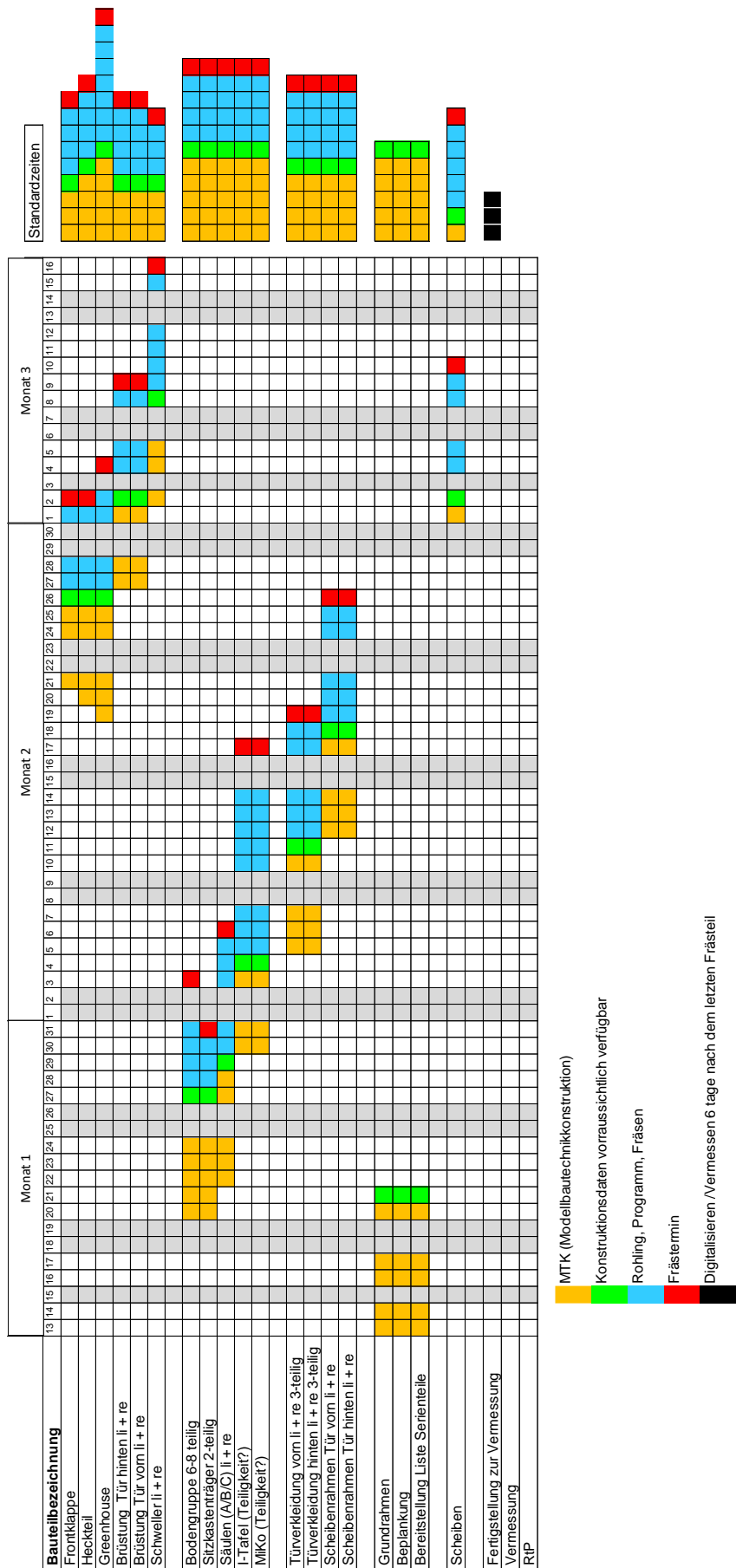
P3: 1. Siehe 13)

