Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Steven Andreas Loelf

Entwicklung eines Seitenrahmens für das Hamburg Concept Car 21

Fakultät Technik und Informatik
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

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

Steven Andreas Loelf

Entwicklung eines Seitenrahmens für das Hamburg Concept Car 21

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:
HAW Hamburg
Berliner Tor 9
20099 Hamburg

Prüfer: Prof. Jan Friedhof
Zweitprüfer: Prof. Stefan Bigalke

Abgabedatum: 23.02.2022

Kurzreferat

Name des Studierenden

Steven Andreas Loelf

Thema der Bachelorthesis

Entwicklung eines Seitenrahmens für das Hamburg Concept Car 21

Stichworte

Konstruieren, Siemens NX, CAD, Konzeptentwicklung, autonomes Fahren, Design, Automobil, Exterieur, Seitenrahmen, Seitenwand, Karosserie, Fahrzeugstruktur

Kurzreferat

Die vorliegende Arbeit beinhaltet eine Darstellung der Konstruktion des Seitenrahmens des Hamburg Concept Cars 21 (HCC21), welche mit der CAD Software Siemens NX 12 erstellt wurde, sowie dabei zu bewältigende Problematiken. Für eine fachgerechte Bauteilkonstruktion werden anhand von Referenzfahrzeugen Grundlagen zum Generieren neuer Profilschnitte entwickelt. Abschließend werden weitere Herausforderungen bzgl. des Projekts HCC21 beleuchtet und theoretische Lösungsansätze aufgezeigt.

Name of Student

Steven Andreas Loelf

Title of the paper

Development of a side frame for the Hamburg Concept Car 21

Keywords

Design, Siemens NX, CAD, concept development, autonomous driving, design, automotive, exterior, side frame, sidewall, car body, vehicle structure

Abstract

The content of the thesis is the design of the side frame of the Hamburg Concept Car 21 (HCC21) using the CAD software Siemens NX. Thereby certain problems of the virtual concept car model concerning the side frame have to be solved. Based on reference vehicles, basic principles for the generation of new profile sections are developed. for a professional component design. Finally, further challenges with regard to the HCC21 project are highlighted and theoretical approaches to solving them are shown.

I. Inhaltsverzeichnis

II. Abbildungsverzeichnis ... III

III. Abkürzungsverzeichnis ... VI

1. Einleitung ... 1

1.1 Aufgabenstellung ... 1

1.2 Grundlegendes ... 2

1.3 Problemstellen ... 3

2. Dokumentation ... 6

2.1 Vorbereitung der Konstruktion ... 6

2.2 Konstruktion des Seitenrahmens ... 11

2.2.1 Scharnierpositionierung ... 11

2.2.2 Batteriekastenanschluss ... 18

2.2.3 Aufbau der Schweller- und Säulenprofile ... 20

2.2.3.1 Der Schweller ... 20

2.2.3.2 Die B-Säule ... 24

2.2.3.3 Der Dachrahmen ... 30

2.2.3.4 Untere A-Säule und A-Strichsäule ... 30

2.2.3.5 Die A-Strichsäule ... 33

2.2.3.6 Die D-Säule ... 35

2.2.3.7 Einblick in die Strakverbindungsflächen ... 36

3. Kritische Würdigung und Ausblick ... 39

3.1 Anschluss an die Umgebungsgeometrie des hinteren Seitenrahmens ... 39

3.2 Entwicklung eines Batteriekastenkonzepts ... 39

3.3 Fahrgestell ... 39

3.4 Türschlossintegration ... 40

3.5 Neue Türen ... 42

3.6 Fazit ... 43

IV. Literaturverzeichnis ... 44

V. Anhang ... 46

VI. Absichtserklärung ... 51

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: „Im Crash beanspruchte Bereiche des Seitenrahmen außen“ 2
Abbildung 2: Intrusion Vordertür - Kotflügel 4
Abbildung 3: Intrusion Hintertür - Schweller Oberkante 4
Abbildung 4: Problematik des Batteriekastens 4
Abbildung 5: Karosserieseitiger Vordertürrahmenverlauf 5
Abbildung 6: Fugenverlauf im A-Strich- und Vordertürenbereich 5
Abbildung 7: Dachrahmenverlauf 5
Abbildung 8: Umgebungsgeometrie HCC21 6
Abbildung 9: Auflagefläche des oberen Hintertürscharniers auf der HCC21 Umgebungsgeometrie 7
Abbildung 10: Verifizierung des Mindestwinkels 7
Abbildung 11: Verifizierung des korrekten z-Maßes der Scharniere 8
Abbildung 12: GCIE Plan VW Sportsvan 8
Abbildung 13: Implementierung der I-Pace Schnitte 9
Abbildung 14: Inputordnerstruktur 9
Abbildung 15: Ebenen zur Profilentwicklung der D-Säule 10
Abbildung 16: „Layout Gap Passageway“ 11
Abbildung 17: 3D-Türfugenkorridor im Bereich der Hintertür 12
Abbildung 18: Ausgangssituation der Drehachse 12
Abbildung 19: Translation der Drehachse in positive x-Richtung 13
Abbildung 20: Translation der Drehachse in negative y-Richtung 13
Abbildung 21: Lösung Scharnierdrehachsenposition der Hintertür 14
Abbildung 22: Verifizierung 5mm Abstand geöffnete Hintertür - Schweller 14
Abbildung 23: Lösung Scharnierdrehachsenposition der Vordertür 15
Abbildung 24: Abstand oberes Vordertürscharnier zum Vordertüraußenblech 15
Abbildung 25: GCIE Plan VW Sportsvan - Abstand oberes Scharnier zur Außenhaut (Hintertür) 16
Abbildung 26: Abstand oberes Hintertürscharnier - Hintertüraußenhaut 16
Abbildung 27: GCIE Plan VW Sportsvan - Abstand oberes Scharnier zur Außenhaut (Vordertür) 17

Abbildung 28: Abstand oberes Vordertürscharnier zur Außenhaut nach 15mm neg. z-Translation 17
Abbildung 29: Hilfsgeometrie zur Erörterung der zusätzlichen z-Translation (Schritt 1) 18
Abbildung 30: Hilfsgeometrie zur Erörterung der zusätzlichen z-Translation (Schritt 2) 18
Abbildung 31: Abstand oberes Vordertürscharnier - Außenhaut 18
Abbildung 32: Aufbau der ID4 Batterie nach Soldan (o.J.) 19
Abbildung 33: Aufbau der HCC21 Batterie nach Soldan (o.J.) 19
Abbildung 34: Batteriekastendummy 20
Abbildung 35: Aufbau der Feature Group "Schweller" 21
Abbildung 36: Vorbereitende Geometrie zum Außenhautaufbau des Schwellers 21
Abbildung 37: Profilaufbau des Schwellerrohbaus 22
Abbildung 38: Anschluss des Schwellerrohbaus an den Türflansch 22
Abbildung 39: Profilaufbau des Verbindungsblechs 23
Abbildung 40: Dynamischer Schnitt - Schwelleraußenhaut - Verbindungsblech - Schwellerrohbau 23
Abbildung 41: Abstand Türflansch B-Säulenaußenhaut (oberer Scharnierbereich) 24
Abbildung 42: Abstand Türflansch B-Säulenaußenhaut (unterer Scharnierbereich) 24
Abbildung 43: Abstand Türflansch B-Säulenaußenhaut (oberes Scharnier (neu)) 25
Abbildung 44: Abstand Türflansch B-Säulenaußenhaut (unteres Scharnier (neu))25
Abbildung 45: Beispiel für den Einsatz von "Project Curves" 26
Abbildung 46: XY-Ebenen für den Aufbau der B-Säulenprofile 26
Abbildung 47: Erster Output: Außenhautverbund B-Säule 27
Abbildung 48: Verbesserter Flächenverlauf der B-Säule 27
Abbildung 49: VW Golf VII B-Säulen Schnitt 28
Abbildung 50: GCIE Plan VW Sportsvan - Rohbau B-Säule 28
Abbildung 51: Profilaufbau der B-Säulenprofile unter Berücksichtigung des Zusammenbaus 29
Abbildung 52: Fertige Teilstücke des B-Säulenrohbaus 29
Abbildung 53: TS 4980 - untere Fläche des Dachrahmens 30
Abbildung 54: TS 4981-4989 - unterbrochene untere Fläche des Dachrahmens . 30

Abbildung 55: GCIE Plan VW Sportsvan - Blechstärke untere A-Säulenrohkarosserie 31
Abbildung 56: Zu kleine untere Fläche für einen geeigneten Scharnieranschluss 31
Abbildung 57: Aufbau einer geeigneten Anschlussfläche für das vorderere untere Scharnier 32
Abbildung 58: Außenhaut untere A-Säule 32
Abbildung 59: Rohbauteilstück untere A-Säule 33
Abbildung 60: „Aktuelle Fugenposition“ 33
Abbildung 61: „[...] Konfiguration Opel Meriva" 34
Abbildung 62: „Lösung des Opel Meriva A auf das HCC21 angewandt“ 34
Abbildung 63: Neuer Fugenverlauf inkl. A-Strichsäule 35
Abbildung 64: D-Säulen Außenhaut inkl. Ebenen und Guidelineschnittpunkte..... 36
Abbildung 65: Beispiel adäquater Flächenmanipulation für einen harmonischen Übergang..... 37
Abbildung 66: Arbeitsschrittausschnitt - Verrunden mit einem 2mm Radius..... 38
Abbildung 67: Seitenrahmenaußenhaut und Batteriekastendummy 38
Abbildung 68: „Fahrwiderstände"..... 40
Abbildung 69: Beweis ausreichenden Bauraums für die Schlossintegration in Anlehnung an den Audi Q2 41
Abbildung 70: Beweis ausreichenden Bauraums für die Schlossintegration in Anlehnung an den Audi Ford Focus C-Max..... 41
Abbildung 71: Verweis auf einen harmonischen Fugenverlauf 42
Abbildung 72: Verweis auf einen disharmonischen Fugenverlauf 42

III. Abkürzungsverzeichnis

BMVI	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
CAD	Computer Aided Design
Euro NCAP	European New Car Assessment Programme
GCIE	Global Car Manufacturers Information Exchange Group
HAW	Hochschule für Angewandte Wissenschaften
HCC21	Hamburg Concept Car 21
MPV	Multi Purpose Vehicle
PAKo	Parametrisch-assoziative Konstruktion
TS	Timestamp
TSFG	Timestamp Feature Group
VW	Volkswagen

1. Einleitung

Auf der Consumer Elections Show 2018 wurde eine Umfrage bezüglich der Beweggründe für den Kauf eines autonom fahrenden Fahrzeugs durchgeführt. Die Befragten gaben am häufigsten ein Verlangen nach einer verbesserten Nutzung von Reise- und Pendelzeiten, eine allgemeine Bequemlichkeit sowie die Möglichkeit zur Reduktion von bei einer Autofahrt entstehenden Müdigkeits- und Stresserscheinungen an. Zudem begründeten Umfrageteilnehmer den Kauf eines autonom fahrenden Fahrzeugs mit der Verbesserung der Verkehrssicherheit (Torc, 2018). Ein Artikel des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMVI) legte dar, dass 90 Prozent der Verkehrsunfälle aufgrund von menschlichem Fehlverhalten geschehen. Autonom fahrende Fahrzeuge können untereinander oder mit der Infrastruktur kommunizieren und somit für ein frühzeitiges Erkennen gefährlicher Situationen sorgen und Unfälle vermeiden (BMVI, 2021). Eine technische Steuerung des Autos erhöht nicht nur die Verkehrssicherheit, sondern kann auch zu einer Optimierung des Verkehrsflusses führen, was wiederum zu einem geringeren CO_2-Ausstoß und somit zu einer geringeren Belastung der Umwelt führen würde (Rhode, 2021).
Die im Jahre 1896 gegründete Wagenbauschule hat anlässlich des 125-jährigen Jubiläums im Wintersemester 2016/17 das Projekt „Hamburg Concept Car 2021“ ins Leben gerufen. Dieses Projekt verfolgt nach dem Leitspruch „Focus on your needs“ (Aytekin & Wenddorf, 2021, S.3) das Ziel ein autonom fahrendes Multi Purpose Vehicle (MPV) der Stufe 4 zu entwickeln. Dabei sollen die Außenabmessungen des Fahrzeugs die eines gewöhnlichen Minivans nicht überschreiten und ein luxuriöses Interieur soll dem Fahrkomfort und Ansprüchen des Kunden gerecht werden (Aytekin & Wenddorf, 2021). Die autonome Fahrstufe 4 entspricht einer der fünf Stufen des automatisierten Fahrens. Level 1 entspräche dem assistierten Fahren und Level 5 dem autonomen Fahren. Bei der Stufe 4 ist der technische Entwicklungsstand des Fahrzeugs so weit, dass alle Fahraufgaben selbstständig von den technischen Systemen ausgeführt werden können (Paulsen, 2021). Das Projekt bietet Studierenden die Möglichkeit im Rahmen von Studien- oder Abschlussarbeiten, im Studium erlangte Kompetenzen in einem umfassenden Arbeitsumfeld anzuwenden und gleichermaßen den Entwicklungsstand des Fahrzeugs voranzutreiben. Die wesentlichen Features des virtuellen Konzeptfahrzeugs wurden Ende 2021 auf den Karosseriebautagen und dem ITS Kongress in Hamburg mittels eines türenlosen Showcars präsentiert.
Die Entwicklung eines funktionierenden Türkonzepts stellt nur eine von vielen Herausforderungen dar, die es im Rahmen dieser Arbeit zu bewältigen gilt. Das nachfolgende Kapitel wird diese Herausforderungen genauer beschreiben.

1.1 Aufgabenstellung

Der Seitenrahmen stellt einen wichtigen Teil der Grundstruktur eines Fahrzeugs dar und ist maßgebend für den Insassenschutz (vgl. Abbildung 1). Ein optimal ausgelegter Seitenrahmen stellt eine gute Möglichkeit zur Erhöhung der Reichweite eines Elektrofahrzeugs dar (Friedrich, 2017). So kann bereits durch geschickte Substitution

von Materialien bei einer Verminderung der Blechstärke von 0,1mm 4kg Fahrzeuggewicht eingespart werden (Pischinger & Seifert, 2021).

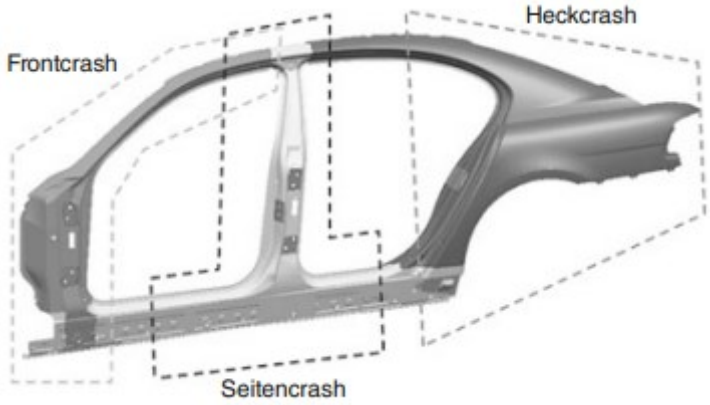

Abbildung 1: „Im Crash beanspruchte Bereiche des Seitenrahmen außen“ (Pischinger & Seifert, 2021, S.265)

Das in der vorliegenden Arbeit thematisierte Seitenrahmenkonzept wurde in dem Computer-aided Design (CAD)-Programm Siemens NX (Version 12.0) aufgebaut und beschäftigt sich vor allem mit den bisherigen Problemstellen des virtuellen Konzeptfahrzeugs. Diese umfassen u.a. die beim Öffnen der Fahrzeugtüren entstehende Intrusion in karosserieseitige Bauteile, die notwendige Überarbeitung des Fugenverlaufs im A-Strichsäulenbereich und das Fehlen eines geeigneten Anschlusses des Schwellers an einen neuen Batteriekasten. Hinsichtlich der Scharnierpositionierung gilt weiterhin die Anforderung, dass ein Mindestabstand von 5mm zum nächstliegenden Blech gegeben sein sollte. Da die Optik des HCC21 weitestgehend erhalten werden sollte, wird auf überflüssige Veränderungen des bestehenden Designs verzichtet. Die Weiternutzung des Datenstands für zukünftige Projektarbeiten soll dabei gewährleistet werden. So soll eine transparente Arbeitsweise und ein parametrisch-assoziativer Geometrieaufbau dafür sorgen, dass auch im späteren Verlauf der Projektphase die Geometrien dieser Arbeit an aktuelle Datenstände angepasst werden können.

1.2 Grundlegendes

Die parametrisch-assoziative Konstruktion (PAKo) bietet den Vorteil, dass Geometrien anhand von Elementverknüpfungen als Referenzen durch Zwangsbedingungen (engl. Constraints) oder Parameter an neue geometrische Randbedingungen angepasst werden können (Obergrießer, 2019). So kann sich eine gute PAKo weitestgehend automatisch an neue Referenzen anpassen (Tecklenburg, 2017), was den wesentlichen Unterschied zur Alternative, dem geometrischen Modellaufbau, darstellt. Bei geforderten Änderungen der Geometrie wird diese vollständig gelöscht, angepasst und neuerzeugt. Dies führt jedoch insbesondere bei iterativen Prozessen zu einem hohen Grad an Unwirtschaftlichkeit (Obergrießer, 2017).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird des Öfteren der Begriff „Guidecurve“ genutzt. Guidecurves definieren Entformungslinien die Extrusionsbefehle, wie z.B. „Swept“ oder „Studio Surface“, in Siemens NX benötigen, um Flächen oder Körper aus 2D-Geometrien entstehen zu lassen. Aufgrund des Leseflusses wird auf die Beschreibung jeder Guidecurve eines jeweiligen Profils verzichtet. Nähere Informationen dazu sind der parallel zu dieser schriftlichen Ausarbeitung erstellten CAD-Konstruktion zu entnehmen. Die vorliegende Arbeit stellt keine Anleitung für die detaillierte Konstruktion des Seitenrahmens dar, sondern führt einzelne besondere Schritte und dessen Relevanz für die Konstruktion auf. Jeder Konstruktionsschritt wird sogenannten Timestamps (TS) zugewiesen, welche eine bessere Nachvollziehbarkeit des chronischen Verlaufs einer Konstruktion in Siemens NX ermöglichen. Für den Fall einer parallelen Betrachtung der CAD-Datei, wird in den folgenden Abschnitten teilweise auf entsprechende Timestamps verwiesen.
Feature Groups sind vergleichbar mit klassischen Ordnern, die aus der alltäglichen Nutzung mit dem Computer bekannt sind und ermöglichen ein gewisses Maß an Ordnung und Übersicht innerhalb einer CAD-Konstruktion. Die Abkürzung TSFG soll für Timestamp Feature Group stehen und gibt dabei an, dass beschriebene Konstruktionsschritte in dem entsprechenden Ordner entwickelt worden sind.

1.3 Problemstellen

Abgesehen von einer stellenweisen Unterbrechung des bisherigen Flächenverbunds, dem Fehlen von geforderten Tangenten- oder Kurvenstetigkeiten an bestimmten Stellen des Fahrzeugs und der fehlenden Integration der Rohkarosserie in den Seitenwandrahmen werden in dieser Arbeit noch weitere Problematiken bearbeitet.
Eine fehlerhafte Positionierung der Scharniere führte bislang dazu, dass die Vordertür in ausgelenkter Lage mit dem Kotflügel kollidierte bzw. in diesen intrudierte. Auch die Hintertür lässt sich nach aktuellem Datenstand nicht ohne eine Durchdringung der Umgebungsgeometrie öffnen. Sie intrudiert mehrere Millimeter in den Schweller des Fahrzeugs (siehe Abbildungen 2 und 3). Durch die neue Scharnierpositionierung wird eine Anpassung der A- und B-Säulen-Geometrie notwendig. Zudem ist nicht auszuschließen, dass auch die Türen an die neue Lage angepasst werden müssen.
Die Neugestaltung des Schwellers sowie dessen Verbindung mit der Rohkarosserie und dem Batteriekasten stellen weitere in der vorliegenden Arbeit dargestellten Vorgänge dar. Des Weiteren ist das derzeitige Batteriekonzept nicht mehr aktuell und wird durch ein Dummymodel ersetzt, welches die Maße des Batteriekastens vom Volkswagen (VW) ID 4 haben wird. Dieses Modell muss zuvor jedoch konstruiert werden. Wie in Abbildung 4 zu erkennen ist, endet Im bisherigen Datenstand die Unterkante des Batteriekastens (blau) unterhalb des Bodenblechs (orange) und der Schwellerunterkante (grau). Bei der Konstruktion des Schwellers muss die Möglichkeit einer Verbindung mit dem zukünftigen Batteriekasten des Fahrzeugs berücksichtigt werden. Die Dimensionierung sollte hierbei im Crashfall einen ausreichenden Schutz bieten. Dafür werden Schnitte von Referenzfahrzeugen hinzugezogen und verglichen, ob die neue Auslegung ausreichend sein wird.

