



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Birger Böe

Konstruktion einer B-Säule für einen PKW in Schalenbauweise unter besonderer Berücksichtigung nachträglicher Veränderbarkeit durch Verwendung von Parametern und assoziativer Gestaltung

*Fakultät Technik und Informatik
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau*

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

Birger Böe

**Konstruktion einer B-Säule für einen
PKW in Schalenbauweise unter
besonderer Berücksichtigung
nachträglicher assoziativer
Veränderbarkeit und Parametrik**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Fahrzeugbau / Karosserieentwicklung
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

Erstprüfer/in: Prof. Dipl.-Ing Stefan Bigalke
Zweitprüfer/in : Prof. Dr.-Ing. Olaf Friedrich

Abgabedatum: 08.04.2016

Vorwort

Vor Ihnen liegt die Bachelorarbeit „Konstruktion einer B-Säule für einen PKW in Schalenbauweise unter besonderer Berücksichtigung nachträglicher assoziativer Veränderbarkeit und Parametrik“, Resultat meines Projektes, in dem ich die parametrisch-assoziative Gestaltung einer B-Säule hinsichtlich ihres Bezuges zu den Fahrzeugtüren untersucht habe. Diese Bachelorarbeit ist im Rahmen des Abschlusses meines Studiums Fahrzeugtechnik an der Hochschule für angewandte Wissenschaften in Hamburg entstanden. Im Zeitraum zwischen Januar 2016 und April 2016 habe ich mich dem CAD-Modell der B-Säule sowie dem Verfassen meiner Bachelorarbeit gewidmet.

In Zusammenarbeit mit meinem hochschulinternen Betreuer und Erstprüfer Herrn Prof. Bigalke, habe ich die Forschungsfrage, die meiner Bachelorarbeit zugrunde liegt, ausgearbeitet.

Die Durchführung der Untersuchung war teilweise beschwerlich, doch nach ausführlichen Erhebungen war ich in der Lage meine Forschungsfrage zu beantworten. Glücklicherweise stand mir mein Betreuer, Herr Professor Bigalke helfend zur Seite. Er hat meine Fragen immer geduldig und ausführlich beantwortet.

Ich möchte die Gelegenheit nutzen, um mich bei meinem Betreuer für die Unterstützung und angenehme Begleitung während dieses Forschungsprojekts zu bedanken. Des Weiteren möchte ich allen Personen, die ich im Rahmen meiner Bachelorarbeit interviewt habe, danken. Ohne ihre Kooperation hätte ich mein Forschungsprojekt nicht realisieren können.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Friedrich, der sich freundlicherweise als Zweitprüfer meiner Bachelorarbeit bereit erklärt.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen meiner Bachelorarbeit.

Birger Böe

Hamburg, am 8. April 2010

Zusammenfassung

Birger Böe

Konstruktion einer B-Säule für einen PKW in Schalenbauweise unter besonderer Berücksichtigung nachträglicher assoziativer Veränderbarkeit und Parametrik

Stichworte

B-Säule, Assoziativität , PKW, Schalenbauweise, Konstruktionsmethodik, Parametrik, Karosserie

Kurzzusammenfassung

Die Entwicklung der PKW-Karosserie ist durch ständige Änderungen hinsichtlich des Designs geprägt. Insbesondere die Änderungen an Abdeckungselementen wie den Fahrgasttüren spielen in der Karosserieentwicklung eine bedeutende Rolle. Dabei müssen die Abdeckungs- und ihre entsprechenden Karosserieelemente in ihrer Geometrie einander angepasst werden. Um die Entwicklungszeiten neuer PKW-Modelle möglichst zu verkürzen, werden Karosserieelemente durch die parametrisch-assoziative Gestaltung im CAD-Modell den entsprechenden Abdeckungselementen angepasst.

In dieser Bachelorarbeit wird der Zusammenhang zwischen den Fahrgasttüren und der B-Säule untersucht. Das Ziel besteht in der Entwicklung einer universellen B-Säule. ‚Universell‘ meint hierbei die Konstruktion eines assoziativ gestalteten CAD-Modells, welches sich den parametrisch veränderbaren Türflächen anpasst. Dadurch soll der variierbare Bauraum der B-Säule, hinsichtlich ihrer Sicherheitsfunktion, möglichst optimal ausgenutzt werden und dem Konstrukteur Aufwand bei der jeweiligen Anpassung der Säulenspezifika einsparen.

In der Untersuchung wurde erkannt, dass besonders das Konstruktionsverfahren für die Fugendefinition den Anwender in der Variation der Türkonturen einschränkt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	7
1.1 Theoretische Grundlagen	7
1.1.1 Karosseriespezifische Grundlagen	7
1.1.2 Konstruktionsspezifische Grundlagen in CATIA V5	10
1.2 Einleitung in das Thema	16
2. Lösungsansätze	17
2.1 Lösung 1	19
2.2 Lösung 2	20
2.3 Lösung 3	21
2.4 Qualitative Analyse und Entschluss	22
3. Konstruktion	23
3.1 Entwicklung der Türaußen- und Innenhaut	23
3.2 Positionierung der hinteren Scharnierachse	23
3.3 Konstruktion des Fugenspalt	24
3.3.1 Kurve für die Fugendefinition	25
3.3.2 Definition der Türkanten	27
3.4 Säulenaußenfläche	29
3.5 Nischenflächen	30
3.5.1 Hintere Nischenfläche	30
3.5.2 Vordere Nischenfläche	30
3.6 Die grobe Form der unteren B-Säule	32
3.7 Durchsetzungen	35
3.7.1 Schlossdurchsetzung	35
3.7.2 Scharnierdurchsetzungen	36
3.8 Der Übergang zum Schweller	39
3.8.1 Zargenübergang	41
3.8.2 Nischenübergang	43
3.8.3 Schweißflanschübergang	45
3.9 Entwicklung der Fensterrahmen von Vorder- und Hintertür	47
3.9.1 Profil des Fensterrahmens	47
3.9.2 Fensterrahmen	48
3.9.3 Übergang in den horizontalen Bereich des Fensterrahmens	51
3.9.4 Glasrahmen der Hintertür	52
3.10 Oberer Bereich der B-Säule und Übergang in das Dach	53
3.10.1 Obere Nischenflächen	54
3.10.2 Obere Säuleninnen- und Säulenaußenfläche	54
3.10.3 Übergang in das Dach	56
4. Abschließende Zusammenfassung und Ausblick auf mögliche Ansätze zur Verbesserung	57
5. Literatur- und Quellenverzeichnis	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Fahrzeugsäulen bei einer Limousine	7
Abbildung 2 Fahrzeugsäulen bei einem Kombi	7
Abbildung 3 Prozess des Warmumformens	8
Abbildung 4 Prozess des Außenhochdruckumformens	8
Abbildung 5 Umgeformtes B-Säulen Blech	9
Abbildung 6 Querschnittsskizze der B-Säule/Fahrzeigtüren	9
Abbildung 7 Beispiel einer Offset-Fläche	10
Abbildung 8 Beispiel einer Extrusionsfläche	12
Abbildung 9 Beispiel einer Translationsfläche	12
Abbildung 10 Beispiel einer Extrapolation	13
Abbildung 11 Beispiel einer Trennung	13
Abbildung 12 Beispiel einer Verschneidung	14
Abbildung 13 Beispiel einer Projektion	14
Abbildung 14 Beispiel einer tangentenstetigen Übergangsfläche	15
Abbildung 15 Beispiel einer Spline	15
Abbildung 16 Zunahme der Modellvielfalt und Verkürzung der Entwicklungszeiten	16
Abbildung 17 B-Säulenmodell der HAW Hamburg	18
Abbildung 18 Skizze Lösung 1	19
Abbildung 19 Skizze Lösung 2	20
Abbildung 20 Skizze Lösung 3	21
Abbildung 21 Verschneidung der Türaußenhaut und der um den Öffnungswinkel gedrehten Türaußenhaut	24
Abbildung 22 Entwicklung der unteren Kurve für die Fugendefinition	25
Abbildung 23 Fehlermeldung bei falscher Parameterwahl der Türaußenkontur	26
Abbildung 24 Querschnittsskizze der B-Säule / Fahrzeigtüren / geöffnete Hintertür	27
Abbildung 25 Anwenden der Trigonometrie für die Ermittlung der Türkantenposition	28
Abbildung 27 Erzeugen einer zur Türaußenkontur parallelen Kurve	29
Abbildung 29 Zusammenhang zwischen der hinteren Glaskante und den Türkonturen	31
Abbildung 30 Die unbegrenzten elementaren Flächen der B-Säule	32
Abbildung 31 Die grobe untere Form der B-Säule	33
Abbildung 32 Die grobe untere Form der B-Säule im Zusammenhang mit den Türflächen	33
Abbildung 33 Die grobe untere Form der B-Säule im Zusammenhang mit den Türflächen in der Vorderansicht	34
Abbildung 34 Simulieren der geöffneten Hintertür	34
Abbildung 35 Schlossdurchsetzung und Dichtungsverlauf	35
Abbildung 38 Vershobenes und gespiegeltes Duplikat des Scharniergliedes	37
Abbildung 41 B-Säule mit allen notwendigen Durchsetzungen	38
Abbildung 42 Türdurchsetzungen	38
Abbildung 43 Profil des Schwellers und der unteren Türflächen	39
Abbildung 44 Weiterführung des Fugenspaltes	40
Abbildung 45 Vollständige Türzarge	41
Abbildung 46 innere Begrenzung des Zargenüberganges	42
Abbildung 47 Äußere Begrenzung des Zargenüberganges	42
Abbildung 48 Unteres Türblech ohne untere Türaußenfläche	43
Abbildung 49 Offset - Fläche zum Zargenübergang	43
Abbildung 50 Übergang Schweller - Säulenaußenfläche als vorderes Begrenzungselement des Nischenüberganges	44
Abbildung 51 Schweißflansche als hinteres Begrenzungselement des Nischenüberganges	44
Abbildung 52 S-Schlag am Schweißflanschübergang	45
Abbildung 55 B - Säule zwischen Schweller und Fensterbereich	46