2. Die Kommunikation zwischen KET und den Studierenden war teilweise etwas unklar

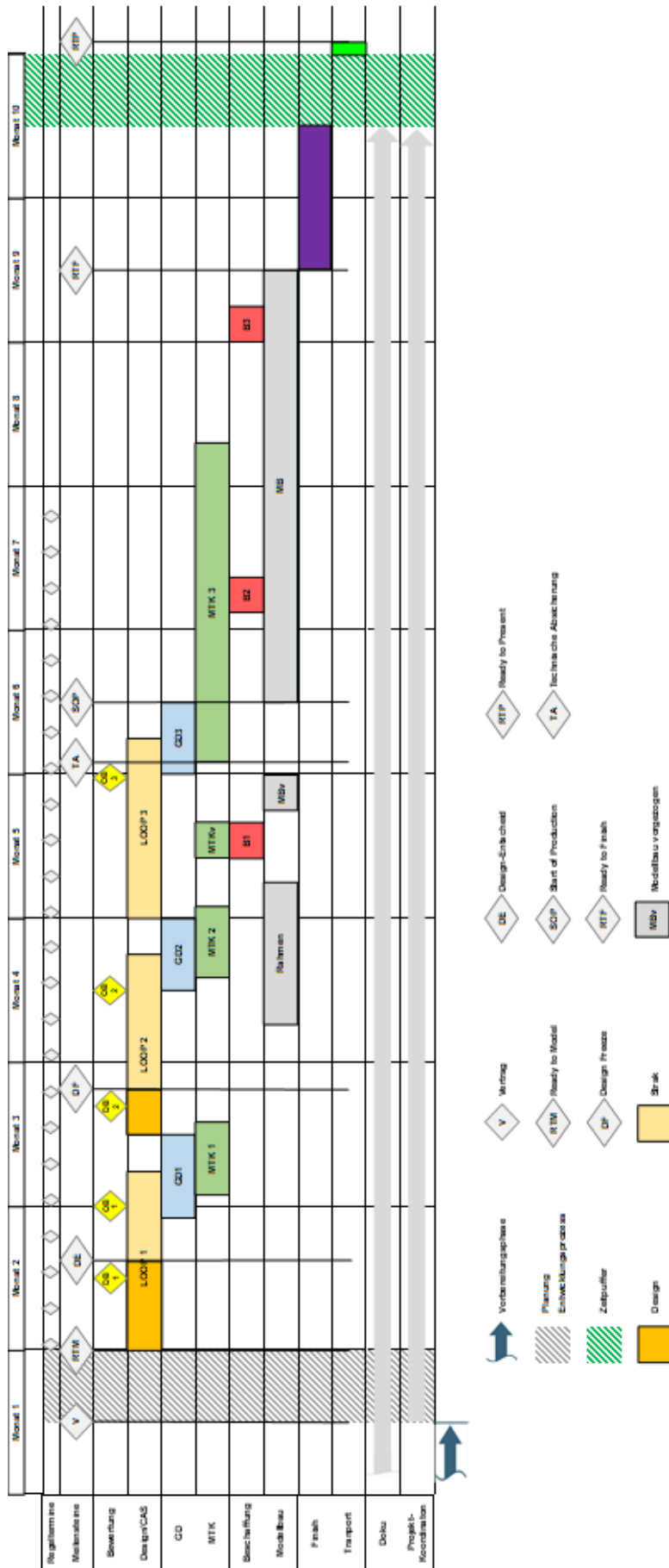