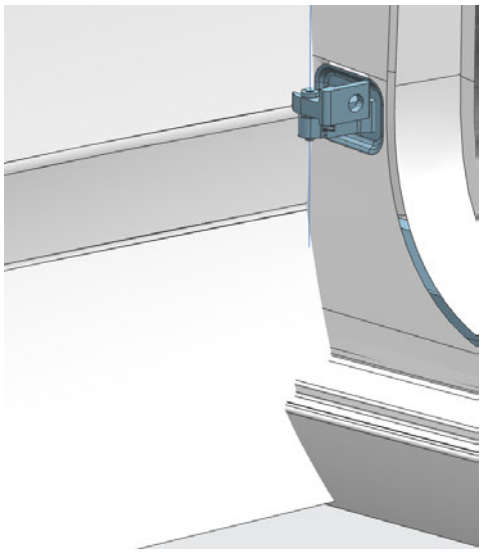

Abbildung 2: Intrusion Vordertür - Kotflügel (Quelle: eigene Darstellung)

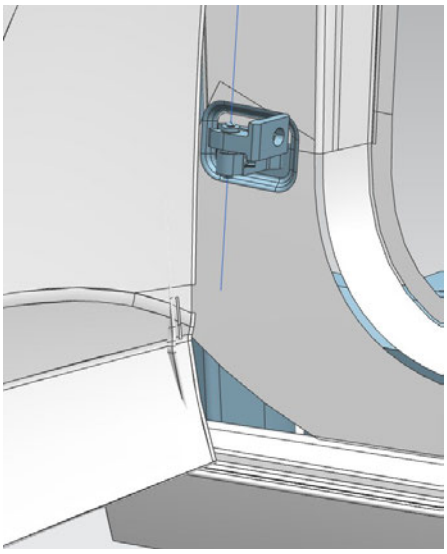

Abbildung 3: Intrusion Hintertür - Schweller Oberkante (Quelle: eigene Darstellung)

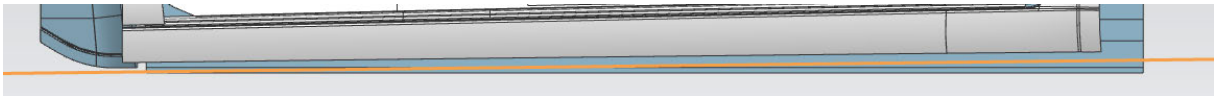

Abbildung 4: Problematik des Batteriekastens (Quelle: eigene Darstellung)

Abbildungen 5 und 6 zeigen den Fugenverlauf in der Umgebung der A-Strichsäule. Im aktuellen Stand liegt die Fuge im Vergleich zum Türrahmen etwa 85 mm zu weit vorne, wodurch es zu einer Hinterschneidung der Türverkleidung mit dem Türrahmen kommt (Schmidt, 2022). Die vorliegende Arbeit hat die Aufgabe eine von Herrn Schmidt vorgestellte Lösungsmöglichkeit zur Erschaffung eines harmonischen Fugenbildes im A-Säulenbereich zu integrieren. Zuletzt wird der Dachrahmen des Fahrzeugs überarbeitet. Dieser wurde bislang nicht fertig auskonstruiert und mit den umliegenden Flächen verbunden (vgl. Abbildung 7).

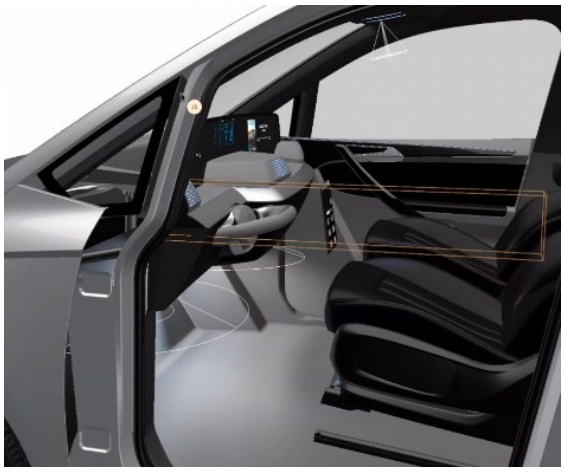

Abbildung 5: Karosserieseitiger Vordertürrahmenverlauf (Quelle: eigene Darstellung)

Abbildung 6: Fugenverlauf im A-Strich- und Vordertürenbereich (Quelle: eigene Darstellung)

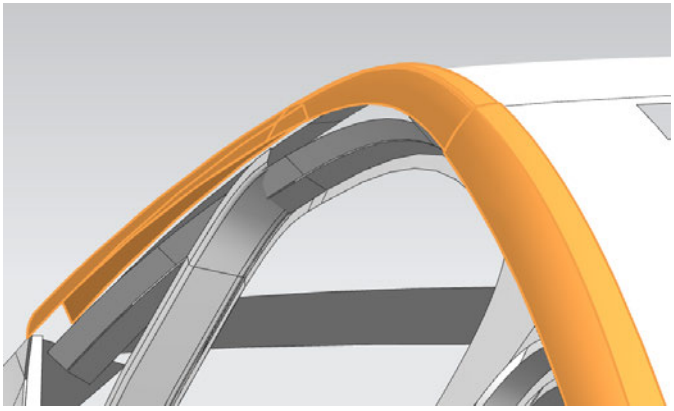

Abbildung 7: Dachrahmenverlauf (Quelle: eigene Darstellung)

Mit einer Breite von ca. 1,8m und einer Länge von ungefähr 4,3m (Glüsing, 2019) ähnelt der HCC21 den Abmessungen eines VW Sportvans und eines Jaguar I-Paces (Carwow, o.J.; Mobile.de, o.J.). Sowohl die herausragenden, von dem European New Car Assessment Programme (Euro NCAP) durchgeführten, Crashbewertungen dieser beiden Fahrzeuge, als auch die ähnlichen Fahrzeugabmessungen, machen sie zu passenden Referenzfahrzeugen für den HCC21, weshalb sie im weiteren Prozess als Herleitung einiger Maße gelten (EuroNCAP, 2014; EuroNCAP, 2018).

2. Dokumentation

Der Entwicklungsstand des HCC21 wird durch viele Projekt- und Abschlussarbeiten von Studierenden der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW) fortgeführt, weshalb eine plausible Dokumentation einer CAD-Konstruktion einen entscheidenden und nachhaltigen Mehrwert für künftige Arbeiten hat. Insbesondere wenn ein neues Projekt auf einem Vergangenen aufbaut, ist es wichtig die Prozesse der Vorarbeit nachvollziehen zu können. Dadurch motiviert, beinhaltet der folgende Abschnitt einzelne, wichtige Prozessschritte, die die CAD-Konstruktion des Seitenrahmens mit sich bringen.

2.1 Vorbereitung der Konstruktion

Der folgende Abschnitt beschreibt die vorbereitenden Schritte zum Ermöglichen eines reibungslosen Arbeitsflusses. Für die Konstruktion eines neuen Seitenrahmens des virtuellen Konzeptfahrzeugs werden die aktuellen CAD-Daten des Fahrzeugs zunächst aus dem hochschulinternen Sharelaufwerk in Siemens NX importiert (vgl. Abbildung 8). Der zu Beginn dieser Arbeit aktuelle Datenstand bezieht sich auf Daten aus dem Zeitraum von Januar bis September 2021 und ist unter dem folgenden Ordnerlink abrufbar: *S:\Projekte\Projekt-HCC21\10_CAD-Daten_Zusammenfassung\01_Virtueller_Prototyp\00_IGES_Datentand\01_VP_Exterieur\20211124*

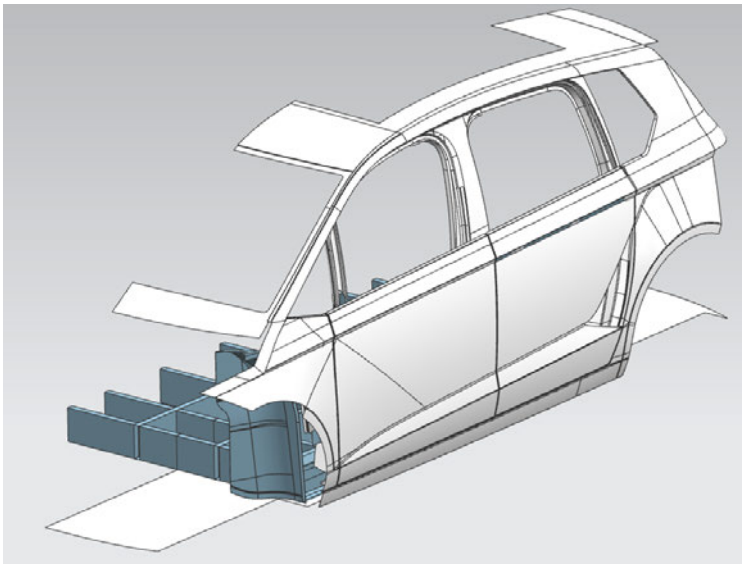

Abbildung 8: Umgebungsgeometrie HCC21 (Quelle: eigene Darstellung)

Der Ermittlung einer passenden Scharnierpositionierung liegt die Abschlussarbeit von Herrn Akkoyun (2020) zugrunde und wird in einem Unterordner der HCC21-Umgebungsgeometrie geladen. Im Rahmen der genannten Arbeit wurde ein passendes Scharnierkonzept erstellt, welches aufgrund des Kollisionsproblems nicht mehr mit dem aktuellen Stand des Fahrzeugs übereinstimmt. Ein Zusammenladen der HCC21-Geometrie und der Scharniere zeigt, dass diese noch immer den Umständen entsprechend korrekt positioniert sind (vgl. Abbildung 9).

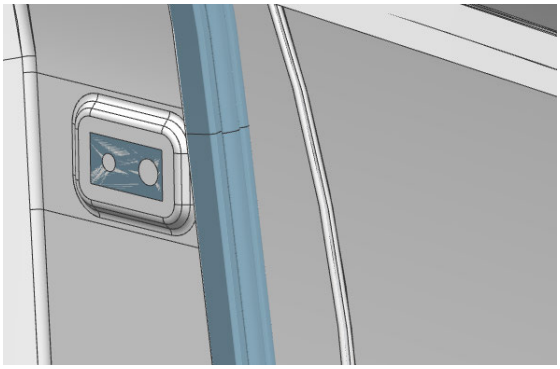

Abbildung 9: Auflagefläche des oberen Hintertürscharniers auf der HCC21 Umgebungsgeometrie (Quelle: eigene Darstellung)

Nach Friedhoff (2020) gilt eine Türaufhängung als korrekt positioniert, wenn die Scharniere mindestens 350mm in z-Richtung voneinander entfernt sind und die Drehachsen einen Winkel von mindestens 1,5° zur z-Achse aufspannen. Abbildung 10 und 11 der Vordertürscharniere zeigen, dass beides gewährleistet ist. Analog ist auch die Beziehung der beiden Hintertürscharniere in Ordnung (TSFG 2500 & 2516).

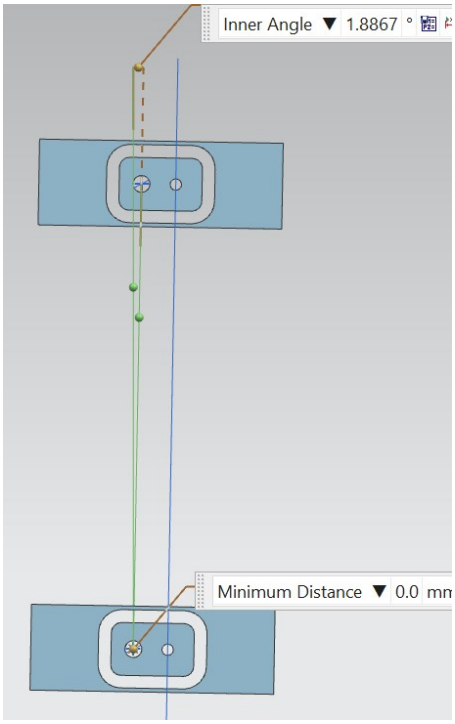

Abbildung 10: Verifizierung des Mindestwinkels (Quelle: eigene Darstellung)

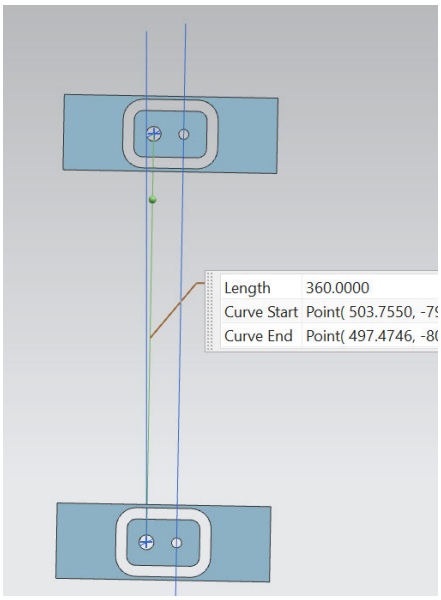

Abbildung 11: Verifizierung des korrekten z-Maßes der Scharniere (Quelle: eigene Darstellung)

Nach dem Laden der relevantesten Geometrien des HCC21, werden im nächsten Schritt Profilschnitte der Referenzfahrzeuge importiert. Aus dem Global Car Manufacturers Information Exchange Group (GCIE)-Plan des VW Sportsvans (vgl. Abbildung 12) werden die wichtigsten Schnitte für die Seitenwandkonstruktion herausgefiltert und in das NX-Model geladen. Hierbei sind vor allem die Schnitte im Schweller, der A- und B-Säule als auch die des Dachrahmens relevant, da diese Komponenten im Zuge dieser Arbeit erstellt werden sollen. Um den Workflow zu vereinfachen, werden Kopien der wichtigsten Schnitte in den Ordner „VW_Sportsvan_verschoben“ erstellt. Diese Schnitte werden für einen vereinfachten Vergleich an die ungefähre Position der Profilschnitte des HCC21 verschoben. Die Analyse dieser Schnitte hat u.a. die grundsätzliche Nutzung einer Stärke von 0,7mm für die Außenhaut ergeben. Somit wird dieses Maß für den HCC21 übernommen. Um die Arbeit auf dem aktuellen Projektstand halten zu können, werden alle Blechstärken als „Expression“ eingefügt. Dies ermöglicht eine schnelle Änderung dieser Werte und damit auch aller verknüpften Geometrien im späteren Verlauf.

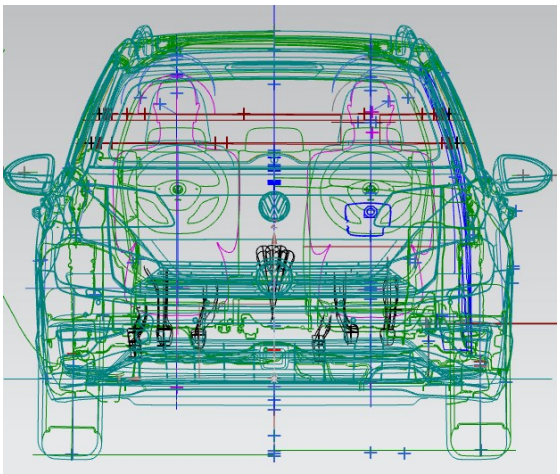

Abbildung 12: GCIE-Plan VW Sportsvan (Quelle: eigene Darstellung)

Die in Abbildung 13 orange markierten Schnitte des Jaguars sind Scandaten von einem Body in White und somit nur für grobe Vergleiche nutzbar. Das Datenmodell wurde in Autodesk VRED in eine iges-Datei konvertiert und in Siemens NX importiert, um dort entsprechende Schnitte durchführen zu können. Der Dateninput des Jaguars stammt genau wie der GCIE-Plan aus dem Sharelaufwerk der Hochschule. Die Referenzgeometrien werden wie die Umgebungsgeometrie des HCC21 im Input Ordner geladen (siehe Abbildung 14).

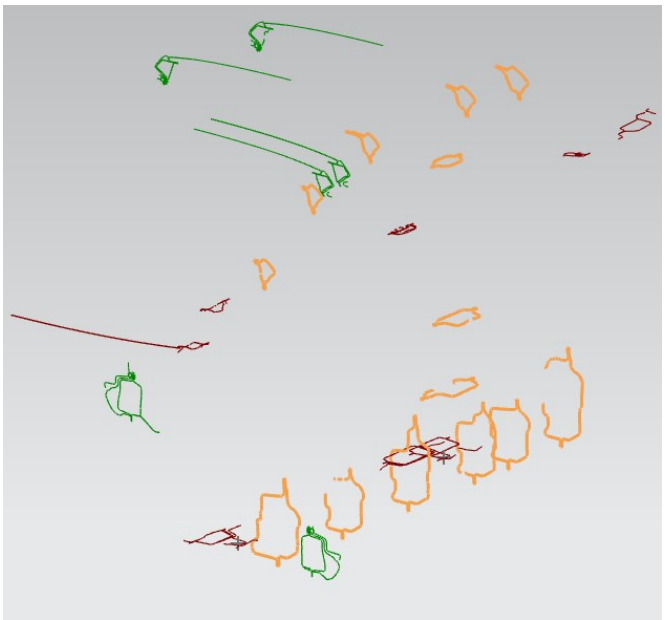

Abbildung 13: Implementierung der I-Pace Schnitte (Quelle: eigene Darstellung)

"Input"	2190
"Basis_Koordinatensystem"	0
"Umgebungsgeometrie_HCC21"	2095
"Strakflaechen"	633
"Dach_A_Saeule"	639
"Flansch_VT"	641
"Flansch_HT"	643
"Scharnierpositionierung"	1965
"VT_HT_Kotfluegel_Schweller"	2094
"Referenzgeometrie"	**2189**
"Jaguar_I_Pace"	2110
"VW_Sportsvan"	2188

Abbildung 14: Inputordnerstruktur (Quelle: eigene Darstellung)

Die bereits erwähnte Problematik der Kurven- und Tangentenunstetigkeiten erfordert das Durchlaufen weiterer Prozesse für die Vorbereitung der Konstruktion. Diese Unstetigkeiten würden herbeiführen, dass bei der Extrusion von Profilen entlang der „Face Edges“ der HCC21-Geometrie eine schlechte Oberflächenkontur dieser Flächen entstehen würde. Aus diesem Grund wird im Design Ordner eine Feature Group mit dem Namen „Guidecurves“ erstellt. Hier werden die für die Extrusion der jeweiligen

Profile wichtigsten Entformungslinien gestaltet und gesammelt. Da das Design des Fahrzeugs weitestgehend beibehalten werden soll, werden diese Guidelines auf den Umgebungsgeometrien der bereits vorhandenen Flächen erstellt. Der Befehl „Bridge Curve“ ermöglicht die Erstellung von tangenten- und krümmungsstetigen Kurven. In Kombination mit den Befehlen „Trim Curve“ und „Composite Curve“ können vorhandene Flächenkanten so modifiziert werden, dass ein komplett neuer Kurvenverlauf entsteht, der die Anforderung der Tangenten- und/oder Krümmungsstetigkeit erfüllt und dabei dennoch dem ursprünglichen Verlauf ähnelt.
Zur geometrischen Begrenzung der Profilerstellung in den jeweiligen Konstruktionsbereichen der A-, B- und D-Säulen, dem Schweller und dem Dachrahmen, werden in bestimmten Bereichen Ebenen erstellt, die sogenannte „Intersection Curves“ (TSFG 2353) erzeugen. Diese Durchdringungslinien dienen als Anhaltspunkt, in dem ein Profil aufgebaut wird. Die Lage dieser Bereiche lässt sich der Abbildung 15 entnehmen. Sie zeigt an, wo die Ebenen für den Aufbau der D-Säule positioniert sind. Auffällig ist, dass diese Ebenen unmittelbar vor oder hinter stärker gekrümmten Flächen liegen. Grund hierfür ist, dass im Laufe der Arbeit in genau diesen Ebenen die Profilschnitte entstehen sollen, welche über diese stärkeren Krümmungen anhand von Guidecurves extrudiert werden.