<i>Abbildung 58 Konstruktion der Kontur für die Außenfläche des Fensterrahmens unter Berücksichtigung der Türaußenkontur</i>	<u>49</u>
<i>Abbildung 59 Oberes und unteres Fensterrahmenprofil</i>	<u>50</u>
<i>Abbildung 60 Unbegrenzte Außenhaut des Fensterrahmens</i>	<u>50</u>
<i>Abbildung 61 Zurechtgeschnittene Außenhaut des Fensterrahmens</i>	<u>50</u>
<i>Abbildung 62 Leitkurve für den Übergang in den horizontalen Bereich des Fensterrahmens</i>	<u>51</u>
<i>Abbildung 64 Oberer Fensterrahmen, vervollständigt durch Füllflächen</i>	<u>52</u>
<i>Abbildung 63 Oberer Fensterrahmen ohne Füllflächen</i>	<u>52</u>
<i>Abbildung 67 Ausgangsebene für die Offset - Ebene der oberen Nischenflächen</i>	<u>54</u>
<i>Abbildung 68 Obere Kontur für die Säulenaußenfläche</i>	<u>54</u>

1. Einführung

1.1 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden sowohl karosserie- als auch konstruktionsspezifische Grundlagen näher erläutert, sodass ein gewisses Grundverständnis entwickelt werden kann. Dies dient der Kenntnis wichtiger Auslegungsaspekte des Karosserieelementes ‚B-Säule‘ und dessen parametrisch-assoziativer Konstruktion mit dem CAD Programm CATIA V5.

1.1.1 Karosseriespezifische Grundlagen

Die B-Säule ist eine der tragenden Fahrzeugsäulen eines PKW. Die Fahrzeugsäulen verbinden den Dachbereich (Dach und innere Seitenteile) mit dem Karosserieunterbau (Schweller und Boden). Sie werden vom vorderen bis zum hinteren Fahrzeugbereich mit fortlaufenden Buchstaben benannt.

Damit ist die B-Säule das direkte Verbindungselement zwischen dem Boden und dem Dach in der Mitte der Fahrgastzelle eines PKW. Sie dient hier der Gewährleistung statischer Torsionssteifigkeit.

Im Falle eines Überschlagens kommt der B-Säule eine lebenserhaltende Funktion hinsichtlich der Insassen zu, indem die Fahrgastzelle gegen vertikale Verformungen stabilisiert wird. Eine weitaus wichtigere Funktion der B-Säule besteht darin, im Falle eines seitlichen Crashes Kräfte aufzunehmen, um lebensgefährliche Verletzungsrisiken zu minimieren.

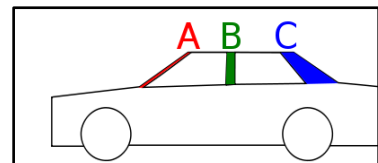


Abbildung 1 Fahrzeugsäulen bei einer Limousine

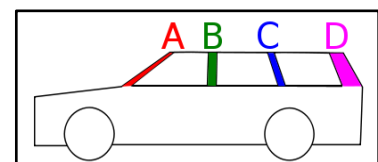


Abbildung 2 Fahrzeugsäulen bei einem Kombi

Die hierfür notwendigen Eigenschaften werden maßgeblich durch das Herstellungsverfahren beeinflusst. Die aus metallischem Blech gefertigte B-Säule wird durch Verfahren wie etwa das Warm- oder dem Außenhochdruckumformen in die notwendige Gestalt gepresst. Zudem erhält das umgeformte Blech durch dieses Verfahren die notwendige strukturelle Festigkeit.

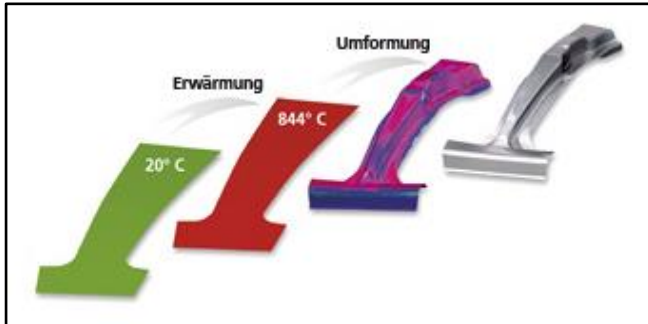


Abbildung 3 Prozess des Warmumformens

Beim Warmumformen wird das Blech oberhalb der Rekristallisationstemperatur in weichem Zustand umgeformt und sodann abgeschreckt, um eine hohe Festigkeit zu erreichen.

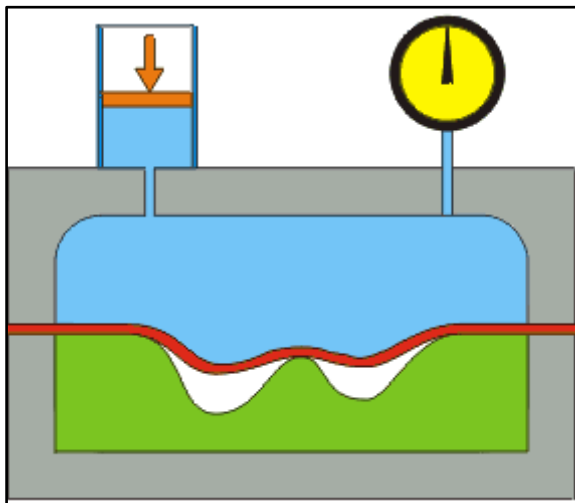


Abbildung 4 Prozess des Außenhochdruckumformens

Das Außenhochdruckumformen (AHU) umfasst das Umformen metallischer Bleche in einem geschlossenen Formwerkzeug. Hierbei resultiert die Umformung aus einer enormen Erhöhung des Innendrucks, indem bspw. eine Wasser-Öl-Emulsion in den Hohlraum des Formwerkzeugs eingebracht wird.

Im Umformprozess bilden sich die drei elementaren Flächen der B-Säule (s. Abb. 5).