Anhang C: Projekt 2 Ablaufplan



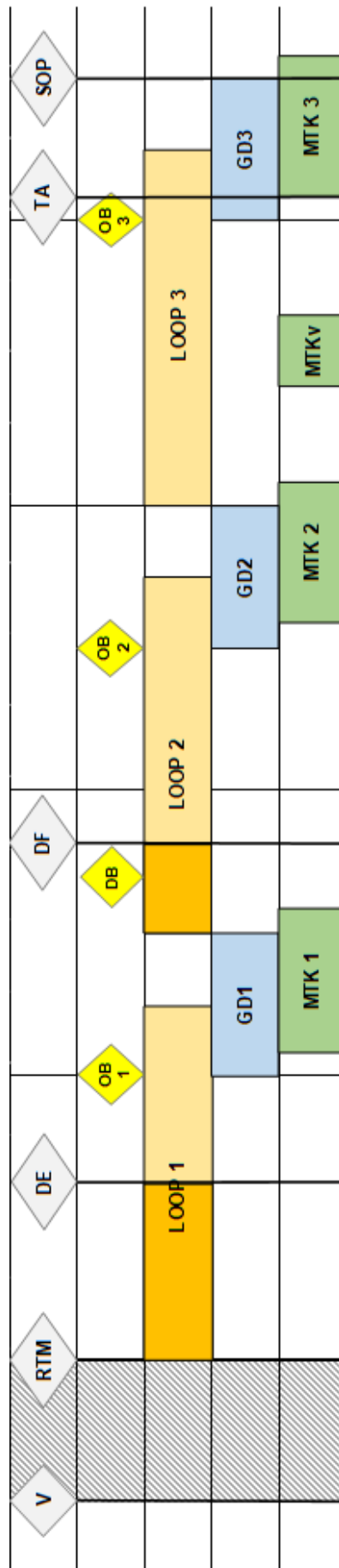
Anhang D: Projekt 3 Ablaufplan