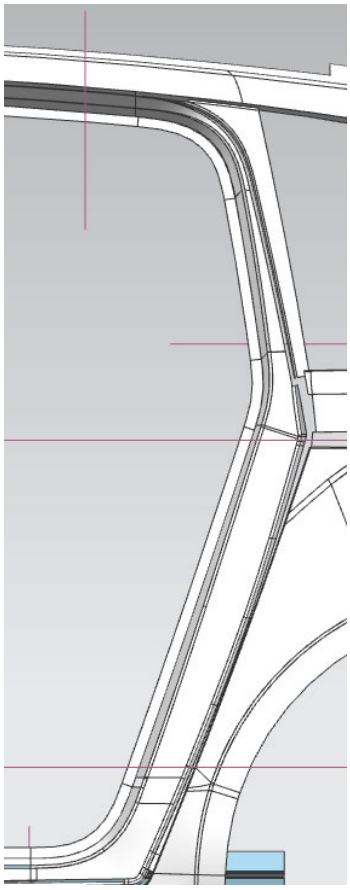

Abbildung 15: Ebenen zur Profilentwicklung der D-Säule (Quelle: eigene Darstellung)

2.2 Konstruktion des Seitenrahmens

Im folgenden Kapitel wird der Aufbau der in der CAD-Konstruktion erstellten Komponenten nähergebracht. Anschließend soll ein Einblick in die Verbindungsmethodik zeigen, wie der Zusammenbau der entsprechenden Komponenten den Seitenrahmen als Endergebnis darstellen.

2.2.1 Scharnierpositionierung

Da die Geometrien des Schwellers sowie die der A- und B-Säulen direkt mit der Positionierung der Scharniere gekoppelt sind, wird im ersten Schritt der Konstruktion das Problem der fehlerhaft positionierten Scharniere behoben. Zur Lösung dieses Problems dient die Erstellung des Fugenkorridors. Hierbei soll dem Kunden ein Türöffnungswinkel von 80° ermöglicht werden. Als Vergleichswert wird der Öffnungswinkel des VW Sportvans herangezogen, welcher knapp 78° beträgt (GCIE-Plan VW Sportsvan, 2014). Der Korridor gibt einen Bereich an, in dem eine Fuge verlaufen kann, ohne dass es zu einem Kontakt mit anderen Bereichen des Fahrzeugs kommt. Anhand der in Abbildung 16 abgebildeten Anleitung zur Erstellung eines 2D-Fugenkorridors, wird eine 3D-Lösung abgeleitet. Dafür wird im ersten Schritt ein Offset der karosseriefesten Geometrie erstellt. Anschließend werden die geschlossene Tür und das fahrzeugvordere Bauteil in ihren Längen manipuliert, um später Schnittlinien mit der geöffneten Tür zu erzeugen. Nachfolgend wird die Tür um 80° um die Scharnierachse gedreht und eine Intersection Curve von der gedrehten Tür und dem Offset der karosseriefesten Geometrie erzeugt. Diese Intersection Curve wird wiederum mit dem Befehl „Revolve“ um die Drehachse rotiert und mit der fahrzeugvorderen Komponente zum Schnitt gebracht. Der Offset dieser Durchdringungslinie um 4mm in negative x-Richtung bildet den fahrzeugvorderen Teil des Fugenkorridors in 3D-Darstellung. Der fahrzeughintere Teil entsteht durch den Schnitt der ausgelenkten Tür und der geschlossenen Tür.

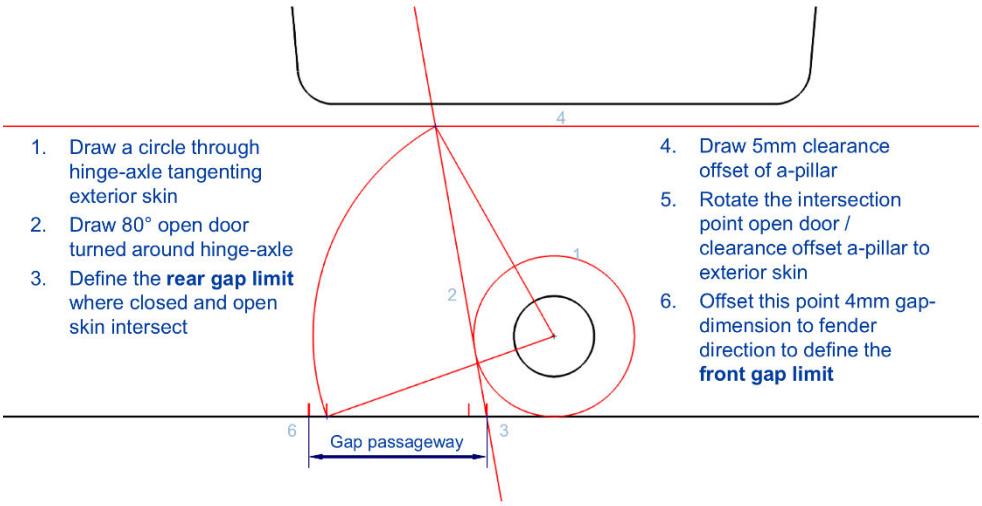

Abbildung 16: „Layout Gap Passageway“ Friedhoff, 2020, S.311 (Quelle: eigene Darstellung)

Die Erstellung des Fugenkorridors für die Hintertür (TSFG 2593) zeigt im unteren Bereich eine Kreuzung der beiden Korridorlinien (vgl. Abbildung 17). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass es keine Lösung mittels einfachen Verschiebens der Fuge geben wird. Somit gilt es zu analysieren, inwiefern eine Verschiebung der Drehachse zu einer funktionierenden Lösung führt.

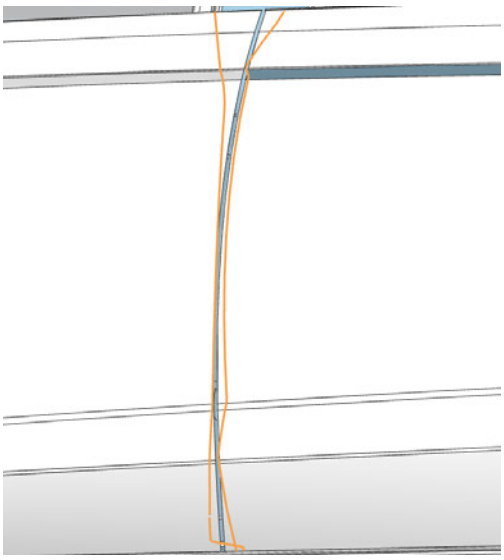

Abbildung 17: 3D-Türfugenkorridor im Bereich der Hintertür (Quelle: eigene Darstellung)

Im Folgenden werden drei Möglichkeiten zur Lösung der genannten Problematik, durch eine Verschiebung der Drehachse, dargestellt. Die in Abbildung 18 zu sehende Skizze zeigt eine theoretische Ausgangslage, in der die ausgelegte Tür um „ein Kästchen“ in einen Schweller oder eine Säule intrudiert und „zwei Kästchen“ Abstand zu einem möglichen Kotflügel oder einer Vordertür hat.

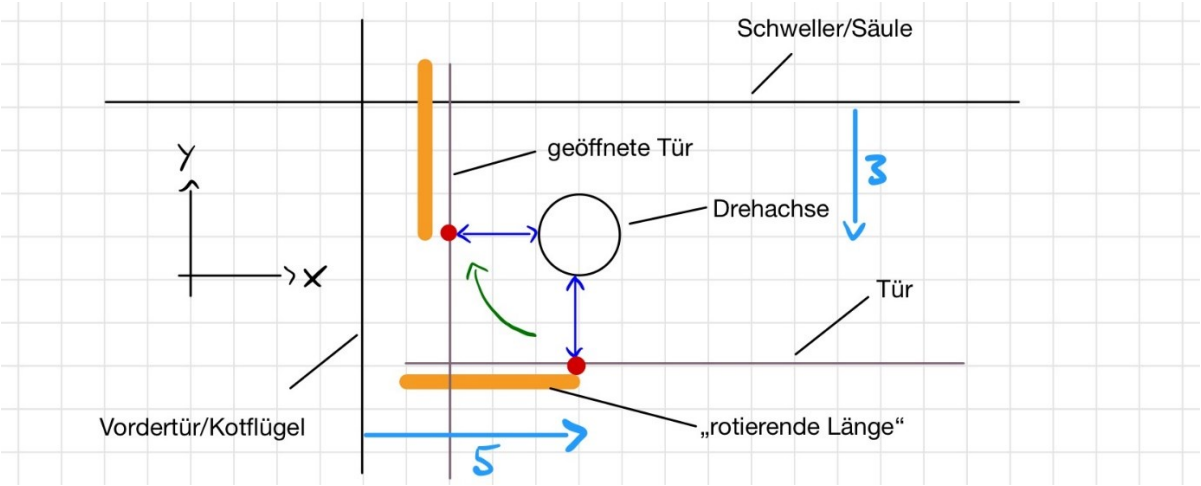

Abbildung 18: Ausgangssituation der Drehachse (Quelle: eigene Darstellung)

Die zweite Option (vgl. Abbildung 19) verdeutlicht die Konsequenzen einer Verschiebung der Scharnierachse, um die sich die Tür dreht, um einen Kasten in positive x-Richtung. Die Tür gewinnt dadurch einen Kasten an „rotierender Länge“ (lila markiert) und intrudiert um diese Länge in eine mögliche Schweller- oder

Säulenoberfläche. Der Abstand zu einem Vorderblech nimmt währenddessen um einen Kasten zu. Umgekehrt gilt das Verhältnis, wenn die Achse in negative Richtung verschoben wird.

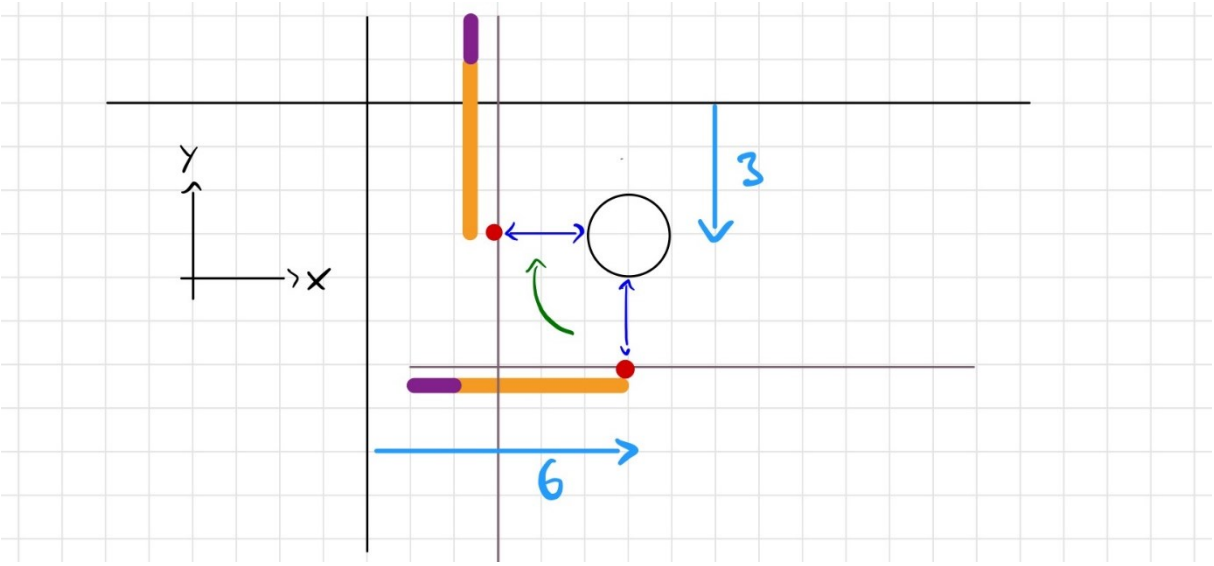

Abbildung 19: Translation der Drehachse in positive x-Richtung (Quelle: eigene Darstellung)

Die letzte skizzierte Option (vgl. Abbildung 20) einer Verschiebung der Scharnierachse, ist die Bewegung der Drehachse um ein Kästchen in negative y-Richtung. Diese Variante würde eine Intrusion in den Schweller vermeiden und den Abstand zu einer möglichen Kontaktfläche in negative x-Richtung ausbauen. Da die dritte Option ausschließlich Vorteile bezüglich der in dieser Arbeit vorliegenden Problematik aufweist, wird dieses Verfahren angewandt. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass eine Translation der Scharnierachse in negative y-Richtung eine Mitwanderung der Auflageflächen der Scharniere mit sich bringt und somit die gesamte Breite im B-Säulen-Bereich zunehmen kann.

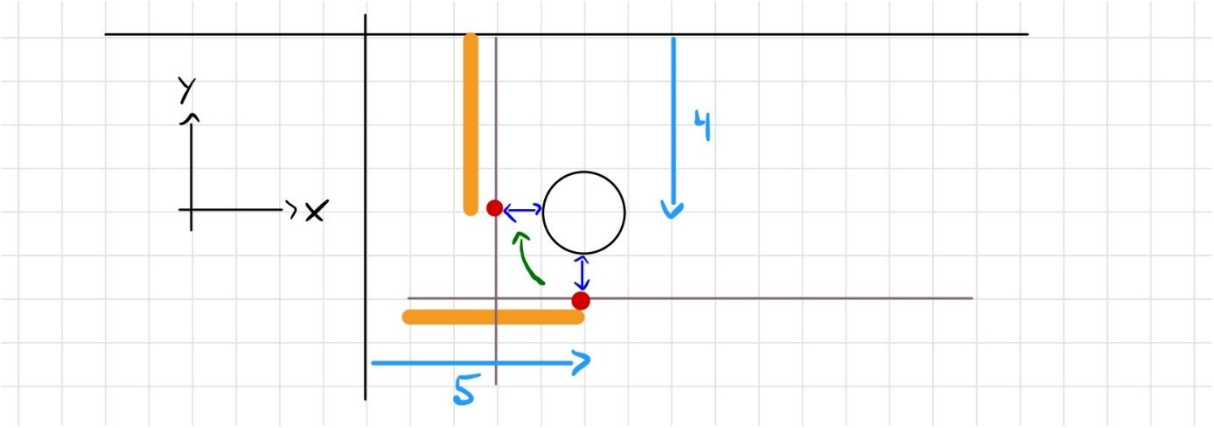

Abbildung 20: Translation der Drehachse in negative y-Richtung (Quelle: eigene Darstellung)

Zur Lösung dieses Problems ist eine zusätzliche Trimmung der Hintertür möglich. Um dabei die Fugenform und -breite beizubehalten, ist eine Verlängerung der Vordertür im gleichen Maße erforderlich. In der Theorie gilt damit folgende Beziehung der Maße: Die intrudierte Länge der Hintertür in den Schweller mit einer Erweiterung um 5mm, um den vorgegebenen Mindestabstand zum nächstliegenden Blech zu gewährleisten,

entspricht dem Maß, um das die Hintertür gekürzt und die Vordertür verlängert werden müssen. In der CAD-Datei lässt sich die beschriebene Lösung für die Hintertürscharniere wie in Abbildung 21 zu sehen ist, darstellen.

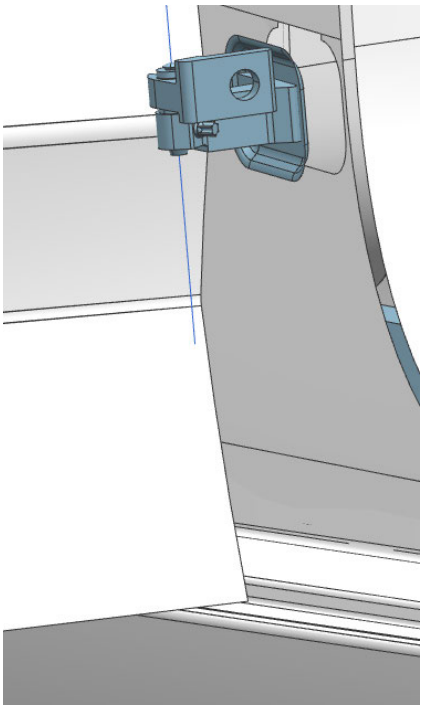

Abbildung 21: Lösung Scharnierdrehachsenposition der Hintertür (Quelle: eigene Darstellung)

Eine Verschiebung der Scharnierachse um 20mm in negative y-Richtung sowie die Modifizierung der Vorder- und Hintertür um eine Länge von 16,43mm erzeugt eine Achsenpositionierung, die die erwähnten Probleme löst (TSFG 4084). Weiterhin verdeutlicht Abbildung 21, dass die Neupositionierung wie erwartet für die Entstehung eines Abstands zur B-Säulen-Außenhaut sorgt. Dies wird in Abschnitt 2.2.3.1 der vorliegenden Arbeit näher behandelt. Abschließend konnte die Gewährleistung eines Abstands von 5mm zum nächstliegenden Blech bestätigt werden (vgl. Abbildung 22).

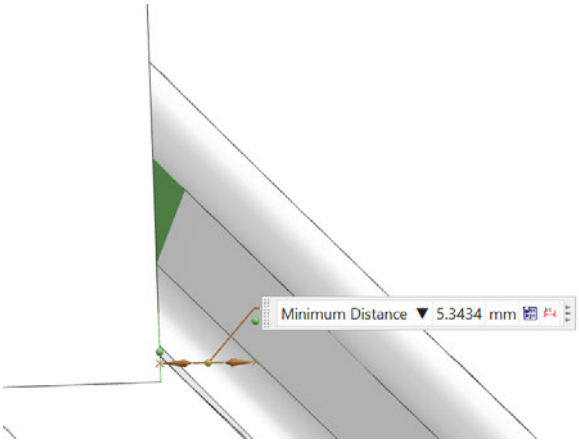

Abbildung 22: Verifizierung 5mm Abstand geöffnete Hintertür - Schweller (Quelle: eigene Darstellung)

Die Lösung der Vordertürproblematik basiert ebenfalls auf einer Verschiebung der Drehachse in negative y-Richtung. Hierbei vermeidet ein Offset von 8,5mm eine Kollision der Bleche (vgl. Abbildung 23) (TSFG 3577).

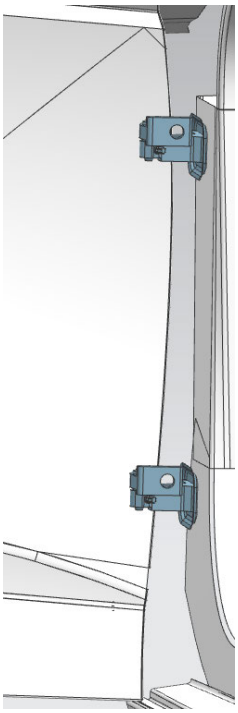

Abbildung 23: Lösung Scharnierdrehachsenposition der Vordertür (Quelle: eigene Darstellung)

Bereits während des Konstruierens wurde deutlich, dass es zu kritischen Abständen der oberen Scharniere zum Türblech kommen könnte. Mit bloßem Augenmaß lässt sich insbesondere bei der Vordertür eine zu geringe Distanz zum Scharnier erkennen (vgl. Abbildung 24). Aus diesem Grund wurden die Scharniere der Vordertür um 15mm in negative z-Richtung verschoben. Zur Einhaltung des Mindestabstands von 350mm zwischen den Scharnieren ist eine Bewegung des gesamten Scharnierpaares erforderlich.