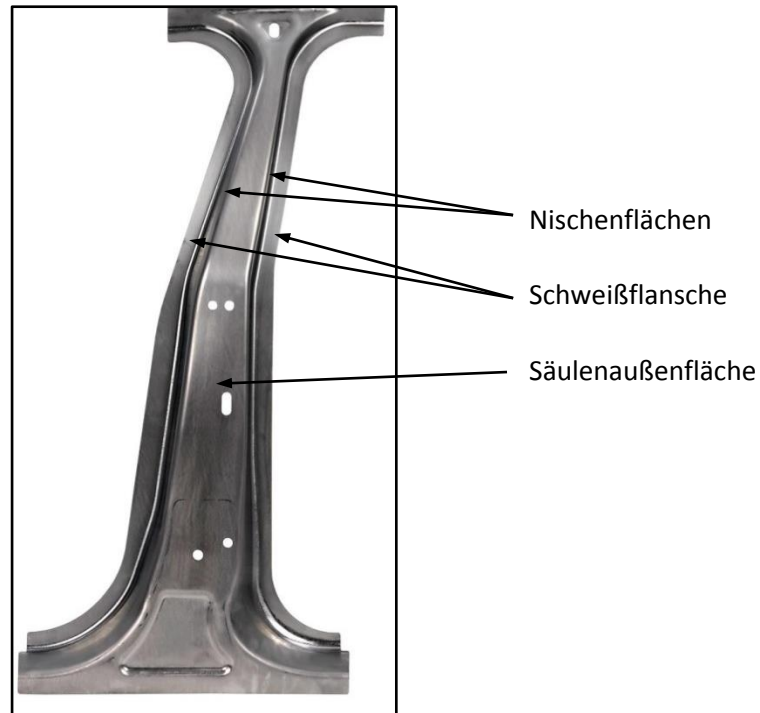


Abbildung 5 Umgeformtes B-Säulen Blech

Eine Querschnittsskizze soll den Bezug dieser Elementarflächen zu den relevanten Flächen der Vorder- und Hintertür verdeutlichen (s. Abb. 6).

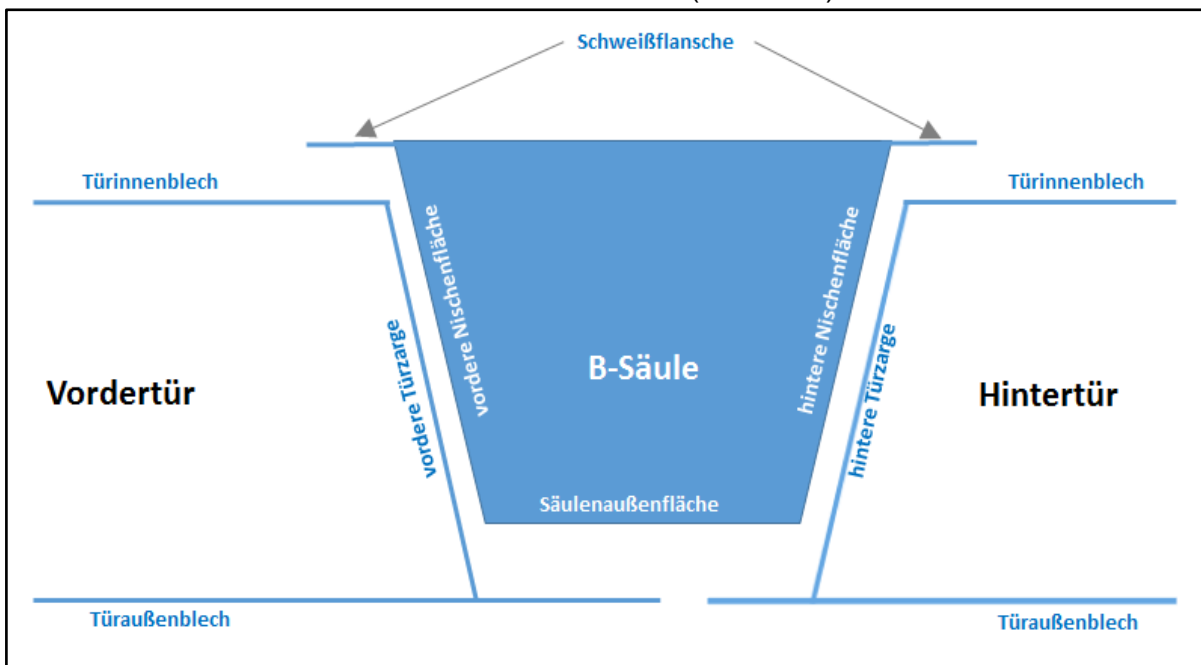


Abbildung 6 Querschnittsskizze der B-Säule/Fahrzeigtüren

Abbildung 6 zeigt, dass unter Berücksichtigung der nachträglichen Veränderbarkeit die Türflächen für die Entwicklung einer B-Säule als Referenz notwendig sind. Aufgrund dessen kann die CAD Konstruktion parametrisch und assoziativ gestaltet werden.

1.1.2 Konstruktionsspezifische Grundlagen in CATIA V5

Dieses Kapitel soll einem besseren Verständnis der Konstruktionsmethodik wie auch der CATIA-spezifischen Konstruktionsbefehle dienen.

1.1.2.1 Konstruktionsmethodik

Die Konstruktion der B-Säule in dieser Bachelorarbeit unterliegt den Methoden der parametrisch-assoziativen Gestaltung. Deren Bedeutung soll im vorliegenden Abschnitt näher erläutert werden.

Der Parametrik-Begriff meint das Beeinflussen der Form von Objekten über geometrische Parameter. Das Vorhandensein dieser Parameter ermöglicht dem Anwender ein nachträgliches Editieren mittels Manipulation der Parameter. Als typische Beispiele solcher Parametrisierungen sind Durchmesser, Verrundungsradien oder auch Kantenlängen anzusehen.

Der Begriff der Assoziativität umfasst das Erzeugen von Zusammenhängen zwischen unterschiedlichen Objekten eines Modells. In diesem Fall ist dies der Zusammenhang zwischen den Fahrzeugtüren und der B-Säule. Ein einfaches Beispiel hierfür ist die Offsetfläche (s. Abb. 7): Die obere grüne und mittlere lilafarbene Fläche in der Abbildung sind Offset-Flächen der unteren grünen Fläche.

Dies macht die untere grüne Fläche zum Ausgangsobjekt. Zwischen diesen und den Offset-Flächen besteht eine sog. Eltern-Kind-Beziehung. Wird das Ausgangsobjekt durch eine andere Fläche ersetzt, löst dies eine Neuberechnung der Offsetflächen aus.

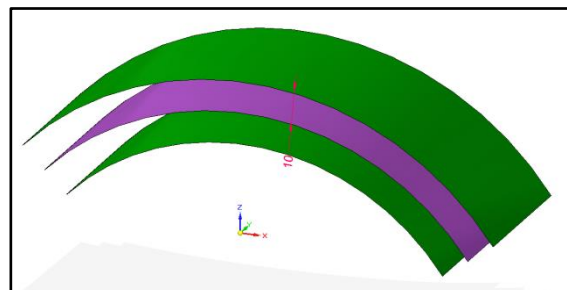


Abbildung 7 Beispiel einer Offset-Fläche

Die Verknüpfung dieser beiden Begriffe wird in der Methodik einer parametrisch-assoziativen Konstruktion berücksichtigt. Diese Konstruktionsmethode gewährleistet eine einfache, aber schnelle Varianten- und Anpassungskonstruktion. Durch das Ändern mindestens eines der konstruktionsbestimmenden Parameter wird eine Neuberechnung ausgelöst (Konstruktionsupdate). Unter CATIA-Fachleuten wird dies auch als ‚Relational Design‘ bezeichnet. Beim Anwenden dieser Methode sind in jedem Fall Fragen bezüglich der Anhängigkeiten zwischen den zu betrachtenden Bauteilen und den voraussichtlichen Änderungen nach einem Konstruktionsupdate zu klären. Das wesentliche Ziel des parametrisch-assoziativen Konstruierens besteht darin, eine höhere Effizienz und Produktivität zu erreichen und somit Entwicklungszeiten zu verkürzen.

Bezogen auf das Konstruktionsmodell der B-Säule bedeutet dies, dass die nachfolgenden Fragen geklärt werden müssen:

1. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen B-Säule und Vorder- bzw. Hintertür?
2. Welche Objekte müssen parametrisch ausgelegt werden?
3. Welche Abmessungen sind zu parametrisieren, sodass die Türflächen als austauschbar betrachtet werden können?
4. Inwiefern ergibt sich dadurch eine sinnvolle Positionierung der Scharnierachse und des Türspalts?