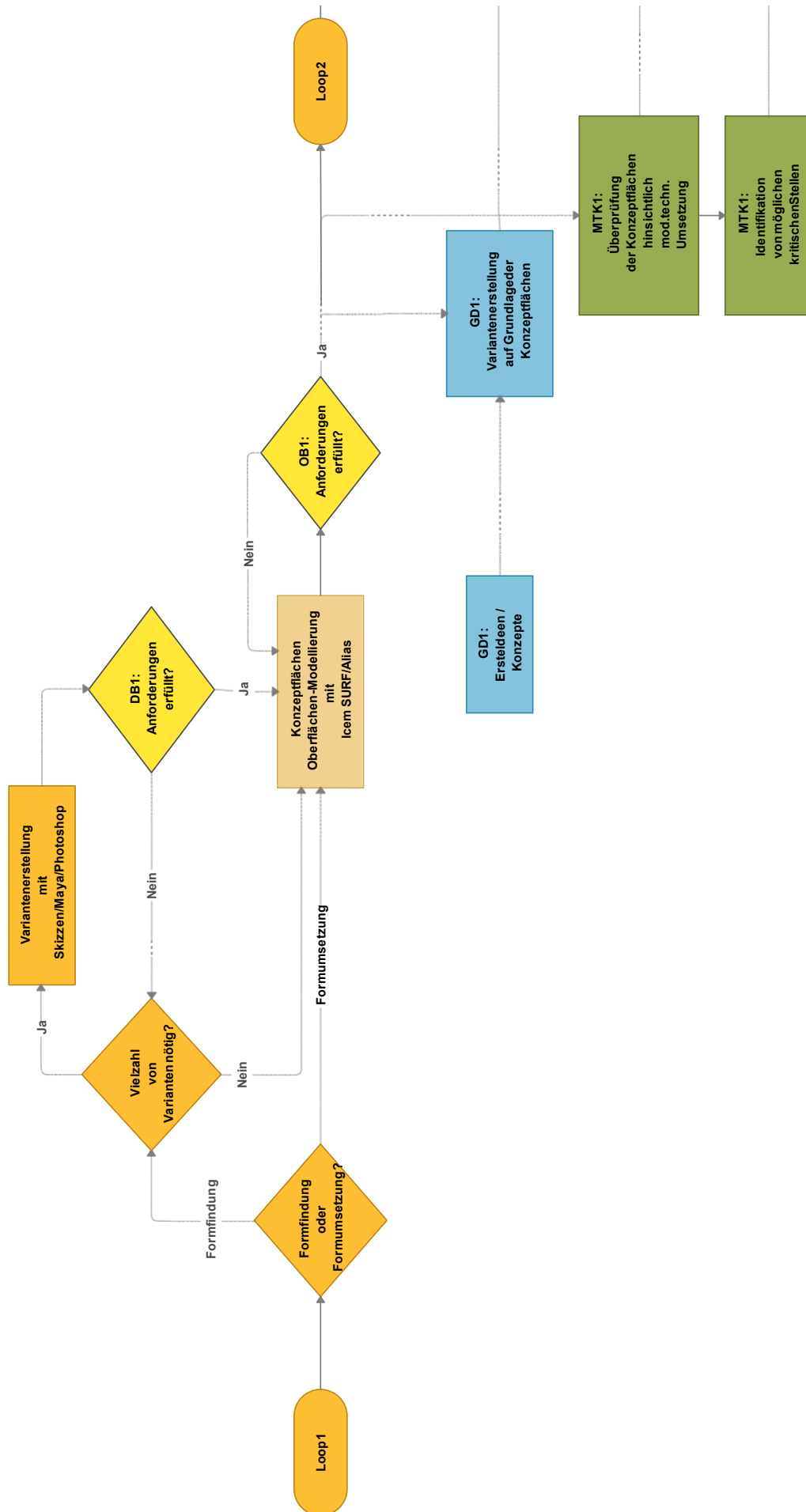


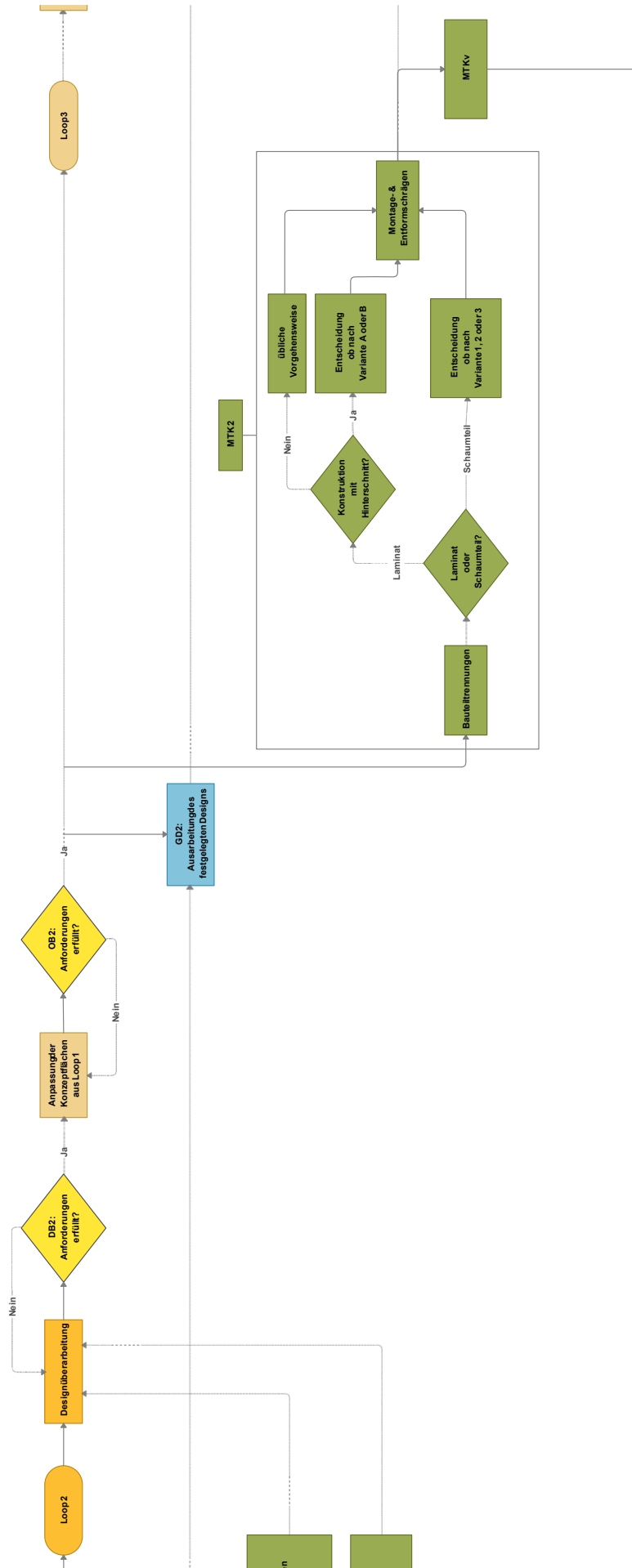
Anhang E: Showcarentwicklungsprozess Ablaufplan