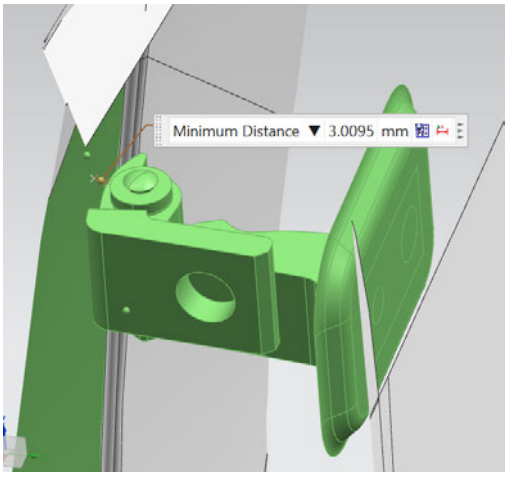

Abbildung 24: Abstand oberes Vordertürscharnier zum Vordertüraußenblech (Quelle: eigene Darstellung)

Da bislang kein Türinnenblech für den HCC21 konstruiert wurde, dient die Maßkette des VW Sportsvans als Referenz für die Überprüfung der Abstände der oberen Scharniere zum Türinnenblech. Aus dem GCIE-Plan (siehe Abbildung 25) lässt sich ein erforderlicher Abstand von ca. 11,25mm von der Außenhaut der Hintertür bis zur Drehachse entnehmen. Die Überprüfung am CAD-Modell des HCC21 zeigt einen Abstand von 16,2mm an der Hintertür, was somit kein Problem darstellen sollte (vgl. Abbildung 26). Im Vordertürbereich hat der Sportsvan einen Abstand von knapp 19mm (vgl. Abbildung 27).

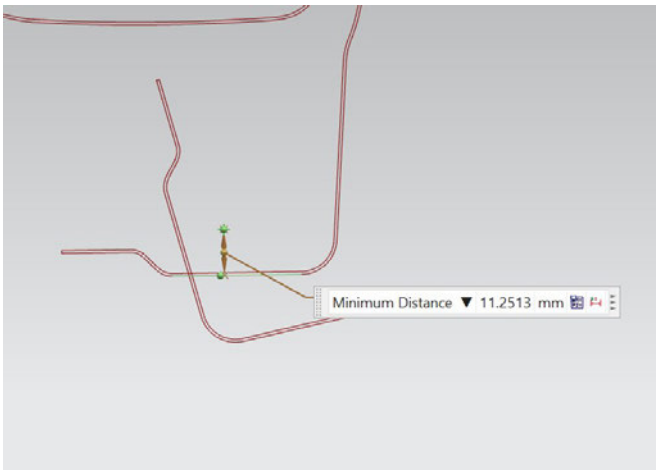

Abbildung 25: GCIE-Plan VW Sportsvan - Abstand oberes Scharnier zur Außenhaut (Hintertür) (Quelle: eigene Darstellung)

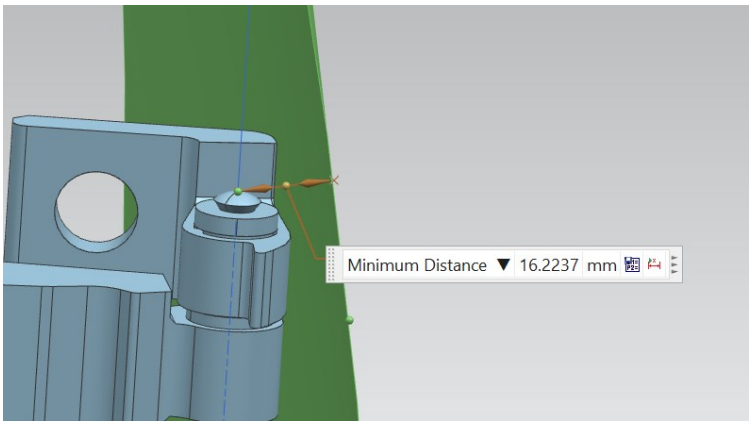

Abbildung 26: Abstand oberes Hintertürscharnier - Hintertüraußenhaut (Quelle: eigene Darstellung)

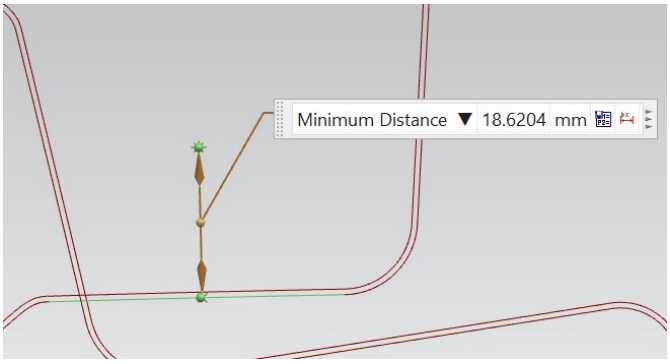

Abbildung 27: GCIE Plan VW Sportsvan - Abstand oberes Scharnier zur Außenhaut (Vordertür) (Quelle: eigene Darstellung)

Trotz der Verschiebung der Scharniere um 15mm nach unten, reicht der Abstand nicht aus, um den Ansprüchen gerecht zu werden. Wie der Abbildung 28 zu entnehmen ist, beträgt der Abstand zum Außenblech der Vordertür statt der geforderten 19mm lediglich 14,2mm.

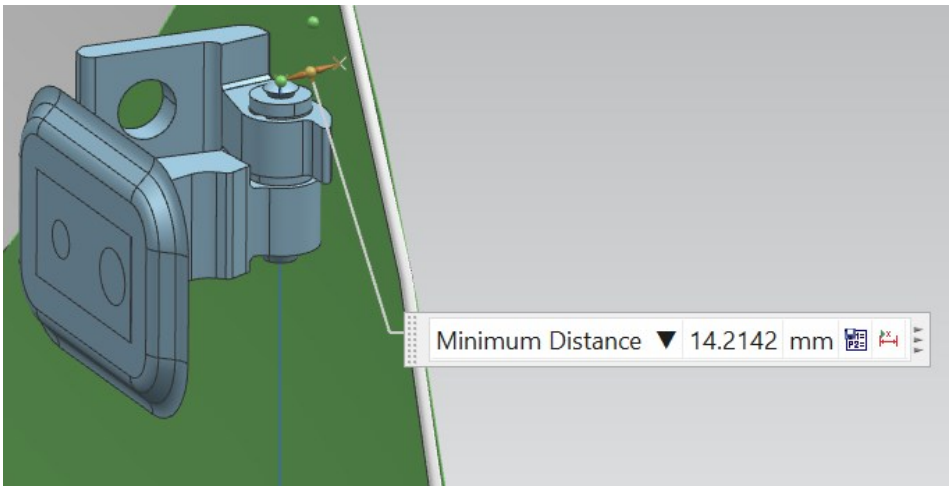

Abbildung 28: Abstand oberes Vordertürscharnier zur Außenhaut nach 15mm neg. z-Translation (Quelle: eigene Darstellung)

Für die Lösung dieses Problems, ist somit eine weitere Verschiebung der Vordertürscharniere in negative z-Richtung erforderlich. Um herauszufinden, um wie viele Millimeter eine Verschiebung notwendig ist, wird ein einfacher Zylinder mit dem Mittelpunkt der Drehachse und einem Radius von 19mm erstellt (vgl. Abbildung 29). Die in Abbildung 30 abgebildete Hilfsgeometrie zeigt eine erforderliche Verschiebung der Scharniere um zusätzliche 30mm. Nach Umsetzung der Verschiebung lässt sich feststellen, dass die neue Positionierung den Anforderungen entspricht (vlg. Abbildung 31).

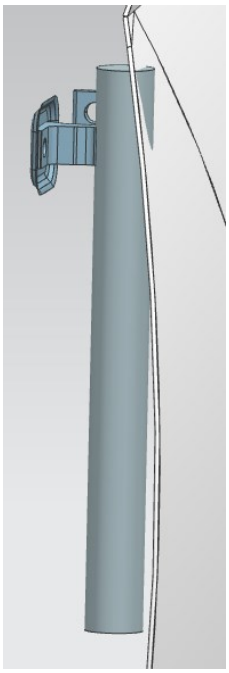

Abbildung 29: Hilfsgeometrie zur Erörterung der zusätzlichen z-Translation (Schritt 1) (Quelle: eigene Darstellung)

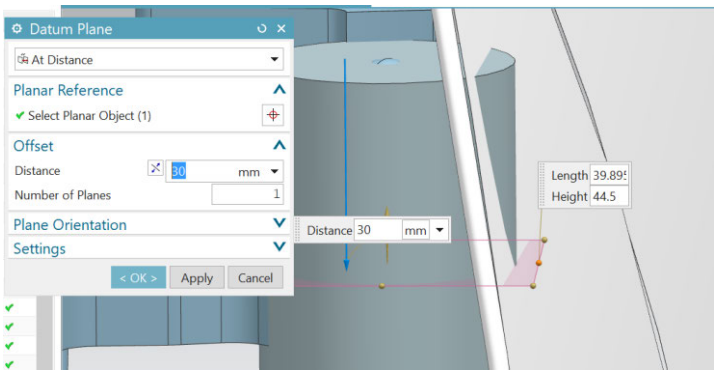

Abbildung 30: Hilfsgeometrie zur Erörterung der zusätzlichen z-Translation (Schritt 2) (Quelle: eigene Darstellung)

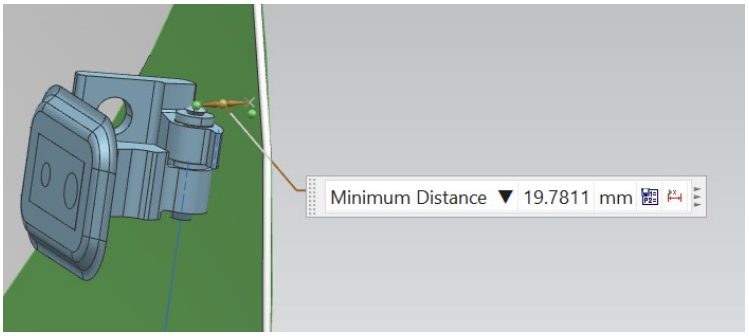

Abbildung 31: Abstand oberes Vordertürscharnier - Außenhaut (Quelle: eigene Darstellung)

2.2.2 Batteriekastenanschluss

Der korrekte Anschluss des Schwellers an den Batteriekasten ist eine Anforderung, die die Schwellergestaltung maßgeblich beeinflusst, weshalb sich der folgende

Abschnitt mit dessen Realisierung befasst. Der Abbildung 4, aus dem Kapitel 1.3, konnte bereits entnommen werden, dass das aktuelle Batteriekastenmodell samt Anschlussgeometrie nicht mehr verwendbar ist. Da die Konstruktion eines gesamten detaillierten Batteriekastenkonzepts den Rahmen der vorliegenden Arbeit überschreiten würde, wird im Folgenden beschrieben, wie Anhand eines Dummymodells der Anschluss funktionieren soll und wie dieser Aufgebaut ist.
Der Arbeitsumfang für die Entwicklung einer eigenen Batterie ist immens. Zudem sorgen sowohl Crash- und Belastungstests als auch Arbeits- und Materialkosten dafür, dass die Entwicklung einer eigenen Batterie äußerst teuer ist (Tübke, o.J.). Aus diesem Grund ist es sinnvoll für den HCC21 ein bereits bestehendes Batteriemodell zu nutzen. Hierbei wird sich aufgrund des ähnlichen Packagings für die Batterie des VW ID4 entschieden. Dementsprechend werden für das Dummymodell Maße der ID4-Batterie genutzt, um darauf aufbauend einen Anschluss an den Schweller zu gestalten. Der Aufbau des aktuellen Kastenanschlusses dient ebenfalls als Vorlage für diese Konstruktion. Die Abbildungen 32 und 33 zeigen, inwiefern das alte Batteriekonzept an das neue angepasst werden muss.

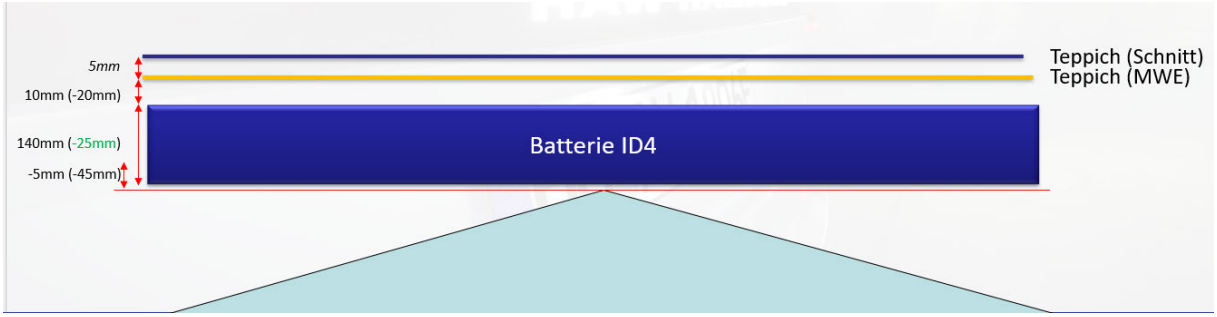

Abbildung 32: Aufbau der ID4 Batterie nach Soldan (o.J.)

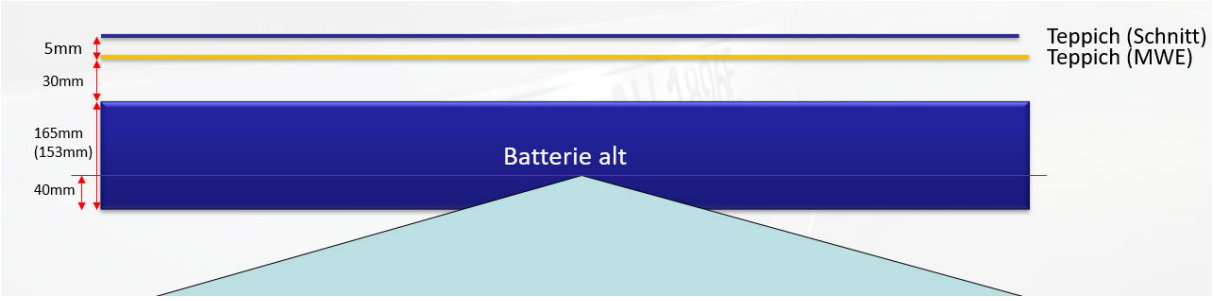

Abbildung 33: Aufbau der HCC21 Batterie nach Soldan (o.J.)

Da bislang noch keine detaillierte Ausarbeitung des Bodenblechs stattgefunden hat, ist bei der Erstellung des Dummys die Integration eines geringen Maßes an Puffer von hoher Bedeutung. D.h., dass Verstärkungen wie z.B. Sicken, die ein gewisses z-Maß benötigen, bislang nicht vorhanden sind. Um dennoch ein späteres Einfügen solcher Verstärkungen zu ermöglichen, wird ein Puffer von 10mm integriert, welcher in Absprache mit Herrn Soldan festgelegt wurde. Zusätzliche Bauteile, die in dem Zusammenbau des Batteriekastens enthalten sind, sind ein Dummy für den Schwelleranschluss und ein Batteriekastenrahmen. Ein PAKo Aufbau der Schwellerprofile wird im späteren Verlauf des Projekts HCC21 ein entsprechendes unkompliziertes Anpassen ermöglichen.

In der Feature Group „Batteriekasten_Dummy“ entstehen auf Grundlage erwähnter Aspekte drei Volumenkörper, die als Gesamtkonstrukt das Dummymodell bilden. Der genaue Aufbau ist der CAD-Datei zu entnehmen. Abbildung 34 zeigt das fertige Modell, welches fortan als Referenz für den korrekten Schwelleranbau dient.

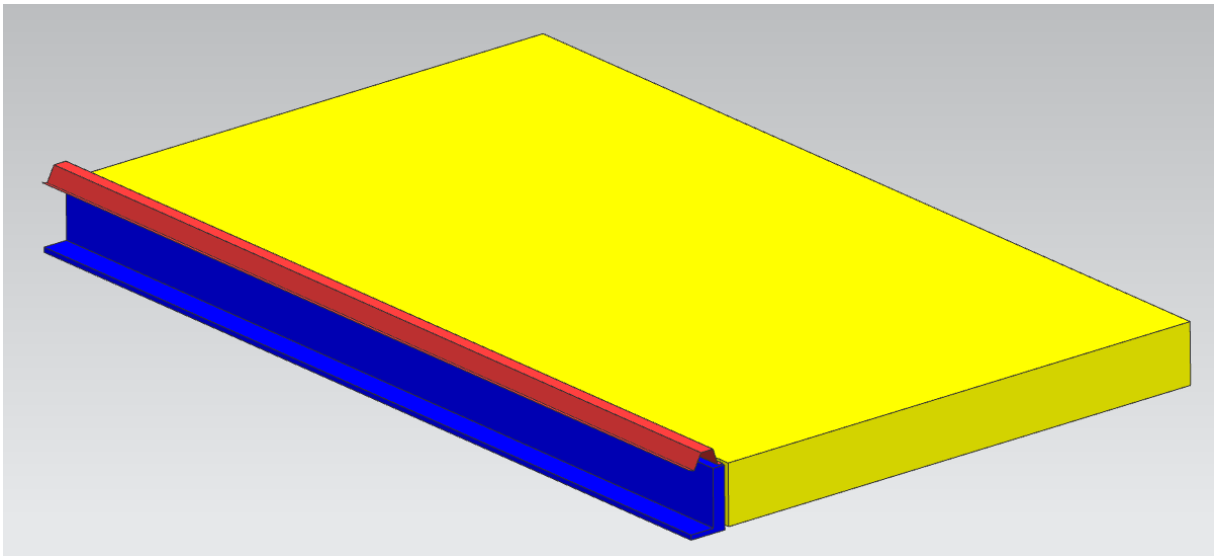

Abbildung 34: Batteriekastendummy (blau: Rahmen; rot: Schwelleranschluss; gelb: Batteriekasten) (Quelle: eigene Darstellung)

2.2.3 Aufbau der Schweller- und Säulenprofile

Im vorgegangenen Abschnitt wurde eine Grundlage für die Konstruktion der Profile geschaffen. Im Folgenden wird nun aufgezeigt, welche Schnitte für die Entstehung eines geeigneten Flächenverbunds notwendig sind. Am Ende dieses Kapitels sollen alle extrudierten Profilschnitte der Außenhaut miteinander zu einer Fläche verbunden und um 0,7mm aufgedickt werden. Außerdem beinhaltet dieses Kapitel den Aufbau einiger Rohkarosseriebauteile, die, wie der Batteriedummy, als Grundlage für spätere Arbeiten genutzt werden können. Einige der in der Vorbereitung zur Konstruktion erstellten Ebenen (TSFG 2313-2333) dienen als einfache Begrenzungen der jeweiligen Bauteile und ermöglichen so die unabhängige Konstruktion dieser Komponenten.

2.2.3.1 Der Schweller

Die Feature Group „Schweller“ besteht aus den Abbildung 35 zu entnehmenden Unterordnern, welche sich durch ihre x-Lage in der Konstruktion definieren. Das Endergebnis soll aus folgenden vier Komponenten bestehen: die Außenhaut des Schwellers, der zweiteilige Rohbau des Schwellers sowie ein Verbindungsblech, welches die Unterkante der Außenhaut mit der Rohkarosserie verbinden soll.

"Schweller"	4750
"Schwellerrohbau_Vorne"	4646
"Schwellerrohbau_Hinten"	4673
"Schweller_vorne"	4687
"Schweller_vor_B_Saeule"	4693
"Schweller_hinten"	4707
"Schweller_Aussenhaut_vorne"	4711
"Schweller_Aussenhaut_hinten"	4714
"Schweller"	4749

Abbildung 35: Aufbau der Feature Group "Schweller" (Quelle: eigene Darstellung)

Zum Konstruieren des Außenhautstraks, dienen die in der Vorbereitung erstellten Guidecurves (TSFG 2374) und Ebenen als Grundlage (vgl. Abbildung 36). Die für die Außenhaut relevanten Guidecurves werden als Schnittpunkt auf die Profilebene projiziert und anschließend in die Profilgestaltung als „Reference Set“ integriert. Durch die Erfüllung der geometrischen Randbedingung, die Profilschnitte an diesen Schnittpunkten auszulegen, wird die Entstehung eines sauberen Flächenverlaufs gewährleistet. Von der Konstruktion des Batteriekastendummys wird im folgenden Abschnitt profitiert.