1.1.2.2 Konstruktionsbefehle in CATIA V5

In dieser Konstruktion werden zahlreiche unterschiedliche Konstruktionsbefehle verwendet, welche unter anderem der Erzeugung von Flächen und Schnittelementen sowie einer Verlängerung von Elementen dienen, um hierauf eine weiterführende Geometrie aufsetzen zu können. Deshalb sollen die wichtigsten Befehle vorab definiert werden, um ein Verständnis des CATIA-Arbeitsablaufs zu ermöglichen.

Extrusionsfläche: Dieser Flächentyp entsteht, indem ein Profil entlang einer Richtung (gerade Kurve) gezogen wird. Dabei liegt die Richtung der Extrusionsfläche normal zur Profilebene. Indem das Profil entlang der vorgegebenen Richtung gleichsam unendlich oft in infinitesimal kleinen Abständen aneinandergereiht wird, entsteht aus einem zweidimensionalen Profil eine dreidimensionale Fläche.

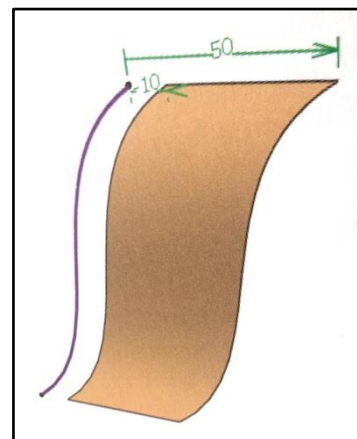


Abbildung 8 Beispiel einer Extrusionsfläche

Translationsfläche: Der Verlauf und die Form einer Translationsfläche werden im Gegensatz zur Extrusionsfläche durch zwei Kurven, eine Leit- und eine Führungskurve, bestimmt. Diese müssen nicht zwingend gerade Kurven sein. Das typische Merkmal einer solchen Fläche ist das Verschieben eines Profils in Ebenen, welche sämtlich senkrecht zur Leitkurve der Translationsfläche stehen.

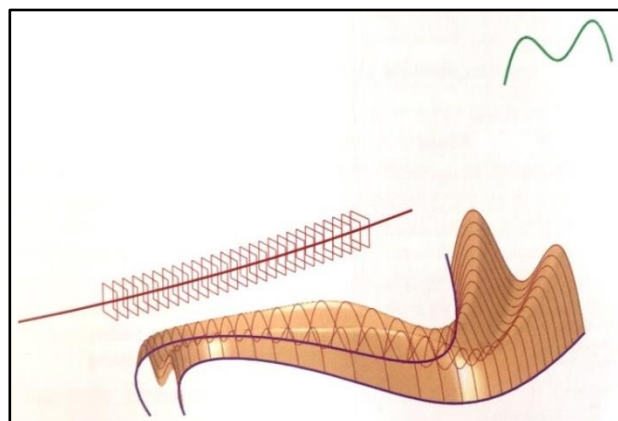


Abbildung 9 Beispiel einer Translationsfläche

Die Führungskurve beeinflusst den seitlichen Verlauf der Translationsfläche, sodass das Profil innerhalb der einzelnen senkrechten Ebenen variieren kann.

Extrapolation: Die Extrapolation umfasst die Verlängerung eines Elementes. Dabei kann das Element eine Kurve, eine Fläche oder auch ein Volumenkörper sein. Dieser Konstruktionsbefehl basiert auf dem Verwenden sogenannter B-Reps, die darauf basieren, dass der zu verlängernde Elementrand bzw. die Begrenzung selektiert werden. Bei einer Kurve ist dies ein Endpunkt, bei einer Fläche eine Kante und bei einem Volumenkörper eine Fläche. Anschließend wird das zu verlängernde Element selektiert. Nun kann man ein zu verlängerndes Maß eingeben oder auch den Befehl „up to element“ wählen, der das Element bis zu einem Begrenzungselement extrudiert (z. B. bis zu einer Ebene)

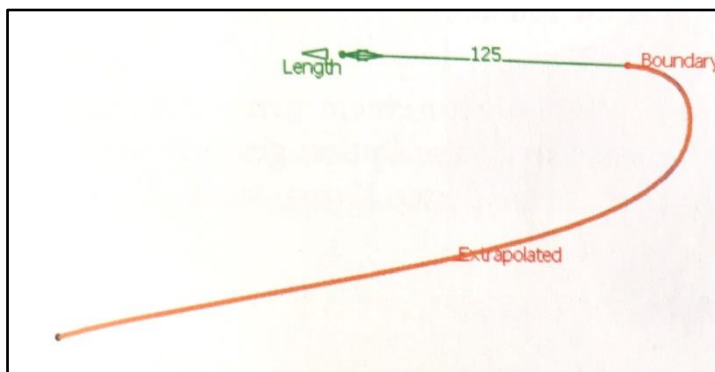


Abbildung 10 Beispiel einer Extrapolation

Trennen von Elementen: Bei dieser Funktion werden zwei Elementtypen benötigt: Ein Element, welches beschnitten werden soll und eines, welches das Schnittlelement darstellt (z. B. Papier und Schere). Dabei werden eines oder mehrere zu trennende Elemente durch eines oder auch mehrere trennende Elemente beschnitten. Der Anwender kann entscheiden, ob das zu trennende Element in zwei oder mehrere Teile geschnitten wird bzw. oder ob nur ein für ihn relevantes Teil behalten werden soll.



Abbildung 11 Beispiel einer Trennung

Verschneidungen: Eine Verschneidung zwischen zwei oder mehreren Elementen ähnelt dem Trennen. Jedoch wird durch diesen Befehl lediglich ein Element gebildet, in welchem die zwei oder mehr zu verschneidenden Elemente in Kontakt stehen. Die Verschneidung zwischen zwei Flächen bildet somit eine Kurve; zwischen einer Fläche und einer Kurve ist die Verschneidung ein Punkt usw.

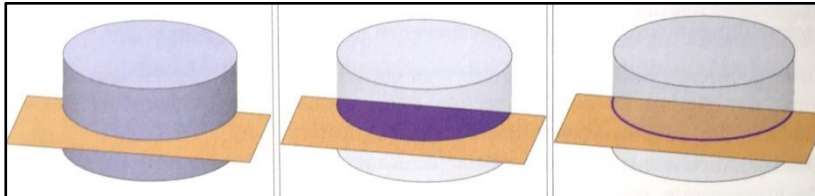


Abbildung 12 Beispiel einer Verschneidung

Projektion: Bei einer Projektion werden Punkte oder auch Kurven auf einen ebenen- oder flächenförmigen Support projiziert. Durch die Projektion dieser Elemente entstehen auf dem Support wiederum Elemente desselben Typs. Der Vorgang kann zum ausgewählten Support normal oder auch entlang einer vorgegeben Richtung erfolgen.

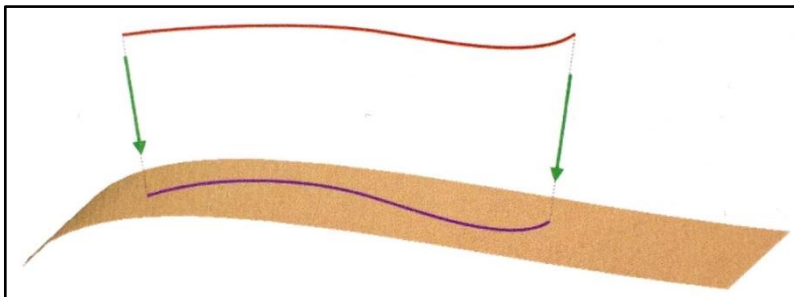


Abbildung 13 Beispiel einer Projektion

Übergangsflächen: Dieser Flächentyp ist eine Fläche zwischen zwei Kurven bzw. Profilen. Dabei werden in dieser Konstruktion hauptsächlich tangentialstetige Übergänge benutzt. Exemplarisch soll hier die Übergangsfläche zwischen zwei Halbkreisen unterschiedlichen Durchmessers betrachtet werden. Die Halbkreise wurden vorab normalorientiert zu dessen Profilebene extrudiert. Die Übergangsfläche ist damit gleichsam eine tangentialstetige Verbindungsfläche zwischen den Extrusionsflächen.