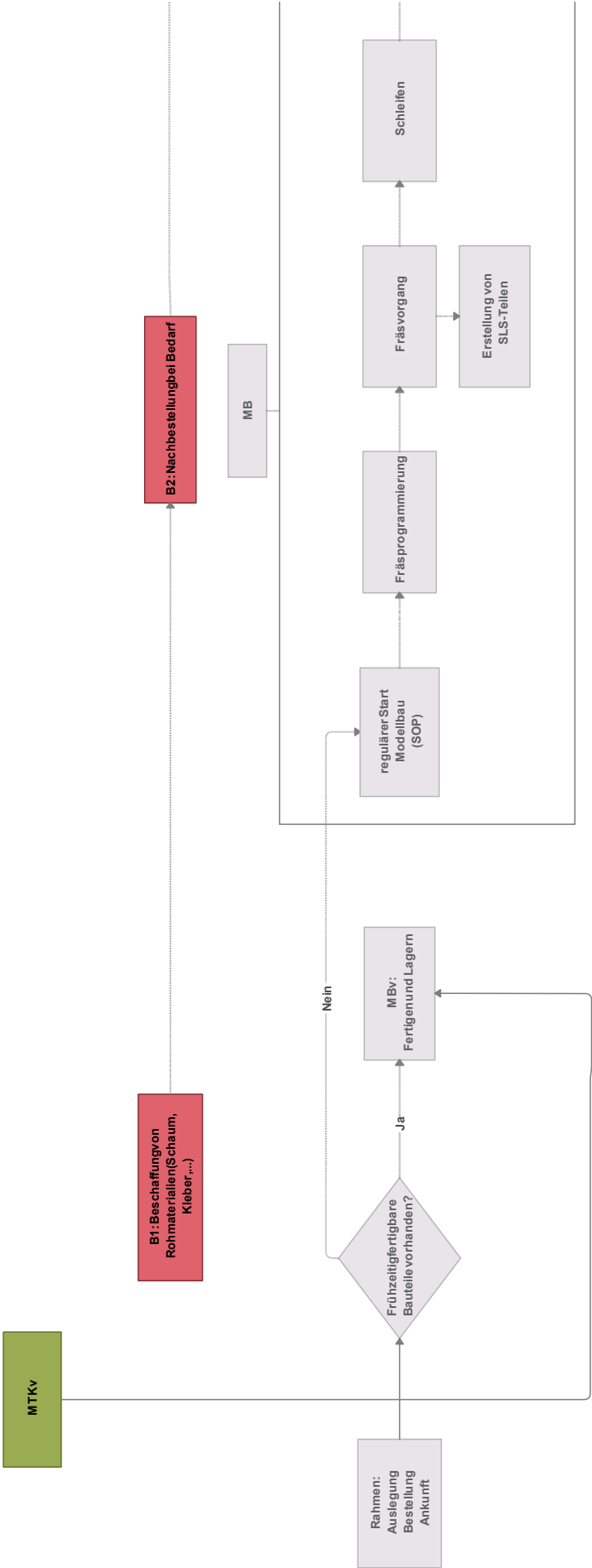


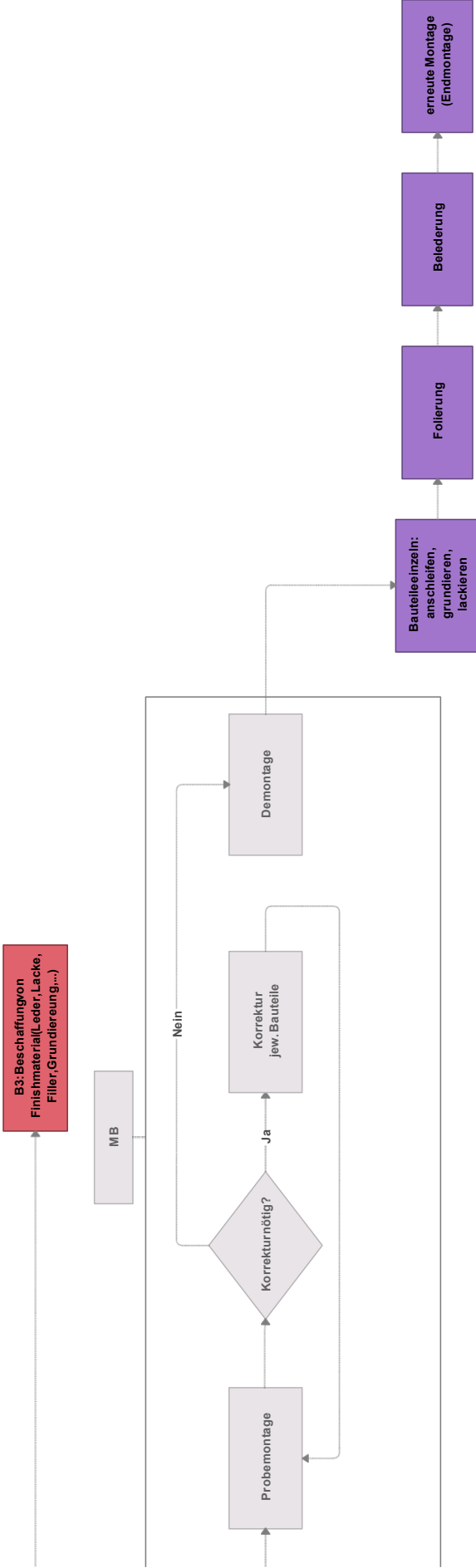
Anhang F: Showcareentwicklungsprozess Detailablaufpläne











Selbstständigkeitserklärung



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 selbständig 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:	Coskun	
Vorname:	Yenmez	
dass ich die vorliegende Bachelorarbeit <input type="text"/> bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:		
Entwicklung eines methodischen Entwicklungsprozesses zur Umsetzung eines Showcars anhand von Analysen des Entwicklungsprozesses des HCC21		
ohne fremde Hilfe selbständig 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 <input type="text"/> -bitte auswählen- <input type="text"/> ist erfolgt durch:		
Hamburg	04.08.2021	_____ Unterschrift im Original
Ort	Datum	