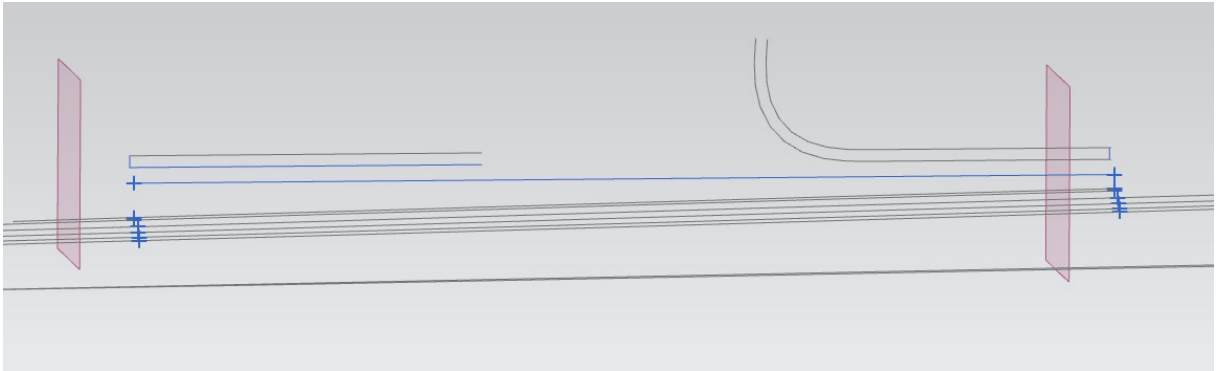

Abbildung 36: Vorbereitende Geometrie zum Außenhautaufbau des Schwellers (Quelle: eigene Darstellung)

Die Entwicklung der Teilstücke für den Schwellerrohbau definiert sich durch die beiden Profile für das vordere und das hintere Ende des Bauteils. Für den späteren Konstruktionsverlauf soll ähnlich wie in Abbildung 37 dargestellt wird, der Schwellerrohbau mit dem Batteriekasten verbunden werden. Entsprechend dieser Anforderungen werden Schnitte mit dem gesamten Batteriekastendummy und den jeweiligen Ebenen auf denen die Rohbauprofile entstehen, erzeugt. So soll durch die Implementierung von den Referenzschnittlinien in die Profilgestaltung eine Verbindung vom Schwellerrohbau (blau) zum Batteriekasten (orange) gewährleistet werden. Dieses PAKo gewähreistet im Rahmen des HCC21-Projeks die Möglichkeit für zukünftige Anpassungen des Rohbaus an aktualisierte Referenzdaten.

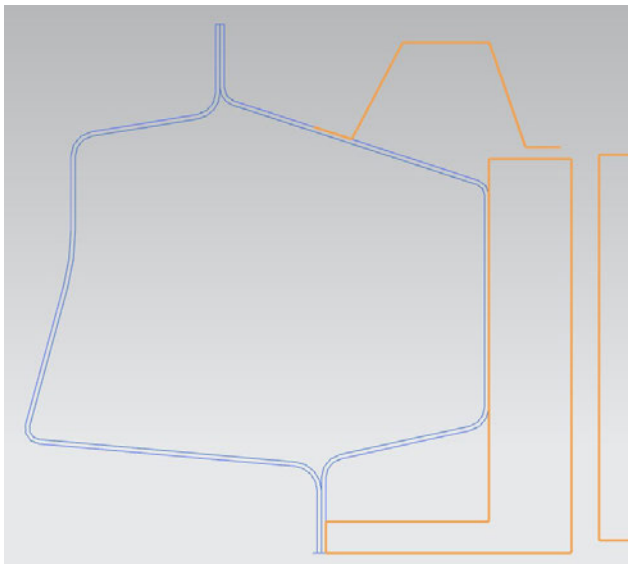

Abbildung 37: Profilaufbau des Schwellerrohbaus (Quelle: eigene Darstellung)

Ein weiterer wichtiger Verbund an die Umgebungsgeometrie soll die Anschlussstelle zum Türflansch sein, welcher sich an der obersten Kante des Profils befindet und in einem Offset vom Maß der Außenblechdicke (fahrzeugäußeres Profil, blau) bzw. Außenblechdicke + Schwellerstärke für das innenliegende Profil steht (grün) (vgl. Abbildung 38).

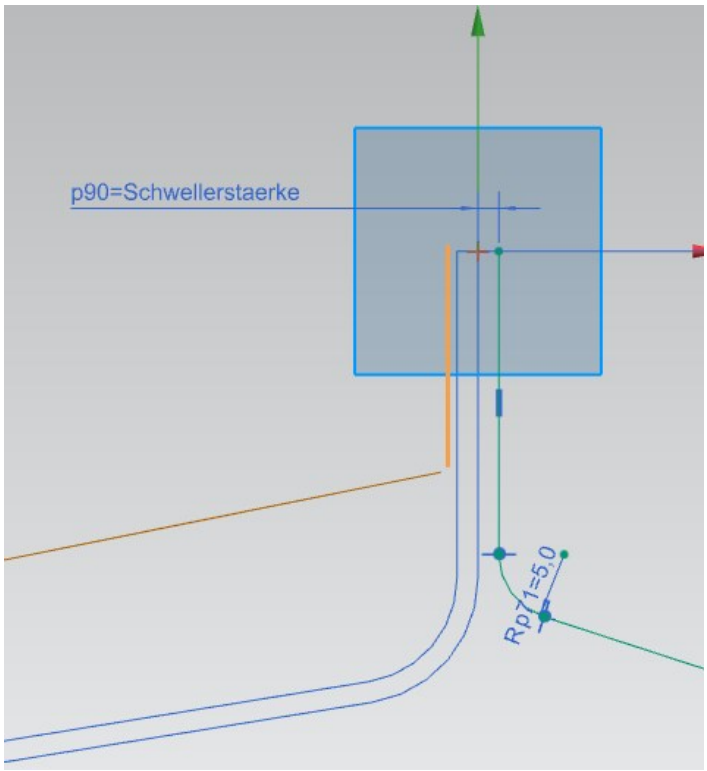

Abbildung 38: Anschluss des Schwellerrohbaus an den Türflansch (Quelle: eigene Darstellung)

Die letzte vorzustellende Komponente der Feature Group „Schweller“, stellt das Verbindungsblech dar. Es soll im späteren Verlauf der Konstruktion für die Möglichkeit zum Verbund der Außenhaut mit dem Rohbau des Schwellers sorgen. Entsprechend dieser Anforderung ist es wichtig, dass die Verbindungsflächen zu den beiden

Bauteilen lang genug und planar sind. Dafür werden die entsprechenden Referenzlinien der beiden Bauteile in den „Sketch“ projiziert und dienen als Grundlage für das Verbindungsblechprofil (vgl. Abbildung 39).

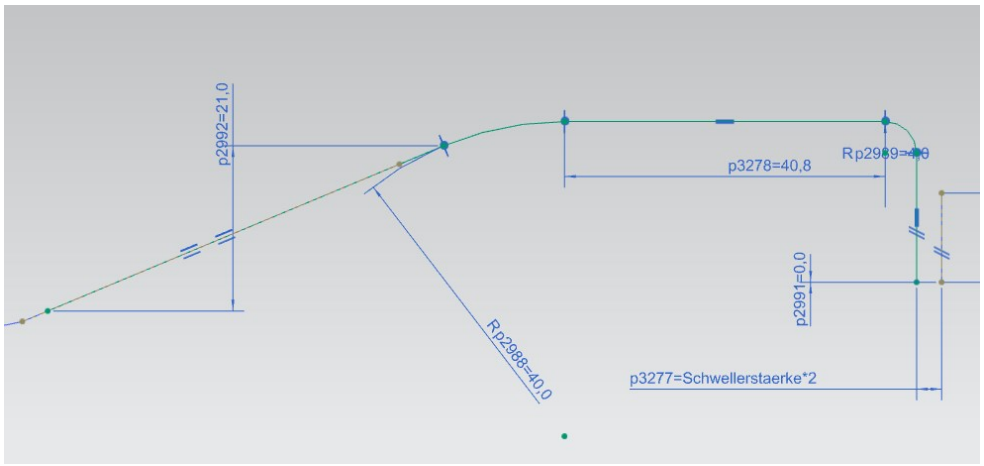

Abbildung 39: Profilaufbau des Verbindungsblechs (Quelle: eigene Darstellung)

Durch den Befehl „Swept“ werden im Anschluss an die Profilerstellung die einzelnen Flächen der Außenhaut, des Schwellerrohbaus und des Verbindungsblechs extrudiert und durch Verlängerung der Flächen miteinander zum Schnitt gebracht, um sie im letzten Schritt der gesamten Arbeit zu verrunden (vgl. Abbildung 40).

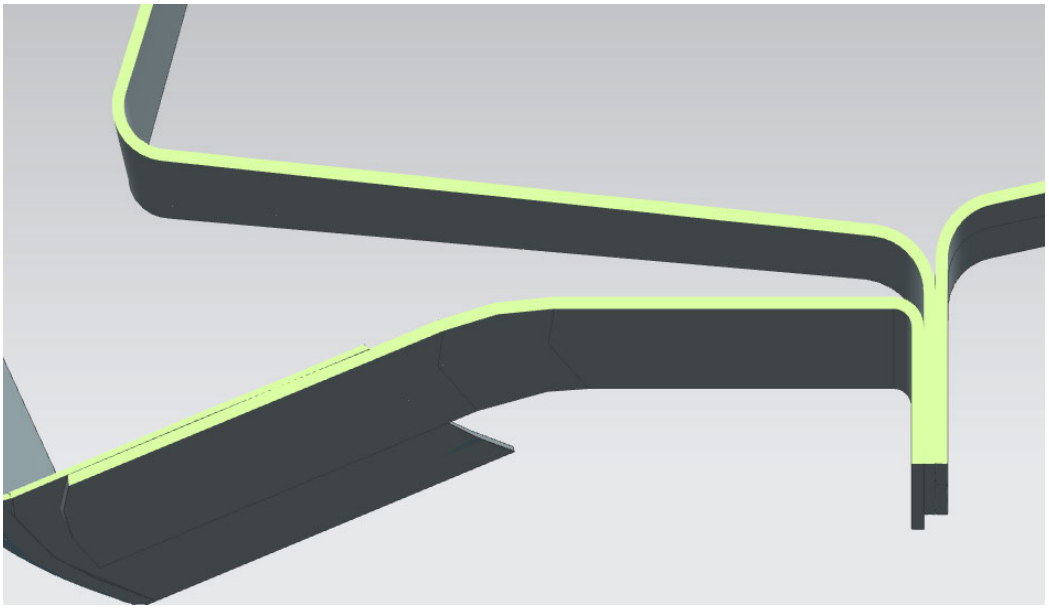

Abbildung 40: Dynamischer Schnitt - Schwelleraußenhaut - Verbindungsblech - Schwellerrohbau (Quelle: eigene Darstellung)

2.2.3.2 Die B-Säule

Im folgenden Abschnitt der Konstruktionsdokumentation wird der Einfluss der Neupositionierung der Scharnierachse auf die Form der B-Säule dargestellt. Das y-Maß vom Türflansch bis zur B-Säulenaußenhaut der Profile im Bereich der Scharniere beträgt im aktuellen Datenstand des HCC21 beim oberen Scharnier knapp 52mm (vgl. Abbildung 41) und beim unteren Scharnier ca. 60mm (vgl. Abbildung 42).

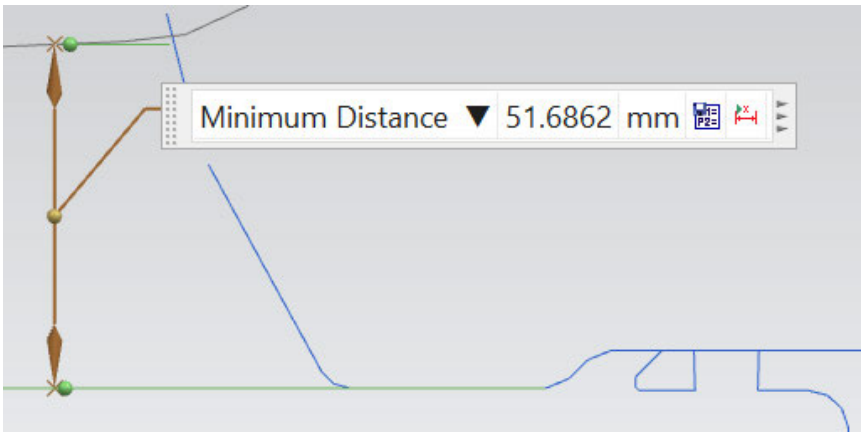

Abbildung 41: Abstand Türflansch B-Säulenaußenhaut (oberer Scharnierbereich) (Quelle: eigene Darstellung)

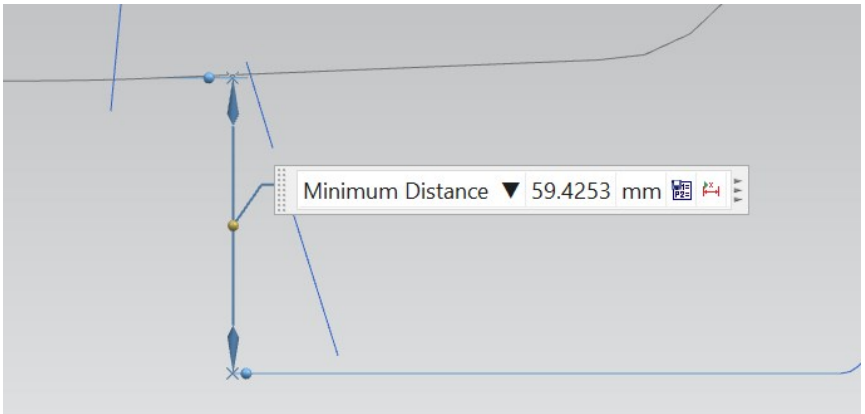

Abbildung 42: Abstand Türflansch B-Säulenaußenhaut (unterer Scharnierbereich) (Quelle: eigene Darstellung)

Entsprechend der Verschiebung der y-Achse um 20mm haben die B-Säulen-Profile einen ähnlichen Zuwachs erhalten (vgl. Abbildungen 43 und 44). Die im Studium erlangten Kompetenzen aus dem Modul der Technischen Mechanik beinhalten u.a. das Wissen darüber, dass ein besserer Kraftfluss für mehr Stabilität sorgen würde. Ein gekrümmter Flächenaufbau sorgt für den gezielten Abbau von Spannungsspitzen, welcher eine Reduktion dieser Bauteilschwächung begünstigt. Des Weiteren stellt die daraus resultierende optische Änderung dieser gekrümmten Flächen einen weiteren Mehrwert für den Kunden dar.

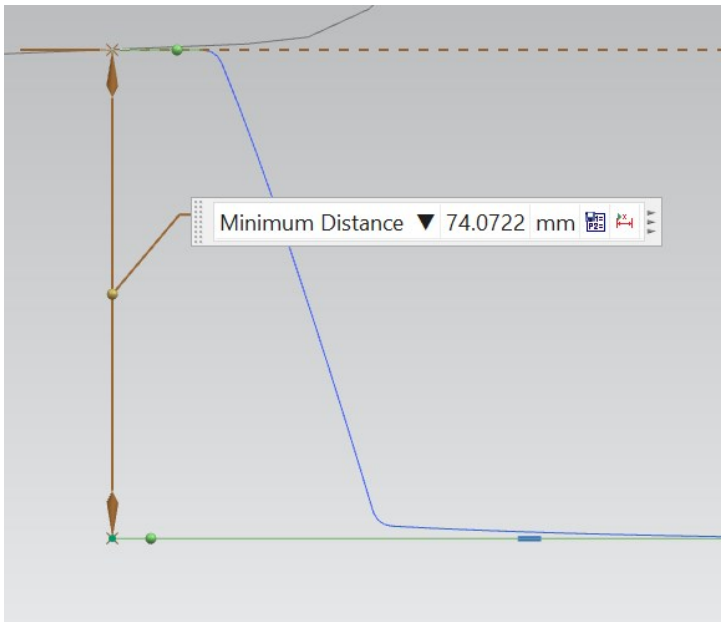

Abbildung 43: Abstand Türflansch B-Säulenaußenhaut (oberes Scharnier (neu)) (Quelle: eigene Darstellung)

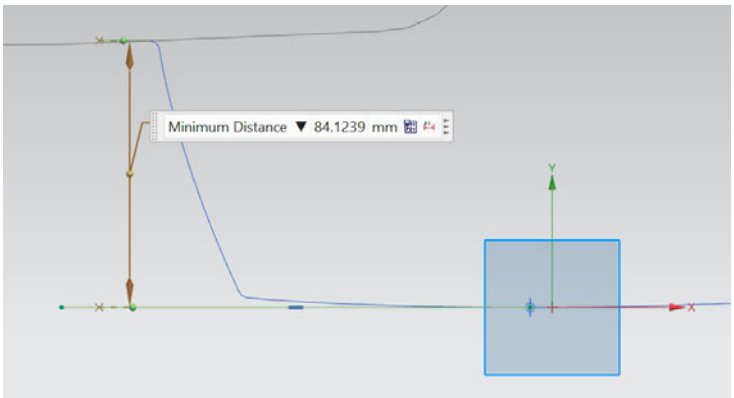

Abbildung 44: Abstand Türflansch B-Säulenaußenhaut (unteres Scharnier (neu)) (Quelle: eigene Darstellung)

Abseits der Scharniere wird weiterhin versucht das Design des HCC21 möglichst beizubehalten. Dazu dienen die vorab erzeugten Intersection Curves des HCC21 als Orientierung. Außerdem wird bei allen Profilen darauf geachtet, dass wie bei dem Schweller der bisher vorhandene Dichtflanschverlauf erhalten bleibt. Durch das Einfügen von Project Curves können entsprechende Referenzlinien der Intersection Curves in einen Sketch projiziert und als geometrische Randbedingung genutzt werden (vgl. Abbildung 45). Dieser Arbeitsschritt ist ein weiteres Beispiel für parametrisch-assoziatives Konstruieren und erleichtert das „Up-to-Date-halten“ der im Rahmen dieser Arbeit erstellten Konstruktion.
Der Aufbau mehrerer Profilschnitte gewährleistet den gewünschten Verlauf der B-Säule. Profile müssen dort erzeugt werden, wo ein Flächenverbund beginnen, enden oder eine besonders markante Formänderung erfahren soll. Abbildung 46 zeigt, wo diese Ebenen gesetzt werden.

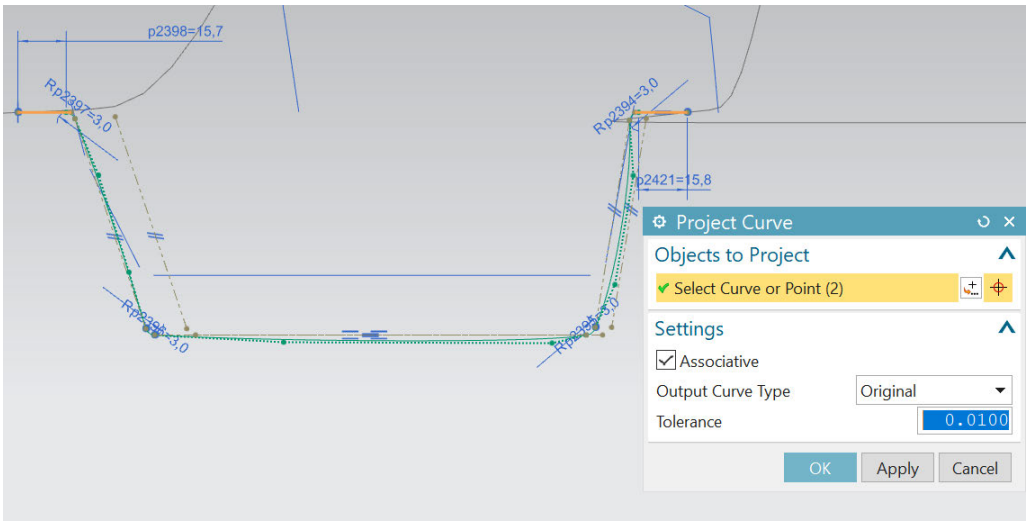

Abbildung 45: Beispiel für den Einsatz von "Project Curves" (Quelle: eigene Darstellung)

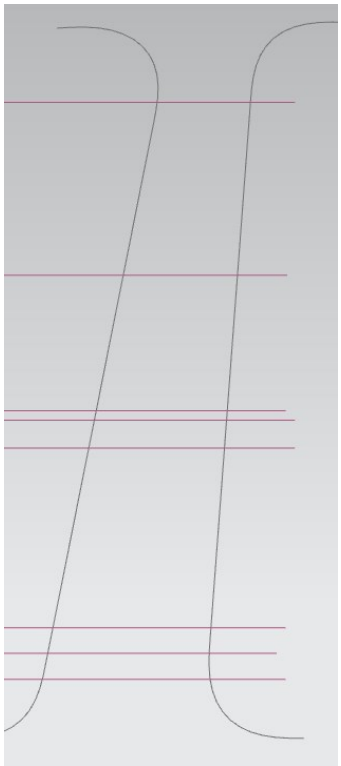

Abbildung 46: XY-Ebenen für den Aufbau der B-Säulenprofile (Quelle: eigene Darstellung)

Durch die Manipulation der XY-Ebenen in z-Richtung ist es möglich diese Profile nachträglich zu verschieben und somit einem gewünschten Formverlauf näher zu kommen. Die Extrusion aller Profile entlang der erstellten Guidecurves und dem Dichtflanschverlauf schufen den in Abbildung 47 abgebildeten Flächenverbund für die B-Säulenaußenhaut.