Abbildung 14 Beispiel einer tangentialstetigen Übergangsfläche

Spline: Eine Spline ist ein Kurvenzug, der eine beliebige Anzahl von Punkten beliebiger Lage durchläuft. Dabei kann jedem dieser Punkte eine Tangente zugewiesen werden, an welcher der Kurvenzug tangential verläuft. Der Verlauf der Spline ist in sich krümmungsstetig

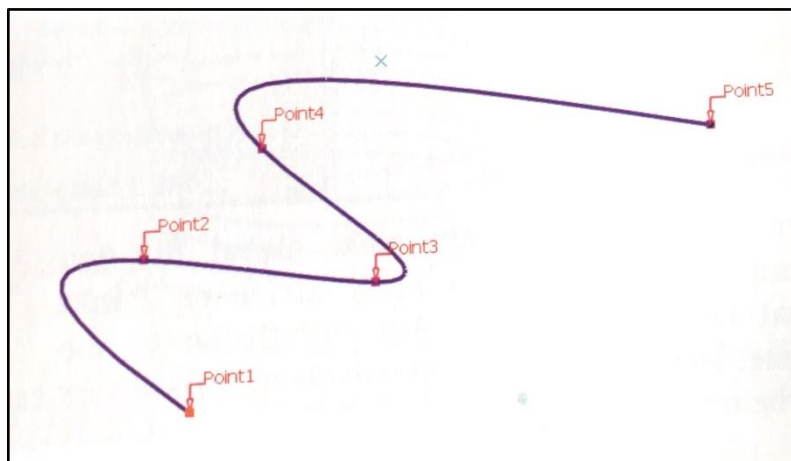


Abbildung 15 Beispiel einer Spline

1.2 Einleitung in das Thema

Aus der stark zunehmenden Modellvielfalt der Automobilindustrie resultiert eine Verkürzung der Entwicklungszeiten, da die Methoden und Prozesse der Karosseriekonstruktion nicht weiter im Zentrum des Interesses von Produktentwicklern stehen (vgl. Gerhard Tecklenburg 2010).

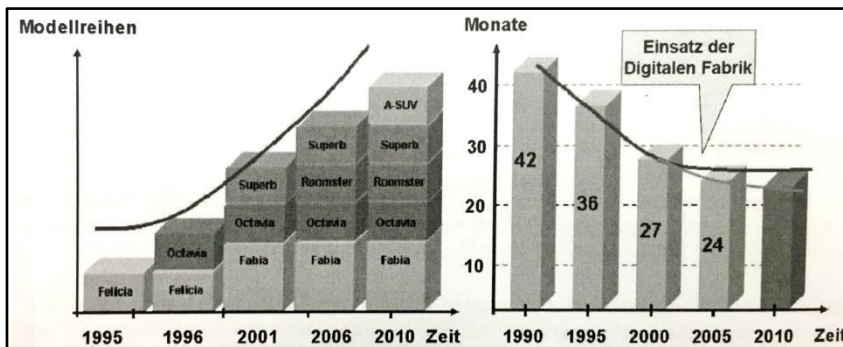


Abbildung 16 Zunahme der Modellvielfalt und Verkürzung der Entwicklungszeiten

Die Methoden der parametrisch-assoziativen Konstruktion gewährleisten dabei durch eine höhere Produktivität das Einhalten verkürzter Entwicklungszeiten. Diese Methode soll anhand des Beispiels B-Säule veranschaulicht werden.

Die B-Säule ist, wie dargelegt, ist ein PKW-Karosserieelement, welches sowohl der statischen Torsionssteifigkeit als auch der Energieabsorption bei einem Crash und somit dem Insassenschutz dient. Besonders zur Gewährleistung der letztgenannten Funktion muss der zur Verfügung stehende Bauraum mit größtmöglichem Volumen ausgenutzt werden. Die Hauptaufgabe des parametrisch-assoziativ gestalteten B-Säulen Modells besteht darin, Abhängigkeiten zu den Fahrzeugtüren im Hinblick auf die Anforderungen des Designs und der definierten Sicherheitsfunktion festzulegen und zu optimieren.

2. Lösungsansätze

In dieser Konstruktion werden ausschließlich die äußeren und inneren Türflächen als durch Parametereingabe veränderbar betrachtet. Aus deren Form soll eine sinnvolle Position der Zargenflächen, des Türspaltes und der Scharnierachse resultieren. Diese sind nicht einzeln veränderbar. Zunächst werden die Flächen der Türen nur zweidimensional im Querschnitt betrachtet und als infinitesimal dünne Kurven idealisiert. Diese Kurven geben die Kontur bzw. das Krümmungsverhalten der jeweiligen Fläche wieder.

Dabei stellt sich die Frage, wie die Türkonturen ausreichend variabel gestaltet werden können, sodass die Türflächen als austauschbar gelten können?

Zur Beantwortung dieser Frage müssen die Konturen durch kompatible mathematische Gleichungen beschrieben werden.

Nach näherer Betrachtung des B-Säulen Modells an der HAW Hamburg wird deutlich, dass sich die Türkonturen in ihrer Krümmung ähnlich den Polynomkurven verhalten. Aufgrund dessen werden die Türkonturen im folgenden Kapitel durch Polynome beschrieben. Bei der Frage nach der Variationsgestaltung der Türflächen ist zu klären, inwiefern sich die Polynomkurven parametrisch verändern lassen und welche Ordnung das Polynom haben soll.

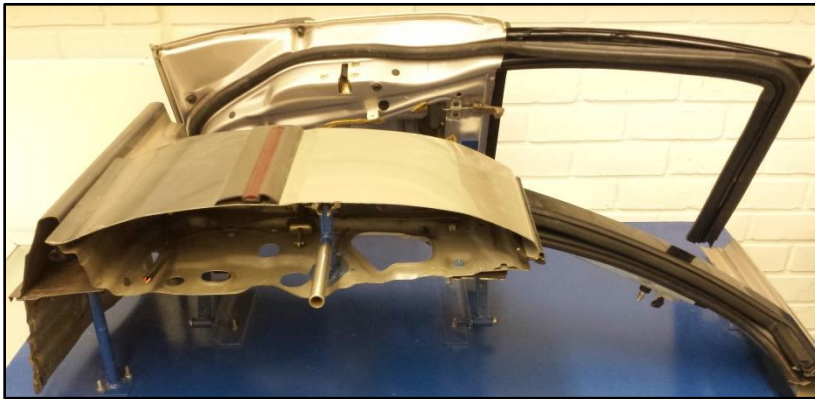


Abbildung 17 B-Säulenmodell der HAW Hamburg

In den Kapiteln 2.1– 2.3 werden drei mögliche Lösungsansätze vorgestellt, welche die Austauschbarkeit der Türflächen auf unterschiedliche Arten berücksichtigen. In Abschnitt 2.4 werden die Lösungsansätze auf ihre Qualität hin untersucht, um letztlich einer der drei Varianten den begründeten Vorzug zu geben.

2.1 Lösung 1

Die Kontur für die Außen- und Innenfläche der Türen bildet jeweils eine Spline, welche durch sechs Punkte verläuft. Nur die maximale Breite und Höhe der Tür wird durch manuell veränderbare Parameter beschrieben. Daraufhin wird denjenigen Punkten, welche sich auf der gleichen Y-Höhe befinden, per Formeldefinition ein horizontaler Abstand zugewiesen. Die entsprechende Formel beinhaltet die maximale Türbreite, multipliziert mit einem speziell diesem Abstand zugehörigen Faktor. Dieser wiederum wurde so gewählt, dass das Verhältnis aller horizontalen Abstände der Punkte stets konstant bleibt. Analog wird mit den vertikalen Punkt-Abständen verfahren (siehe Beispiel von Punkt 3). Wird die maximale Türbreite bzw. -höhe verändert, so verändern sich automatisch auch alle anderen Positionen der Punkte, weshalb das Verhältnis der Ausgangsposition stets erhalten bleibt. In diesem Sinne werden die Konturen lediglich horizontal und vertikal gestreckt bzw. gestaucht