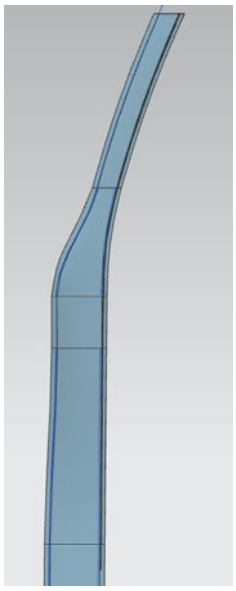

Abbildung 47: Erster Output: Außenhautverbund B-Säule (Quelle: eigene Darstellung)

Im Rahmen eines Teammeetings wurde sich jedoch für einen weiter unten beginnenden Flächenverlauf in das oben dünner werdende B-Säulenprofil entschieden, um ein ähnliches Erscheinungsbild wie beim Golf VII zu erhalten (vgl. Abbildung 48). Das PAKo machte diese Änderung ohne großen Aufwand möglich, wodurch der in Abbildung 49 zu sehende Verlauf entstanden ist.

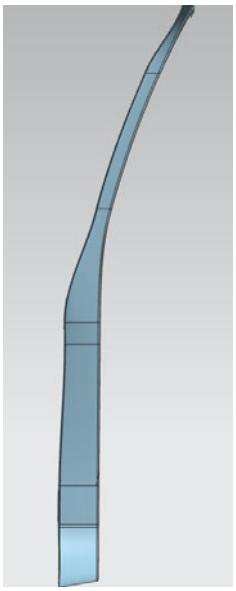

Abbildung 48: Verbesserter Flächenverlauf der B-Säule (Quelle: eigene Darstellung)

Abbildung 49: VW Golf VII B-Säulen Schnitt (Quelle: eigene Darstellung)

Wie zuvor angedeutet, wird ebenfalls ein Teil der B-Säulen-Rohkarosserie entworfen. Für die Stärke der Bleche gilt die Anlehnung an den Sportsvan. Der GCIE-Plan gibt eine Rohbaustärke der B-Säule von 1,8mm an. Für die richtige Formfindung der Profile gelten auch hier die Durchdringungskurven des HCC21 als Referenz (vgl. Abbildung 50).

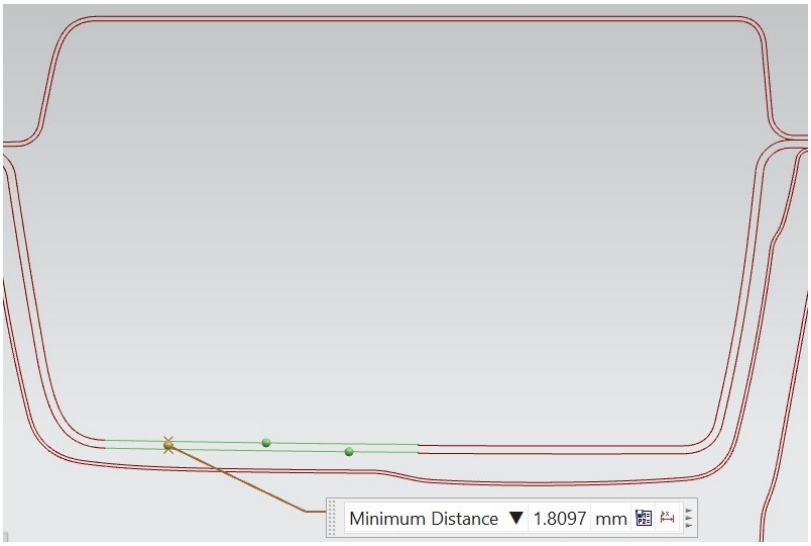

Abbildung 50: GCIE Plan VW Sportsvan - Rohbau B-Säule (Quelle: eigene Darstellung)

Um eine adäquate Grundlage für die Verbindung der drei sich überlappenden Flansche zu gewährleisten, wird durch den Constraint der Parallelität ein planarer Flanscheinlauf der Außenhaut und der beiden Rohbauprofile gewährt (vgl. Abbildung 51). Die wiedermalige Extrusion aller Profile entlang der Guidecurves lässt den in Abbildung 52 gezeigten Rohbau für die B-Säule entstehen.

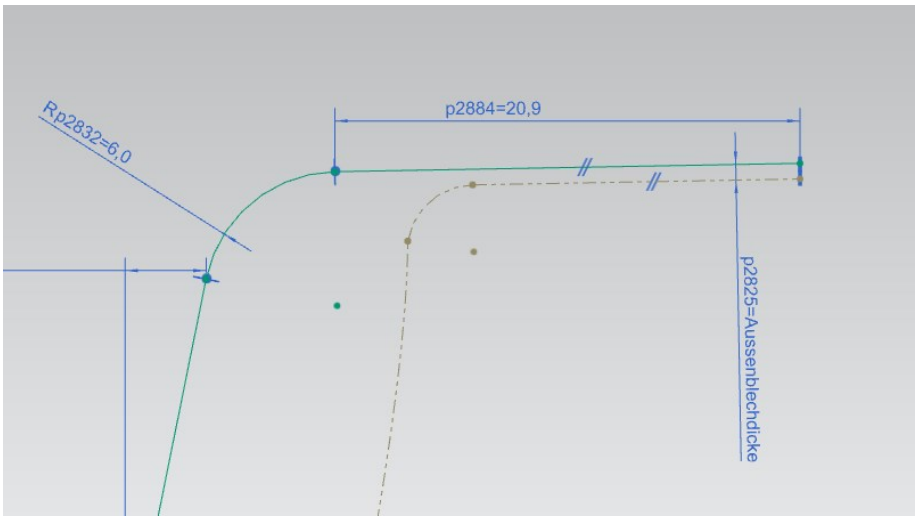

Abbildung 51: Profilaufbau der B-Säulenprofile unter Berücksichtigung des Zusammenbaus (Quelle: eigene Darstellung)

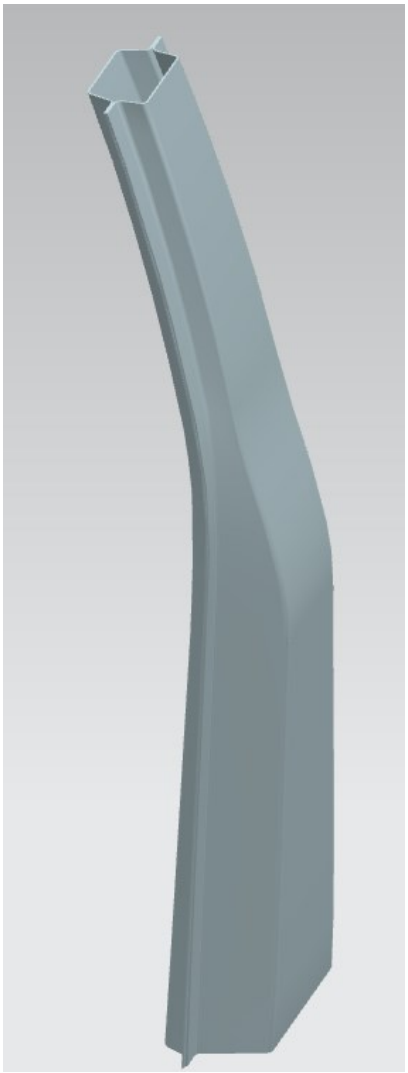

Abbildung 52: Fertige Teilstücke des B-Säulenrohbaus (Quelle: eigene Darstellung)

2.2.3.3 Der Dachrahmen

Der Aufbau des Dachrahmens ist den der bisher vorgestellten Konstruktionsschritten ähnlich. Durch die Guidecurves im Ordner „Dach_A_Saeule“ werden erneut Schnittpunkte in den Ebenen erzeugt, in denen die Schnittprofile entstehen sollen. Die Lage dieser Ebenen beruht auch hierbei auf den in der Einleitung erwähnten Kriterien. Um im späteren Verlauf der Arbeit den Anschluss an die B-Säule zu ermöglichen, werden zwei Sweptvarianten der „unteren Fläche“ erstellt (vgl. Abbildungen 53 und 54) (TS 4980-4989). Der genaue Aufbau des Verbundes wird im Abschnitt 2.2.3.6 der Arbeit genauer erläutert.

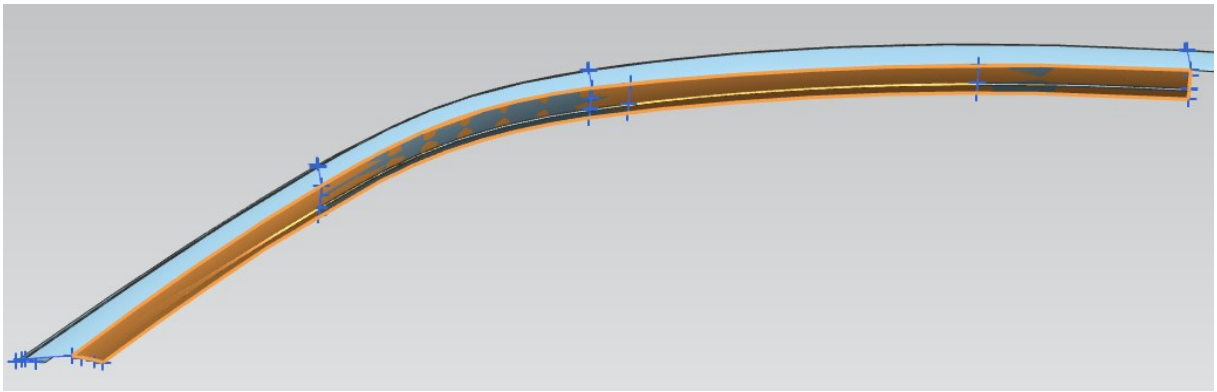

Abbildung 53: TS 4980 - untere Fläche des Dachrahmens (Quelle: eigene Darstellung)

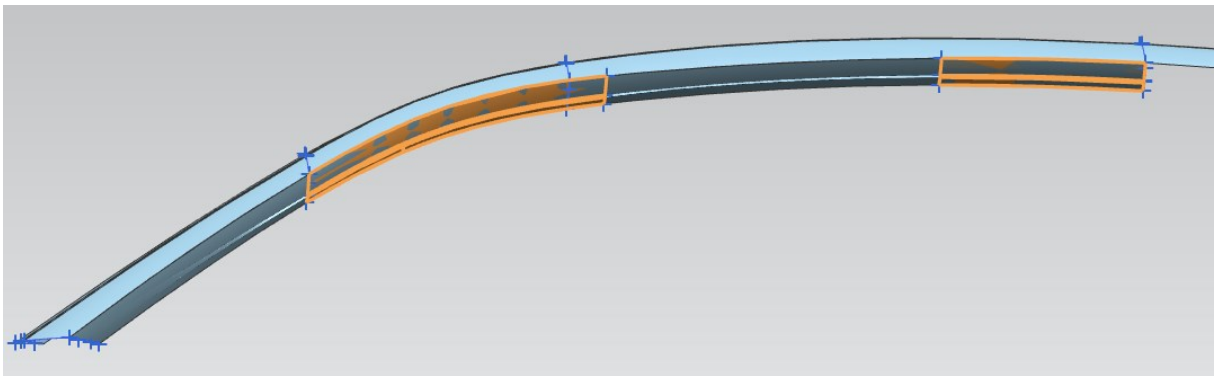

Abbildung 54: TS 4981-4989 - unterbrochene untere Fläche des Dachrahmens (Quelle: eigene Darstellung)

2.2.3.4 Untere A-Säule und A-Strichsäule

Die untere A-Strichsäule definiert den Bereich zwischen den beiden Vordertürscharnieren und wird durch den Anschluss zum Schweller sowie den Übergang zur A-Strichsäule begrenzt. Wegen der direkten Beziehung der A-Strichsäule mit der unteren A-Säule werden diese Komponenten in einem Unterordner bearbeitet. Ähnlich wie bei der Konstruktion der B-Säule kommt es durch den Offset der Drehachse zu einem Gewinn an y-Maß des Profils im neuen Seitenrahmen. Die Untersuchung des GCIE-Plans des VW Sportvans stellt auch hierbei eine Vorlage für die Blechstärke dar und beläuft sich auf ungefähr 1mm für den Rohbau (vgl. Abbildung 55).

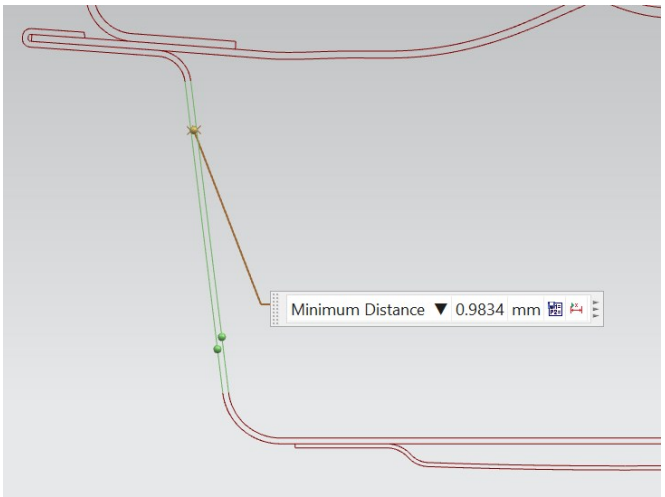

Abbildung 55: GCIE-Plan VW Sportsvan - Blechstärke untere A-Säulenrohkarosserie (Quelle: eigene Darstellung)

Da bislang keine Lösung für die Verbindung der Außenhaut mit dem Rohbau im HCC21 existiert und sich die Verbundstechnik im Sportsvan bereits bewährt hat, wird der folgende Konstruktionsabschnitt von diesem Ansatz der Firma VW inspiriert. Auf Basis dieser Informationen werden zwei Rohbaublechprofile für den unteren Bereich der A-Säule konstruiert und anschließend extrudiert.
Die Orientierung an der Umgebungsgeometrie des HCC21 mittels Intersection Curves auf den Ebenen, in denen auch die Profile entstehen, bieten die restlichen Informationen, die benötigt werden, um eine Lösung für die Gestaltung dieser Komponenten zu finden. Wie Abbildung 56 jedoch zeigt, ist eine Nutzung der Referenz der Außenhautbreite der aktuellen unteren A-Säule nicht sinnvoll, da die Neupositionierung der Scharniere, insbesondere unten, ein unbrauchbares Ergebnis liefert.

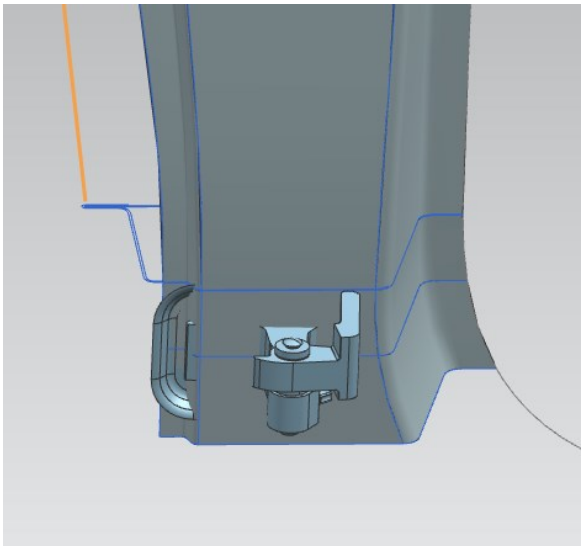

Abbildung 56: Zu kleine untere Fläche für einen geeigneten Scharnieranschluss (Quelle: eigene Darstellung)

Zur Anpassung der richtigen Profilbreite ist eine Analyse der erforderlichen Verlängerung des Profils in x-Richtung wesentlich. Dabei ergibt sich ein notwendiges Maß von 19,6mm für die Breite (vgl. Abbildung 57).

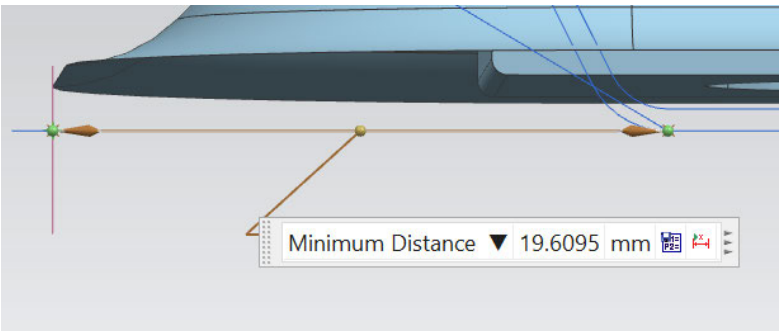

Abbildung 57: Aufbau einer geeigneten Anschlussfläche für das vorderere untere Scharnier (Quelle: eigene Darstellung)

Hierbei wird jedoch nicht berücksichtig, dass die Fläche einen Überhang benötigt, um einen Einlaufradius in die Montagefläche des Scharniers zu gewährleisten. Deshalb müssen bei zwei Verrundungen à 3mm zusätzlich mindestens 6mm aufgeschlagen werden. Auf Basis dieser Erkenntnis wird das Profil im Bereich des unteren Scharniers also mindestens 25mm breiter gestaltet werden als im aktuellen Datenstand. Die Abbildungen 58 und 59 zeigen die fertigen Zwischenstände der unteren A-Säulenaußenhaut und des Rohbauteilstücks.

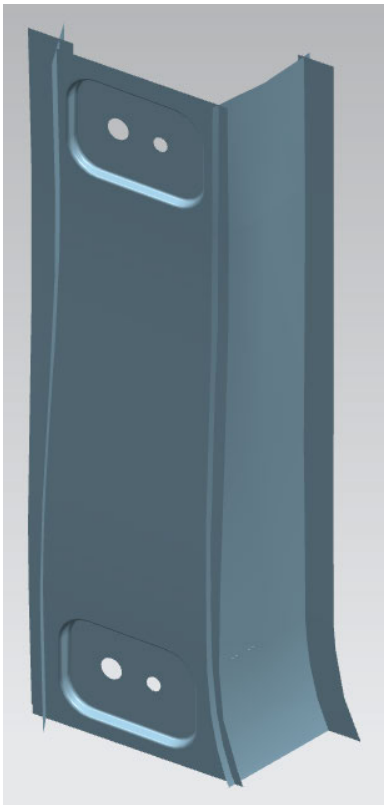

Abbildung 58: Außenhaut untere A-Säule (Quelle: eigene Darstellung)

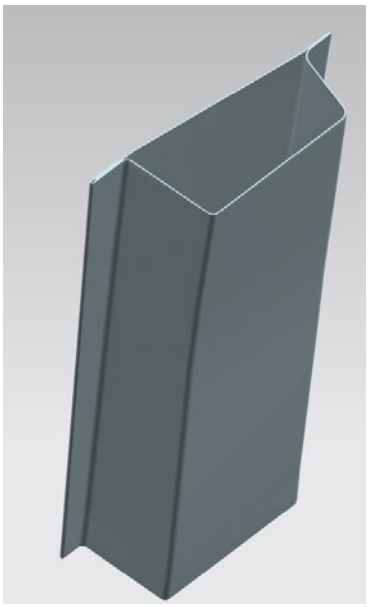

Abbildung 59: Rohbauteilstück untere A-Säule (Quelle: eigene Darstellung)

2.2.3.5 Die A-Strichsäule

Die Studienarbeit „Gestaltung der Türfuge zwischen Türverkleidung und Instrumententafel im A-Säulen-Bereich für das Hamburg Concept Car 2021“ von Herrn Jan-Phillipp Schmidt (2022) hat sich u.a. mit der Findung eines theoretischen Lösungsansatzes auseinandergesetzt, um ein harmonisches Fugenbild im A-Säulen Bereich zu finden. Dieser ist nach Schmidt ca. 85mm zu weit in negative x-Richtung definiert (siehe Abbildung 60).
Nach Rücksprache mit Herrn Schmidt ist festzuhalten, dass das Lösungskonzept vom Opel Meriva A für den aktuellen Stand des HCC21 eine brauchbare Lösung wäre und verfolgt werden könnte. Abbildungen 61 und 62 zeigen eine mögliche Integration des Konzepts des Opel Merivas in das HCC21-Model.