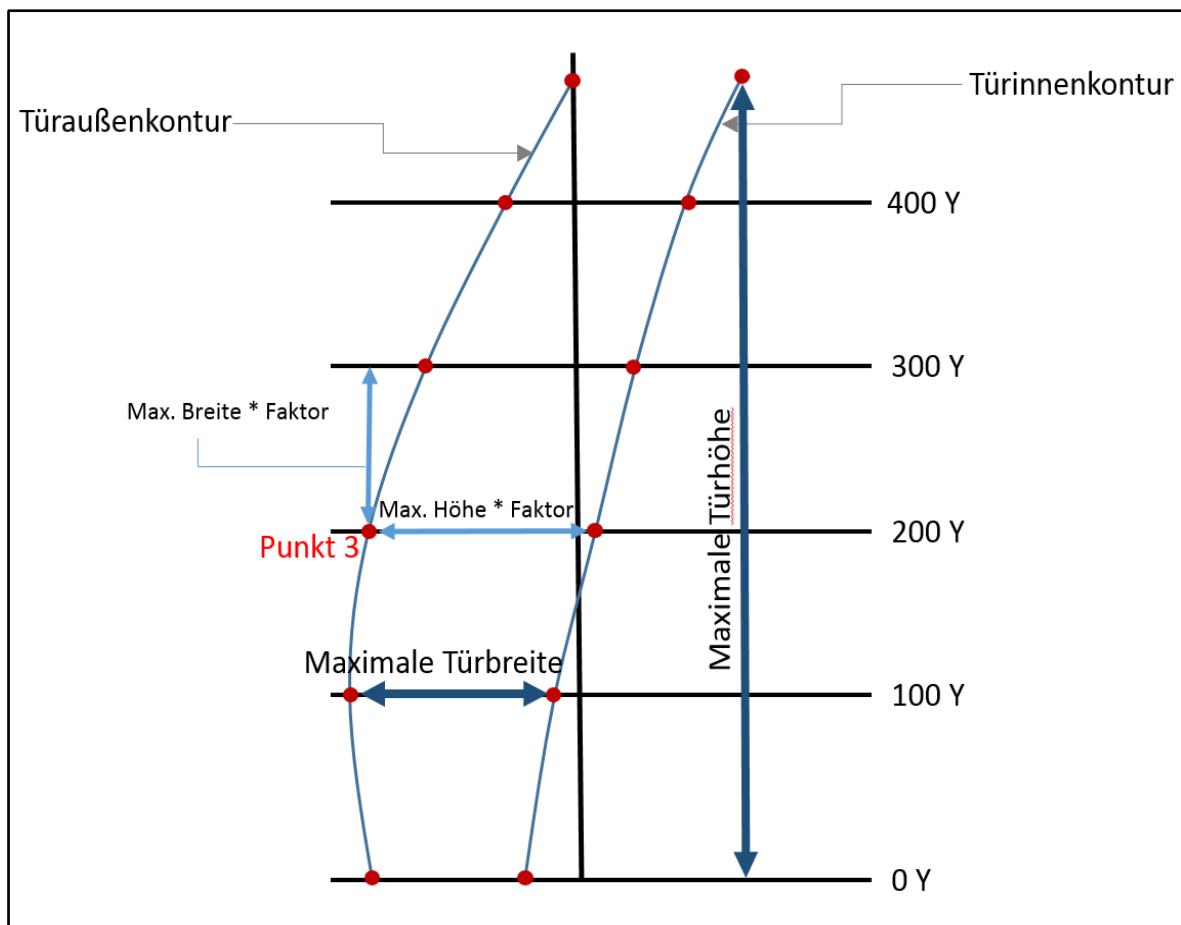


Abbildung 18 Skizze Lösung 1

2.2 Lösung 2

Die Konturen für die Außen- und Innenflächen der Türen werden von jeweils einem Polynom zweiter Ordnung (quadratische Funktion) beschrieben. Für die eindeutige Definition einer quadratischen Funktion werden drei auf der Kurve liegende Punkte benötigt. Hier werden die beiden Achsenabschnitte und der Punkt gewählt, an dessen Position die Tangente zur Kurve zur Z-Achse parallel verläuft. Die Positionen dieser drei Punkte können gemäß Abbildung 19 eingeschränkt per Parametersteuerung variiert werden, sodass sich auf diese Weise die Türkonturen verändern.

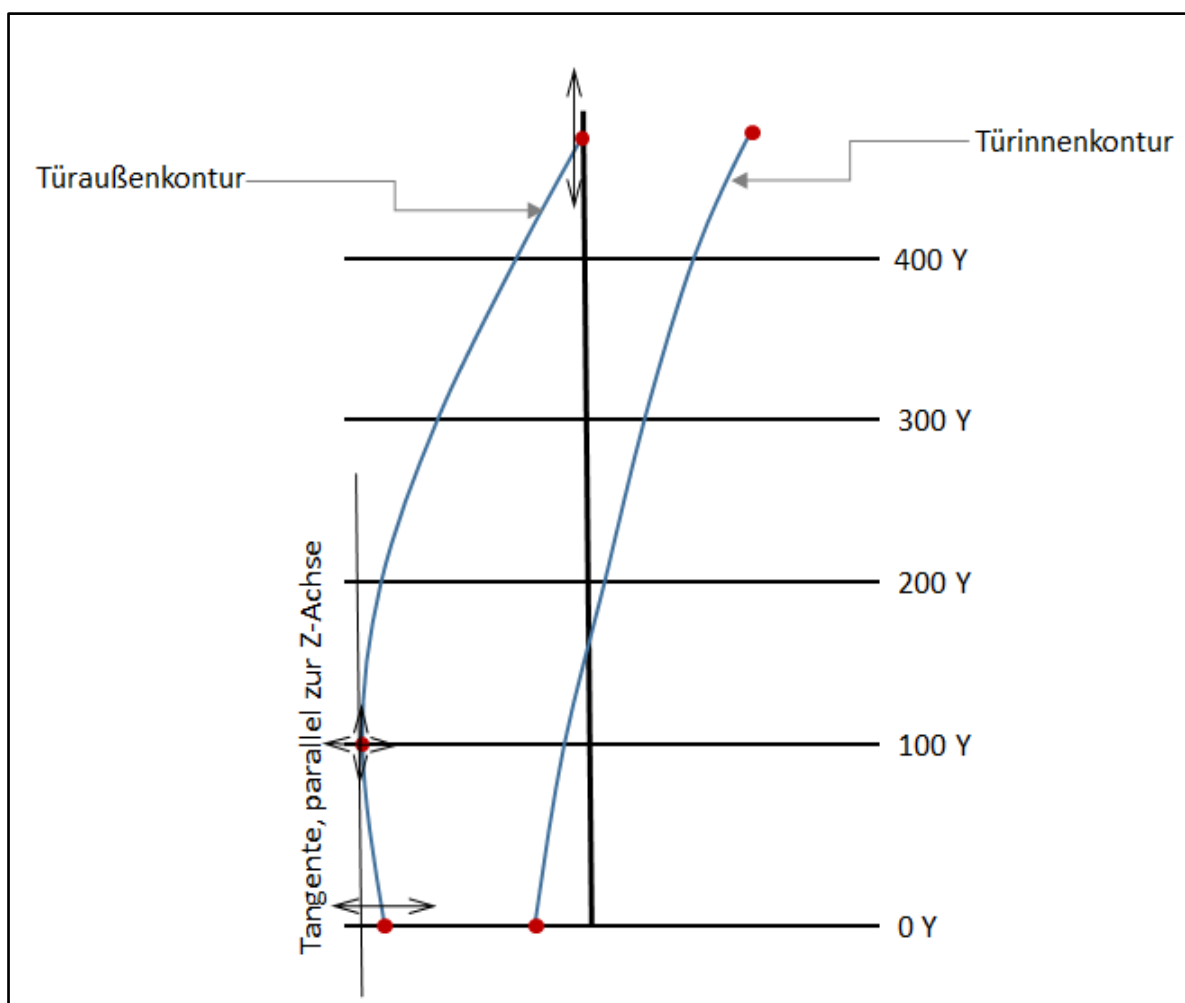


Abbildung 19 Skizze Lösung 2

2.3 Lösung 3

Vergleichbar der Lösung 1 werden hier abermals sechs Punkte durch eine Spline miteinander verbunden. Im Gegensatz zur ersten Lösung können dabei jedoch alle 12 Punkte völlig unabhängig voneinander sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung per Parametereingabe verschoben werden.

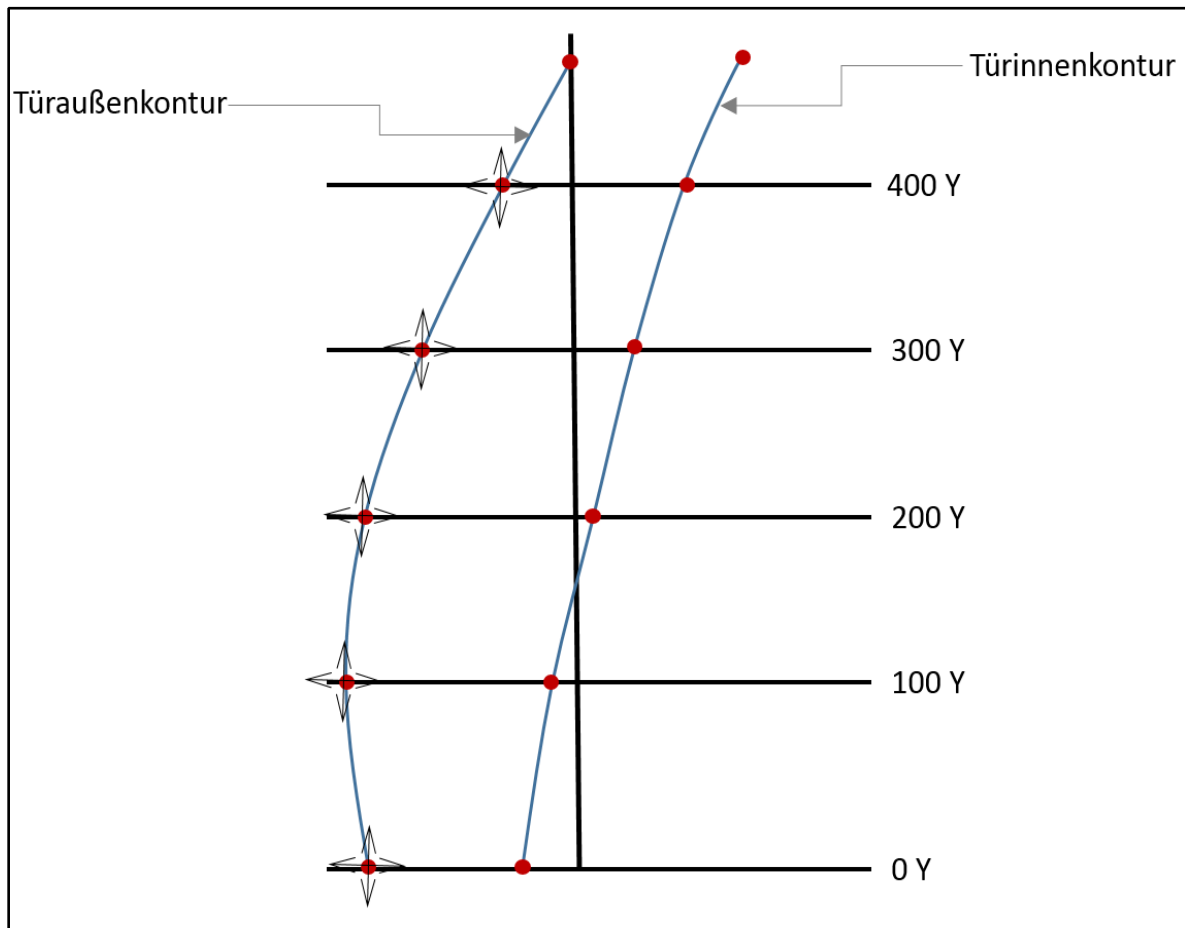


Abbildung 20 Skizze Lösung 3

2.4 Qualitative Analyse und Entschluss

Sowohl Lösung 1 als auch Lösung 2 bieten beträchtliche Anwenderfreundlichkeit, denn die Konturen können mit relativ wenigen Parametern verändert werden. Zudem sind die Entwicklungen der Konturen und die darauf aufbauende Gesamtkonstruktion sicher, sodass es beim Update nach einer Veränderung der Parameter nicht zu einer Fehlermeldung kommt.

Gleichwohl fällt nach genauerer Untersuchung die Entscheidung zugunsten von Lösung 3, da nur sie die Vorgabe der uneingeschränkten Variation der Türflächen erfüllt. Dennoch muss der Konstrukteur bei dieser Variante äußerst vorsichtig beim Positionieren der Punkte agieren: Wird die Türaußenkontur so ausgelegt, dass die Tangente der Kurve an zwei Punkten parallel zur z-Achse verläuft, kommt es bei einem Konstruktionsupdate zur Fehlermeldung (s. Kap. 3.3.1).

Anhand der gewählten Kontur kann nunmehr die gesamte unbegrenzte Türaußen- und Innenhaut konstruiert werden, welche rechnerisch in den Bereich der Vorder- und der Hintertür zerfällt.

3. Konstruktion

In diesem Kapitel werden die konstruktionsrelevanten Vorgehensweisen zur Entwicklung der beiden Türen, der B-Säule, des Schwellers und des Daches erläutert. Um den Konstruktionsverlauf zu verstehen, wird die Kenntnis der in Kapitel 1.1.2.2 erläuterten Begriffe vorausgesetzt.

3.1 Entwicklung der Türaußen- und Innenhaut

Indem die Türkonturen als Profil betrachtet werden, lassen sich aus ihnen Extrusionsflächen in x-Richtung erzeugen. Dabei wird das Profil in beide Richtungen bzw. nach vorne und nach hinten extrudiert, um hiermit beide Bereiche abzudecken (Vordertür und Hintertür).

Mittels der hinteren Scharnierachse wird die unbegrenzte Türaußenhaut in den Bereich der Vordertür und der Hintertür gegliedert.

3.2 Positionierung der hinteren Scharnierachse

Die hintere Scharnierachse bildet zugleich die Rotationsachse der Hintertür. Für gewöhnlich wird diese in einem geringen Winkel (ca. 1° – 2°) nach außen und nach vorn geneigt, wodurch das Öffnen der Tür erleichtert wird. In dieser Konstruktion ist die hintere Scharnierachse jedoch parallel zur z-Achse ausgelegt.

Die Position der hinteren Scharnierachse bzw. ihr y-Abstand zur Türaußenfläche ist sehr wichtig, da sich aus dieser Position eine sinnvolle Lage der Scharniere ergeben muss. Türen werden für gewöhnlich über zwei Scharniere an der zugehörigen Nischenfläche befestigt. Dabei ist der vertikale Abstand zwischen beiden Scharnieren von Bedeutung; er sollte stets ausreichend bemessen sein. Deshalb darf die Scharnierachse nicht zu dicht an der Türaußenkontur liegen.

Aufgrund der starken Krümmung im oberen Bereich der Tür verringert sich der Abstand zwischen beiden Scharnieren mit abnehmendem Abstand der Scharnierachse zur Türaußenkontur, denn je näher die Scharnierachse an der Türaußenfläche liegt, desto kürzer ist ihre Länge innerhalb der Tür. Folglich muss sich die y-Position der Scharnierachse relativ zur Außenfläche der Tür verändern. Um dies zu realisieren, wird die y-Position der Scharnierachse per Formeleditor den Parametern der Türaußenkontur zugewiesen.

Die Scharnierachse dient in diesem Beispiel zugleich der Entwicklung der vorderen Türzarge der Hintertür. Es ist in der Tat nicht unüblich, die Scharnierachse als Element der Zarge zu gestalten. Dies bedeutet letztlich, dass die Scharnierachse vollständig auf der Zargenfläche liegt, weshalb sie nunmehr als Profil für eine Extrusionsfläche gewählt werden kann, aus welcher die unbegrenzte vordere Zargenfläche der Hintertür hervorgeht. Diese wird für die korrekte Positionierung des Fugenspaltes benötigt.

3.3 Konstruktion des Fugenspaltes

Der Fugenspalt ist der konstante Abstand zwischen der hinteren Kante der Vordertür und der vorderen Kante der Hintertür. In dieser Konstruktion ist er auf 8 mm festgelegt. Bei der Entwicklung des Fugenspaltes ist nicht nur der Abstand zwischen den beiden Türkanten zu berücksichtigen, sondern auch der Abstand zwischen der hinteren Kante der Vordertür und der Außenfläche der geöffneten Hintertür. Es muss verhindert werden, dass die Hintertür im maximalen Öffnungswinkel mit der Hinterkante der Vordertür kollidiert.