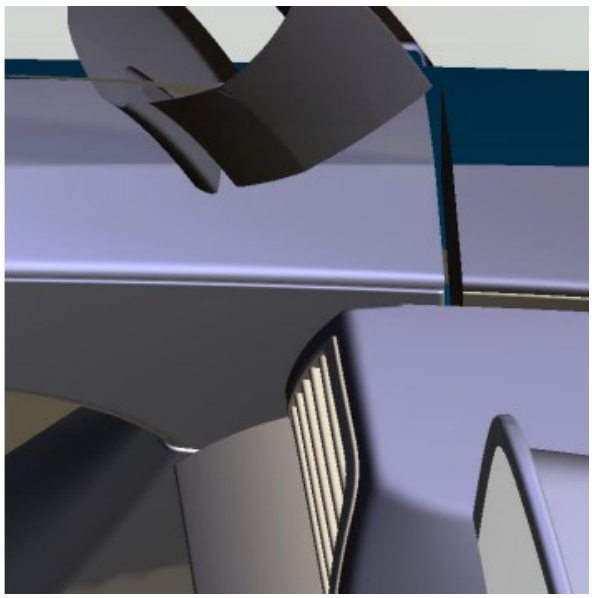

Abbildung 60: „Aktuelle Fugenposition“ (Schmidt, 2022, S.21)

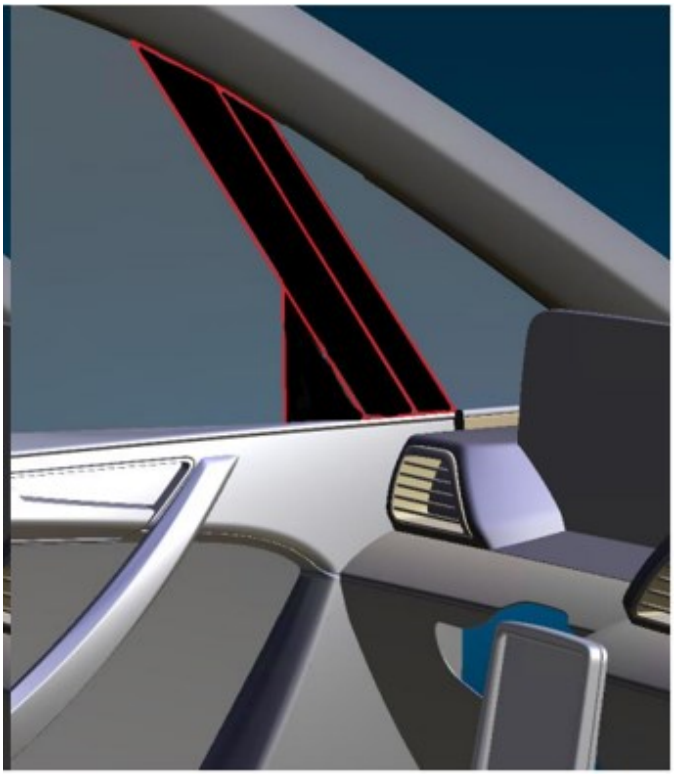

Abbildung 61: „[...] Konfiguration Opel Meriva" (Schmidt, 2022, S.65)

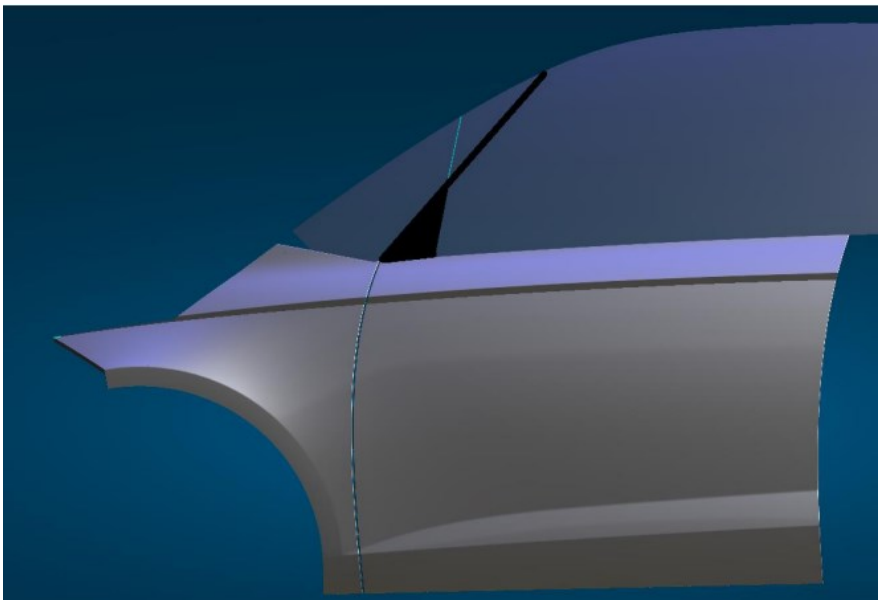

Abbildung 62: „Lösung des Opel Meriva A auf das HCC21 angewandt“ (Schmidt, 2022, S.46)

Die Grundlage für die Konstruktion dieser A-Strichsäulenkonfiguration wurde bereits durch die Entwicklung der unteren A-Säule und des Dachrahmens geschaffen. Weitere relevante Vorgaben bieten Guidecurves sowie der Türdichtflansch der Vordertür. Ähnlich dem Prozess der Guidecurve-Erstellung, werden durch Linienmanipulationen wie „Bridge Curve“ Verbindungen zwischen dem Dachrahmen im Bereich „A-Säule oben“ (TSFG 4955) und der „unteren A-Säule oben“ (TSFG 5066) geschaffen. Durch das Erzeugen weiterer Hilfsgeometrien wurden Flächen und Kurven geschaffen, die im Endergebnis ein ähnliches A-Strichsäulenbild darstellen, wie Schmidt in seiner

Arbeit vorgestellt hat (vgl Abbildung 63). Das detaillierte Vorgehen dieser Lösung ist wie bei den anderen Komponenten auch, der CAD-Datei zu entnehmen. Die in Abbildung 63 markierte Kurve zeigt den „rechten“ Teil des Fugenkorridors. Es wird deutlich, dass eine Fugenanpassung in positive x-Richtung für einen sauberen Fugenverlauf sorgen würde, welcher dem von Schmidt vorgestellten Verlauf ähneln würde.

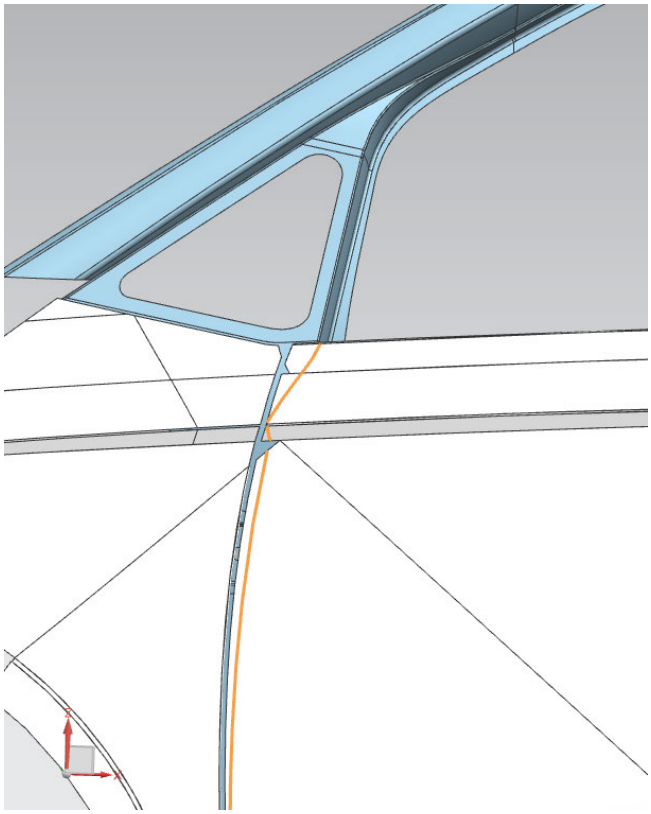

Abbildung 63: Neuer Fugenverlauf inkl. A-Strichsäule (Quelle: eigene Darstellung)

2.2.3.6 Die D-Säule

Vollendet wird die Seitenrahmenkonstruktion in dieser Arbeit durch die D-Säule, welche einen Übergang vom Schweller zum Dach schafft und gleichzeitig als hintere Begrenzung für den Einstieg in die zweite Sitzreihe fungiert. Sie setzt sich aus vier Profilen zusammen, die ebenfalls durch die aktuelle Umgebungsgeometrie des HCC21 und den Guidecurves beeinflusst werden. Abbildung 64 zeigt die vier Ebenen, auf denen die Profile der D-Säule aufgebaut wurden, sowie die Schnittpunkte dieser Ebenen mit den Guidecurves. In dieser Abbildung sind die Intersection Curves der Umgebungsgeometrie des HCC21 ausgeblendet worden, in der Konstruktion jedoch unter den TS 2348-2351 zu finden.

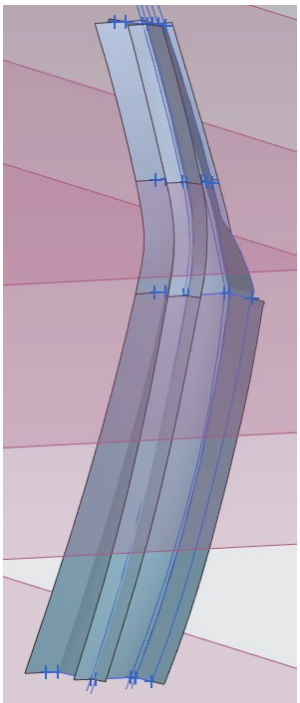

Abbildung 64: D-Säulen Außenhaut inkl. Ebenen und Guidelineschnittpunkte (Quelle: eigene Darstellung)

2.2.3.7 Einblick in die Strakverbindungsflächen

In der Feature Group „Strakverbindungsflächen“ werden in einzelnen Unterordnern Konzepte zur Verknüpfung der im vorangegangenen Kapitel erstellten Komponenten ausgearbeitet. Im folgenden Arbeitsschritt geht es bei einzelnen Übergängen um die Erfüllung der Anforderungen an einen Außenhautstrak. Für die Berücksichtigung dieser Rahmenbedingung werden in den einzelnen Ordnern zunächst erneut Guidecurves erstellt, die eine krümmungsstetige Verbindung ermöglichen sollen. Weitere Grundlagen für einen harmonischen Flächenverbund werden geschaffen, indem nachträglich einzelne Flächen modifiziert werden. Auch hierbei dient die CAD-Konstruktion als detaillierte Referenz dieser Vorgehensweise. Ein Beispiel für so eine Modifikation lässt sich in der Feature Group „Strakverbund_Schweller_B_Saeule“ finden. Abbildung 65 zeigt, dass die orange markierte Fläche des Schwellers ursprünglich wesentlich schmaler war.

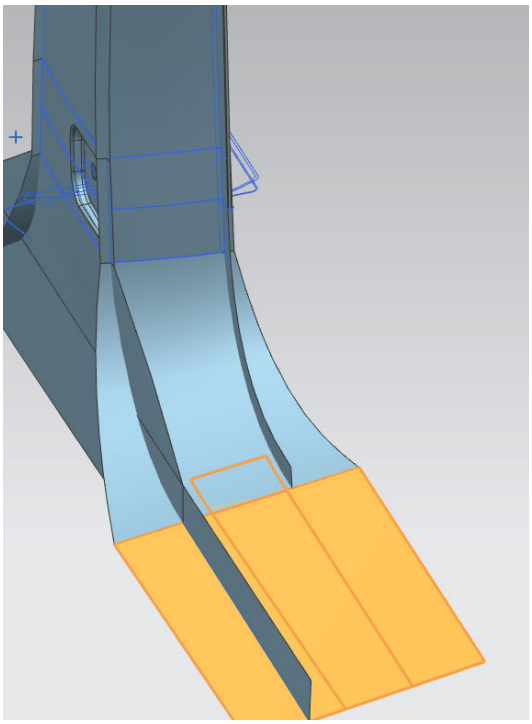

Abbildung 65: Beispiel adäquater Flächenmanipulation für einen harmonischen Übergang (Quelle: eigene Darstellung)

Der hierbei durchzuführende Konstruktionsschritt wird im Folgenden anhand eines Beispiels dargestellt. Um einen geeigneten Übergang vom Schweller zur B-Säule zu schaffen, wurde, entsprechend der Breite der B-Säule, die obere Fläche des Schwellers mit „Extend Sheet“ modifiziert, um anschließend über Guidecurves zwischen den jeweiligen Schweller- und B-Säulen-Profilen einen harmonischen Übergang zu schaffen. Für die Gestaltung adäquater Übergänge zwischen den jeweiligen Bauteilen, wurden im Rahmen der Seitenrahmenkonstruktion eine Vielzahl an verschiedenen Methoden angewandt. Weitere Strakverbindungen lassen sich der CAD-Datei entnehmen.

In dem Ordner „Verrunden_und_Verschneiden“ befindet sich eine Vielzahl an verschiedenen Operationen für einen geeigneten Verschnitt und Übergang sämtlicher Flächen der Außenhaut. Gemäß der DIN 10025 liegt der Mindestradius (innen) für Blechstärken von 1mm bis 1.5mm bei 1,6mm (Kölsch, 2016). Entsprechend dieser Anforderung werden die Radien in der Konstruktion gewählt (vgl. Abbildung 66). Sind alle Flächen miteinander verbunden, werden diese als ein Body mit dem Befehl „Thicken“, gemäß der Referenz des VW Sportsvans, auf 0,7mm aufgedickt und in den Output-Ordner gelegt. Weitere Parts, die im Output das Endergebnis dieser Arbeit darstellen, sind die einzelnen Rohkarosserieansätze, der Übersicht halber Kopien des Batteriekastendummys, Kopien der modifizierten Türen inklusive der neuen Drehachsen sowie die wichtigsten Anschlussgeometrien des HCC21, die im Rahmen dieser Arbeit unverändert blieben. Das Endergebnis der Konstruktion wird in Abbildung 67 dargestellt.

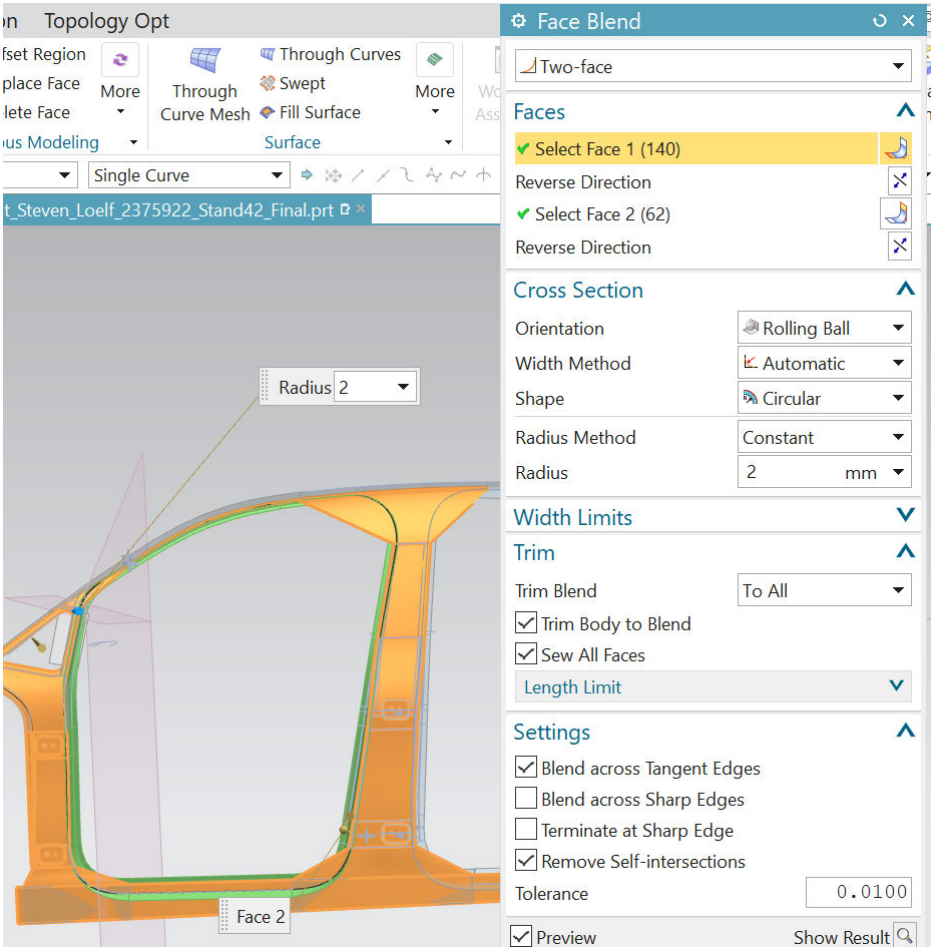

Abbildung 66: Arbeitsschrittausschnitt - Verrunden mit einem 2mm Radius (Quelle: eigene Darstellung)

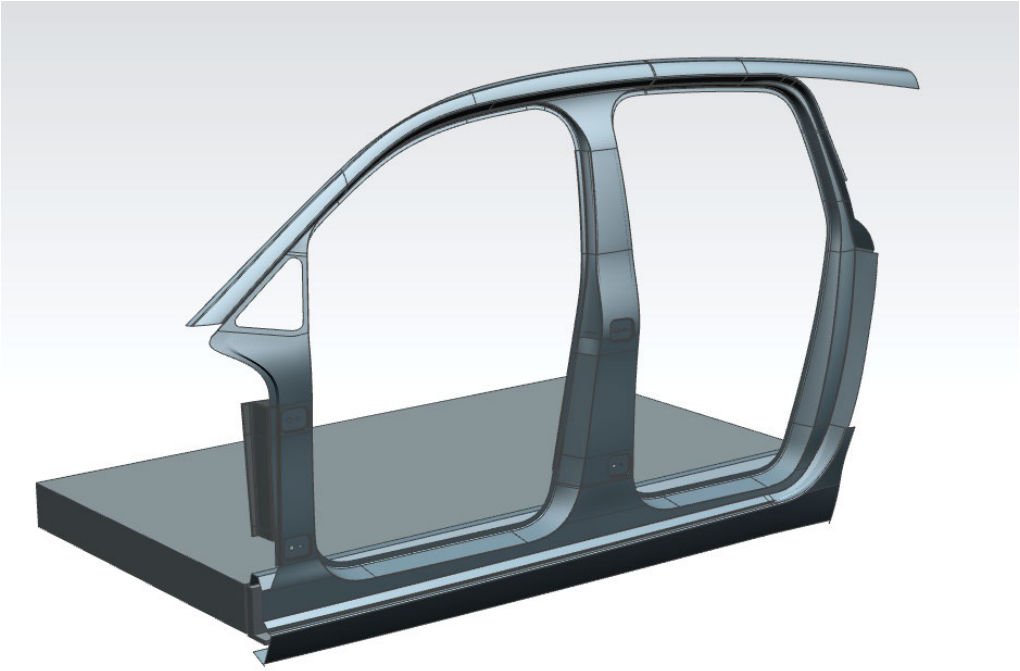

Abbildung 67: Seitenrahmenaußenhaut und Batteriekastendummy (Quelle: eigene Darstellung)

3. Kritische Würdigung und Ausblick

Mit der Konstruktion des Seitenrahmens entstanden neue Herausforderungen für weiterführende Arbeiten am HCC21. Im folgenden Abschnitt werden weitere Aufgaben hervorgehoben, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt werden konnten und somit eine Anregung für zukünftige studentische Projekte sein können. Abschließend folgt ein kurzes Fazit, welches den Inhalt der Arbeit reflektiert.

3.1 Anschluss an die Umgebungsgeometrie des hinteren Seitenrahmens

Da die Neugestaltung der Heckpartie in den Aufgabenbereich eines anderen Teammitglieds fällt, welches die Fertigstellung der Flächen im Bereich des hinteren Seitenrahmens erst für einen späteren Zeitpunkt vorgesehen hat, wurde noch kein Anschluss an die Umgebungsgeometrie des hinteren Seitenrahmens im Heckbereich durchgeführt. Der dafür relevante Flächensatz wird sich somit in Kürze ändern, sodass die Integration der aktuellen Geometrie in wenigen Wochen aktualisiert werden müsste. Aus diesem Grund wurde die D-Säule in der Seitenwandkonstruktion so aufgebaut, dass die Integration dieser neuen Flächen nach deren Fertigstellung ohne großen Aufwand erfolgen kann. Die neuen Flächen müssten lediglich importiert und mit den Ebenen der Profile geschnitten werden. Die D-Säulen Profile sollten anschließend an diesen Schnitten ausgerichtet werden. Nachfolgend müssten die neu ausgerichteten Profile an den Guidecurves extrudiert und zum Schnitt mit den neuen Flächen gebracht werden. Abschließend würde das Verrunden der Flächen erfolgen.

3.2 Entwicklung eines Batteriekastenkonzepts

Wie bereits im Kapitel 2.2.2 angemerkt, war die Erstellung eines vorläufigen Batteriedummys notwendig, um eine korrekte Verbindung des Schwellers mit dem restlichen Fahrgestell des HCC21 zu ermöglichen. Eine daran anschließende Projektarbeit könnte sich unter der Berücksichtigung der vorliegenden Arbeit mit der Weiterentwicklung dieses Dummymodells beschäftigen. So wäre eine Herausarbeitung des genauen Aufbaus der zum Batteriekasten gehörenden Komponenten, unter der Berücksichtigung der äußeren Maße des ID4-Batteriekonzepts, möglich. Dabei sollte die Möglichkeit eines Anschlusses an den Rohbau des Schwellers einbezogen werden.

3.3 Fahrgestell

Die Struktur einer Karosserie hat im Grunde folgende Aufgaben: Sie muss nicht nur sämtliche Kräfte und Momente aufnehmen können, sondern auch die Aufnahme aller Antriebsaggregate und Achsmodule ermöglichen (Pischinger & Seifert, 2021). Da bislang kein vollständiger Rohbau für den HCC21 existiert, wurden erste Ansätze dieser Struktur in der vorliegenden Arbeit aufgezeigt. Da der Fokus im Konstruktionsverlauf vor allem auf der Gestaltung der Außenhaut lag, konnten nur erste Ansätze im Schweller, B- und unteren A-Säulen-Bereich konzipiert werden. Aufbauend auf diesen, bereits ideal auf die Außenhaut des Seitenwandrahmens

angepassten Ansätzen, könnte man die restlichen Bauteile der Rohkarosserie konstruieren.
Im nächsten Schritt könnte diese Struktur in einem Finite-Elemente-Methode-Programm, wie beispielsweise Autodesk Abaqus, berechnet werden, um so ggf. den Leichtbaugrad des Fahrzeugs zu optimieren. Wiedermann (2007) beschreibt den inflationär genutzten Begriff des Leichtbaus folgenden Maßen: „Leichtbau ist zunächst eine Absichtserklärung: aus funktionalen oder ökonomischen Gründen das Gewicht zu reduzieren oder zu minimieren, ohne die Tragfähigkeit, die Steifigkeit oder andere Funktionen der Konstruktion zu schmälern“ (Wiedemann, 2007, S.1). So wäre eine generelle Untersuchung eines fertigen virtuellen Fahrzeugs des HCC21 hinsichtlich der Gewichtsoptimierung sinnvoll. Welchen Einfluss das Gewicht für Fahrzeugkonstruktion hat, zeigt Abbildung 68. Sie beschreibt die Relevanz des Gewichts bzw. der Masse eines Fahrzeugs. Demnach spielt das Gewicht bei allen Widerstandskräften eine entscheidende Rolle, sodass ein Fahrzeug bei 10%-iger Gewichtsreduzierung ca. 9km an Reichweite gewinnen kann (Friedrich, 2017).

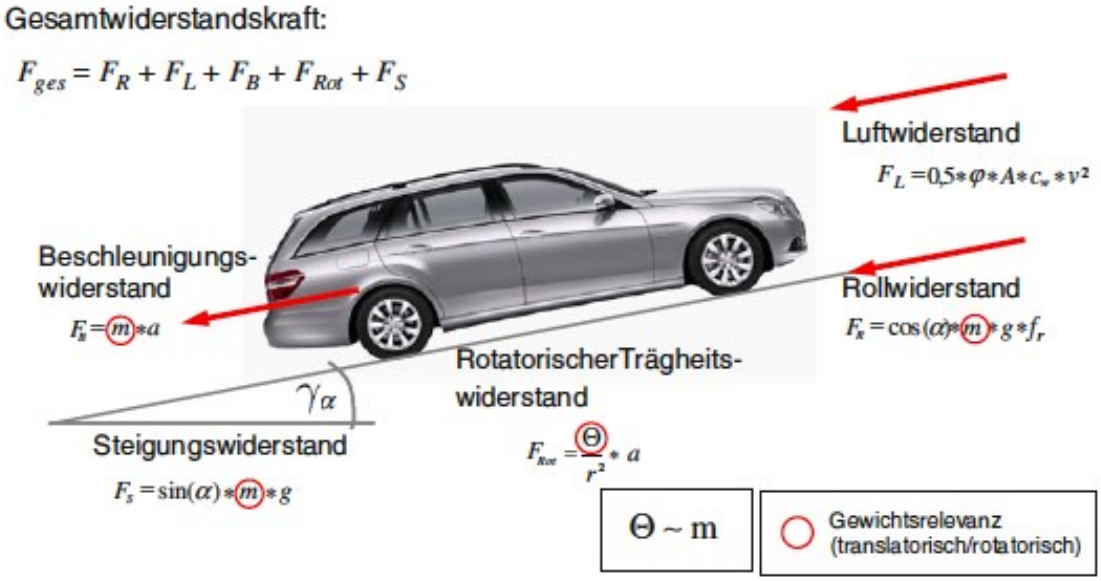

Abbildung 68: „Fahrwiderstände" (Friedrich, 2017, S.79)

3.4 Türschlossintegration

Des Weiteren ist eine Auseinandersetzung mit der Implementierung der Verschlusssysteme der Vorder- und Hintertür in den Seitenrahmen notwendig. Während der Ausarbeitung der vorliegenden Arbeit wurde darauf geachtet, dass ein späterer Einbau dieser Bauteile ohne Probleme möglich sein wird. Die Abbildungen 69 und 70 zeigen die Bereiche, in denen eine Gestaltung der Schlosssysteme mit ähnlichen Maßketten wie beim Audi Q2 oder Ford Focus C Max möglich wäre.

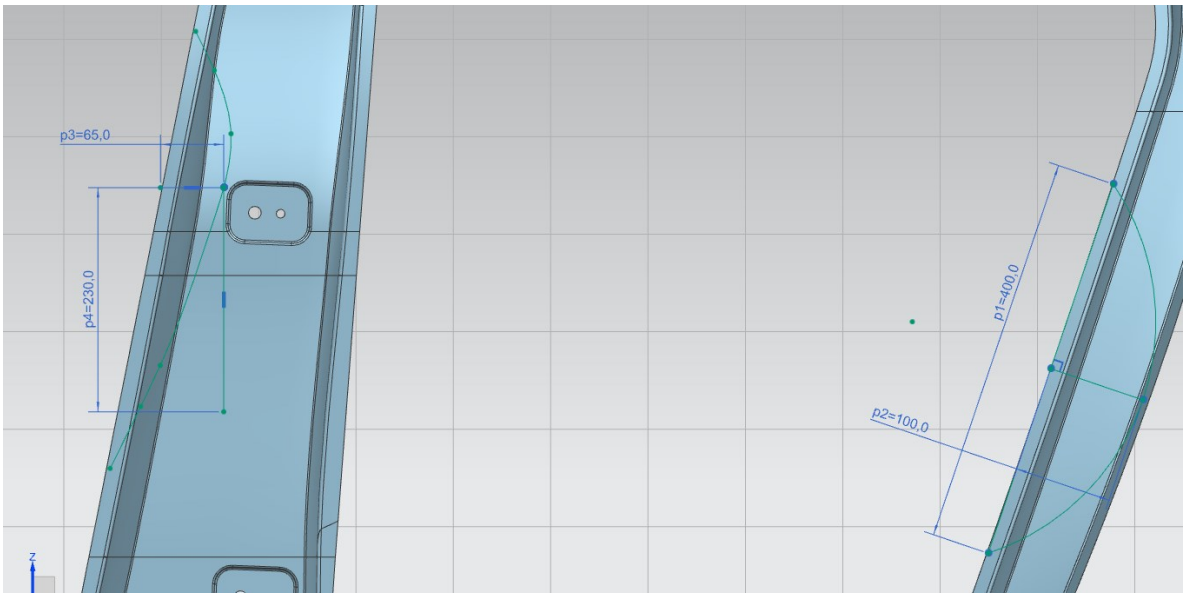

Abbildung 69: Beweis ausreichenden Bauraums für die Schlossintegration in Anlehnung an den Audi Q2 (Quelle: eigene Darstellung)

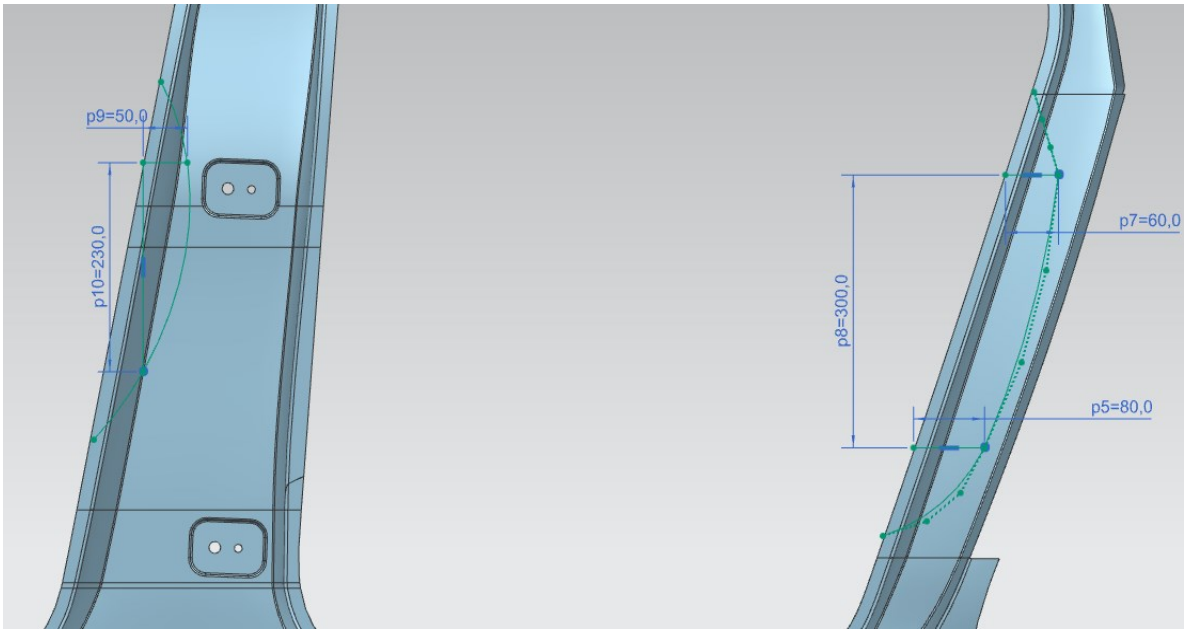

Abbildung 70: Beweis ausreichenden Bauraums für die Schlossintegration in Anlehnung an den Audi Ford Focus C-Max (Quelle: eigene Darstellung)

Für die Integration eines Hintertürschlosses gibt es zwei verschiedene Methoden zu beachten. Die eine hat zur Folge, dass die Ergonomie, genauer, der Einstieg in das Fahrzeug erschwert werden würde, während der Fugenverlauf einen harmonischen Verlauf bietet (vgl. Abbildung 71). Der alternative Ansatz sorgt dafür, dass die Optimierung der Ergonomie Vorrang hat und der Fugenverlauf sich dem Schloss anpasst (vgl. Abbildung 72).

Abbildung 71: Verweis auf einen harmonischen Fugenverlauf (Kempers, o.J.)

Abbildung 72: Verweis auf einen disharmonischen Fugenverlauf (Quelle: eigene Darstellung)

3.5 Neue Türen

Die Anpassung der Scharniere, der B- und der unteren A-Säule hat dafür gesorgt, dass der aktuelle Konstruktionsstand der Vorder- und Hintertür nicht weiter genutzt werden kann. Die Arbeit ergab, dass die Vordertür um ca. 17mm in positive x-Richtung verlängert werden muss und die Hintertür im gleichen Maße gekürzt werden muss. Außerdem führte die Neugestaltung der D-Säule dazu, dass auch dort der Fugenverlauf angepasst werden muss. Die Integrationen der Türschlösser werden ebenfalls die Neugestaltung der Türen beeinflussen. Aus diesem Grund wäre eine zukünftige Bearbeitung dieser beiden Aufgaben sinnvoll.

3.6 Fazit

Der Seitenwandrahmen eines Fahrzeugs ist ein wichtiger Grundbaustein für die Gesamtstruktur und integriert viele wichtige Funktionen, wie z.B. den Einstieg in das Fahrzeug, welcher vor dem Abschluss dieser Arbeit ein Problem beim HCC21 darstellte. Die vorherige Erarbeitung anzugehender Problemstellen hat eine Verfehlung der Ziele vermieden. Für weitere noch ausstehende Problemstellen, wie beispielsweise den Flächenanschluss an der D-Säule oder den Einbau der Türschlösser, wurden bereits Lösungsansätze formuliert und dargestellt. Diese Grundlagen basieren im Wesentlichen auf das im Studium erlangte Wissen über den parametrisch-assoziativen Geometrieaufbau, der eine nachträgliche Änderung der Konstruktion ohne große Zeitintensität ermöglicht und somit ein nachhaltiges Endprodukt liefert. Jedoch ist zu berücksichtigen dass der Flächenaufbau hierbei wesentlich umfangreicher und zeitintensiver als in einer Straksoftware wie z.B. ICEM Surf ist. Weiterhin führte dieser komplexe Aufbau dazu, dass der finale Arbeitsschritt des „Aufdickens“ der Seitenrahmenaußenhaut nicht umsetzbar ist, da einzelne Flächen die Voraussetzungen für diesen Befehl nicht erfüllen. Da Recherchen über Siemens NX keine Alternativen zu dem Befehl „Thicken“ ergaben, könnte ein Export in ein anderes CAD-Programm als Problemlösung fungieren. Abschließend lässt sich sagen, dass die vorliegende Arbeit Lösungen für die in der Aufgabenstellung genannten Problematiken aufzeigen konnte und eine Grundlage für zukünftige Projektarbeiten am HCC21 gelegt wurde.

IV. Literaturverzeichnis

Akkoyun, A. (2020): Grauzone Türbereich. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Aytekin, A.; Wendorff, M. (2021): Beitrag zum Wettbewerb „50 Ideen für die Zukunft“, Thema Mobilität. Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (2021): Verkehrssicherheitsprogramm 2021 bis 2030 [online] https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Verkehrssicherheit/verkehrssicherheitsprogramm-2021-bis-2030.html [Zugriff am: 18.01.2022]

Carwow (o.J.): Jaguar I-Pace technische Daten [online] https://www.carwow.de/jaguar/i-pace/technische-daten#gref [Zugriff am 22.12.2021]

European New Car Assessment Programme (2014): Test Results VW Sportsvan [online] https://cdn.euroncap.com/media/4884/euroncap_vw_golf-sportsvan_2014_5stars.pdf [Zugriff am 23.12.2021]

European New Car Assessment Programme (2018): Test Results Jaguar I Pace [online] https://cdn.euroncap.com/media/67648/euroncap-2018-jaguar-i-pace-datasheet.pdf [Zugriff am 23.12.2021]

Friedhoff, J. (2020): Car Body Design. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Friedrich, Horst E. (2017): Leichtbau in der Fahrzeugtechnik. 2.Auflage, Wiesbaden: Springer Vieweg.

Global Car Manufacturers Information Exchange Group Plan (2014): VW Sportsvan.

Glüsing, P.: Masters of Concepts 2019. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Kempers (o.J.): Seitenwand links hinten VW Golf 7 [online] https://www.kempers.de/seitenwand-links-hinten-vw-golf-vii-5g1-bq1-be1-be2/49743 [Zugriff am 02.02.2022].

Kölsch, A. (2016): Warmgewalzte Erzeugnisse - Lieferzustände und Verarbeitung [online] https://www.die-verbindungs-spezialisten.de/fileadmin/user_upload/LV_BV/BV_Gelsenkirchen/v_2016-3/20160915_-_Grobbleche_nach_EN_10025.pdf [Zugriff am 28.12.2021]

Mobile.de (o.J.): VW Golf 7 Sportsvan Technische Daten. [online] https://www.mobile.de/auto/vw/golf-sportsvan/2014/van/modell/daten-fakten [Zugriff am 22.12.2021]

Obergrießer, M. (2017): Parametrisch-assoziative Modellierungsansätze [online] https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-16782-0_4?noAccess=true [Zugriff am 17.01.2022]

Paulsen, Thomas: Autonomes Fahren (o.J.): Die 5 Stufen zum selbst fahrenden Auto [online] https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/grundlagen/autonomes-fahren-5-stufen/ [Zugriff am 04.02.2022]

Pischinger, S; Seifert, U. (2021): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik. 9. Auflage, Wiesbaden: Springer Vieweg

Rhode, S. (o.J.): Autonomes Fahren [online] https://www.check24.de/kfz-versicherung/autonomes-fahren/ [Zugriff am 02.02.2022]

Schmidt, J. (2022): Gestaltung der Türfuge zwischen Türverkleidung und Instrumententafel im A-Säulen-Bereich für das Hamburg Concept Car 2021. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Soldan, J. (o.J.): Referenz Antrieb. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Tecklenburg, G. (2010): Die parametrisch assoziative Konstruktion im Entwicklungsprozess Karosserie: Einführung und Ziele [online] https://docplayer.org/19878785-Die-parametrisch-assoziative-konstruktion-im-entwicklungsprozess-karosserie-einfuehrung-und-ziele.html [Zugriff am 18.01.2022].

Torc (2018): Early adopters of self-driving cars motivated by time, traffic hassles [online] https://torc.ai/early-adopters-of-self-driving-cars-motivated-by-time-traffic-hassles/ [Zugriff am 12.01.2022]

Tübke, J. (o.J.) Batterien der Zukunft [online] https://www.fraunhofer.de/de/forschung/aktuelles-aus-der-forschung/batterieforschung.html [Zugriff am: 04.02.2022]

V. Anhang

Audi Q2 65mm Referenzmaß

Audi Q2 400mm Referenzmaß

Audi Q2 100mm Referenzmaß

Audi Q2 230mm Referenzmaß

Ford Focus C-Max 230mm Referenzmaß

Ford Focus C-Max 50mm Referenzmaß

Ford Focus C-Max 60mm Referenzmaß

Ford Focus C-Max 80mm Referenzmaß

Ford Focus C-Max 300mm Referenzmaß

VI. Absichtserklärung

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: Loelf

Vorname: Steven Andreas

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

Entwicklung eines Seitenrahmens für das Hamburg Concept Car 21

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 -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Hamburg	23.02.2022	[redacted]
Ort	Datum	Unterschrift im Original