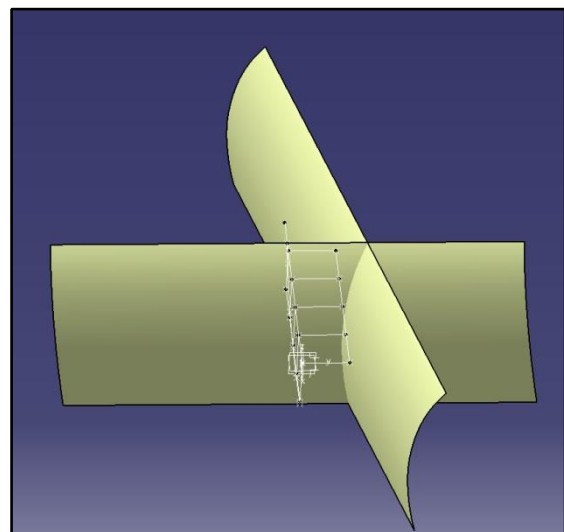


Abbildung 21 Verschneidung der Türaußenhaut und der um den Öffnungswinkel gedrehten Türaußenhaut

3.3.1 Kurve für die Fugendefinition

Der Fugenspalt wird anhand der Kurve für die Fugendefinition konstruiert, welche auf der Türaußenhaut liegt. Indem von dieser Kurve parallele Abbilder erzeugt werden, die gleichfalls auf der Türaußenhaut liegen, ergeben sich die relevanten Kanten der jeweiligen Tür. Der Abstand zwischen beiden parallelen Abbildern stellt den Fugenspalt dar. Um vorerst die Kurve für die Fugendefinition entwickeln zu können, ist jedoch zu erwähnen, dass sich diese aus einer Verbindung zweier unterschiedlicher Kurven ergibt, da auch die Türaußenkontur zwei verschiedene Bereiche hat. Betrachtet man dahingehend die Abbildungen 18, 19 und 20, zeigt sich, dass die Steigung der Kontur ab einem bestimmten Punkt (SP1) einen Vorzeichenwechsel durchläuft. Somit ergeben sich zwei Bereiche mit unterschiedlichen Vorzeichen. Das Differenzieren der Steigung ist notwendig, um den Fugenspalt über beide Bereiche durchgehend konstant zu halten. Die obere Kurve (oberhalb von P1) für die Fugendefinition wird durch die Schnittkurve der Außenhaut und der um den Öffnungswinkel gedrehten Außenhaut gebildet. Für die Entwicklung der unteren Kurve bzw. zur Fugendefinition wird die vordere Zargenfläche der Hintertür benötigt. Eine durch SP1 und parallel zur vorderen Zargenfläche der Hintertür verlaufende Ebene schneidet ebenfalls die Türaußenhaut. Der Bereich dieser Schnittkurve unterhalb von SP1 bildet die untere Kurve für die Fugendefinition. Anhand dieses Vorgehens wird die Abmessung des Fugenspaltes konstant gehalten.

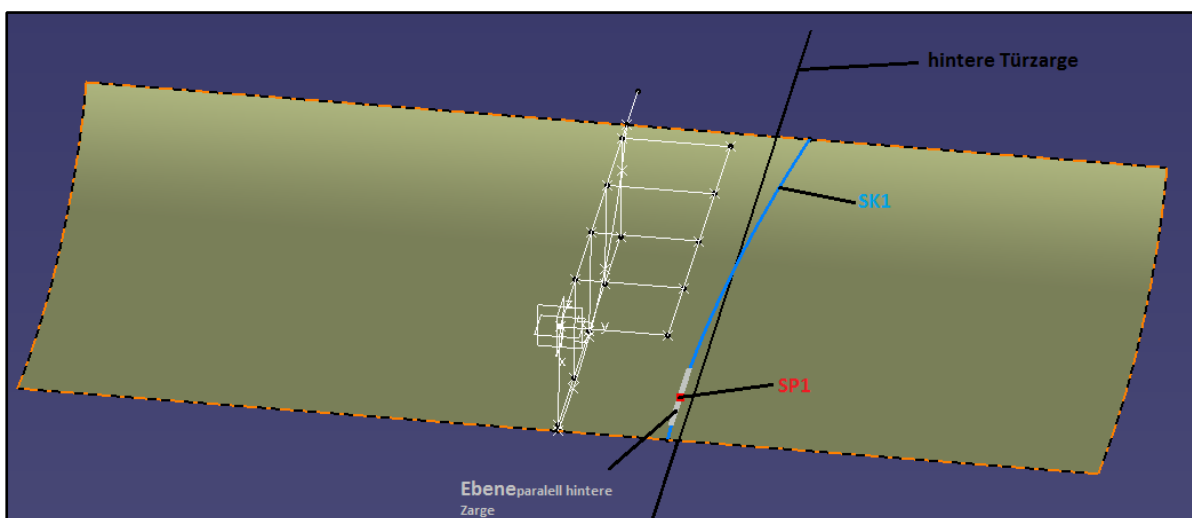


Abbildung 22 Entwicklung der unteren Kurve für die Fugendefinition

Wie in Kapitel 2.4 dargelegt, muss der Konstrukteur die Positionen der Punkte für die Türaußenkontur mit Bedacht wählen. Würde die Kontur so ausgelegt, dass sie zweifach gekrümmt ist, käme es zur Fehlermeldung, da der Bereich zwischen beiden Vorzeichenwechsel nicht definiert ist. Demzufolge könnte die Kurve für die Fugendefinition nicht korrekt entwickelt werden (s. Abb. 23). Derlei Konturen allerdings sind für PKW-Türen eher unüblich und werden daher bei der Konstruktion des Fugenspaltes nicht berücksichtigt.

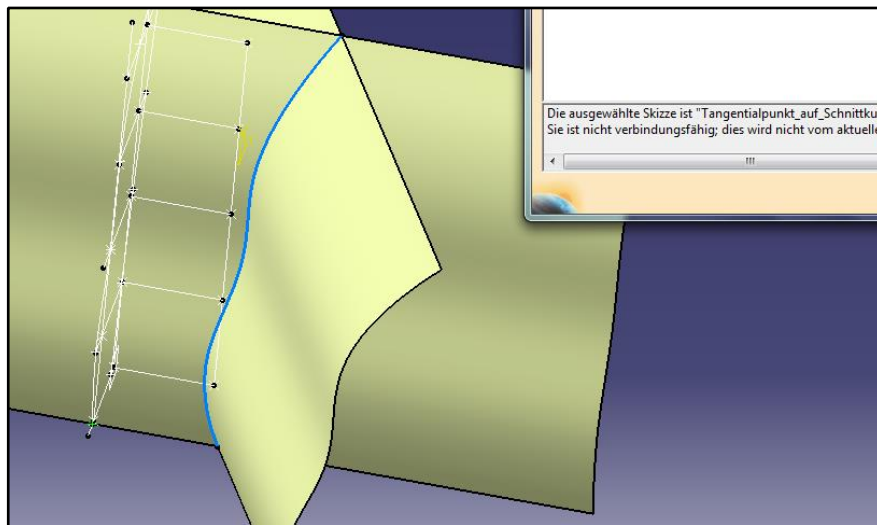


Abbildung 23 Fehlermeldung bei falscher Parameterwahl der Türaußenkontur

3.3.2 Definition der Türkanten

Nachdem die obere und die untere Kurve zur Fugendefinition miteinander verbunden wurden, können aus dem Verbund parallele Abbilder für die Entwicklung der Türkanten gebildet werden. Um für die Fugendefinition die Abstände dieser Abbilder zur Kurve zu ermitteln, muss die Hintertür im geöffneten Zustand betrachtet werden. Aus den Vorgaben der einzuhaltenden Mindestabstände (Fugenspalt = 8 mm, Abstand Hinterkante Vordertür – gedrehte Hintertür = 10 mm, Türöffnungswinkel = 65°) können die drei Türkanten (Hinterkante Vordertür, Vorderkante geschlossene Hintertür, Vorderkante geöffnete Hintertür) sowie die Kurve für die Fugendefinition gemäß der Draufsicht in Abbildung 24 durch ein Dreieck miteinander verbunden werden. Anschließend sind die notwendigen Abstände trigonometrisch zu kalkulieren.

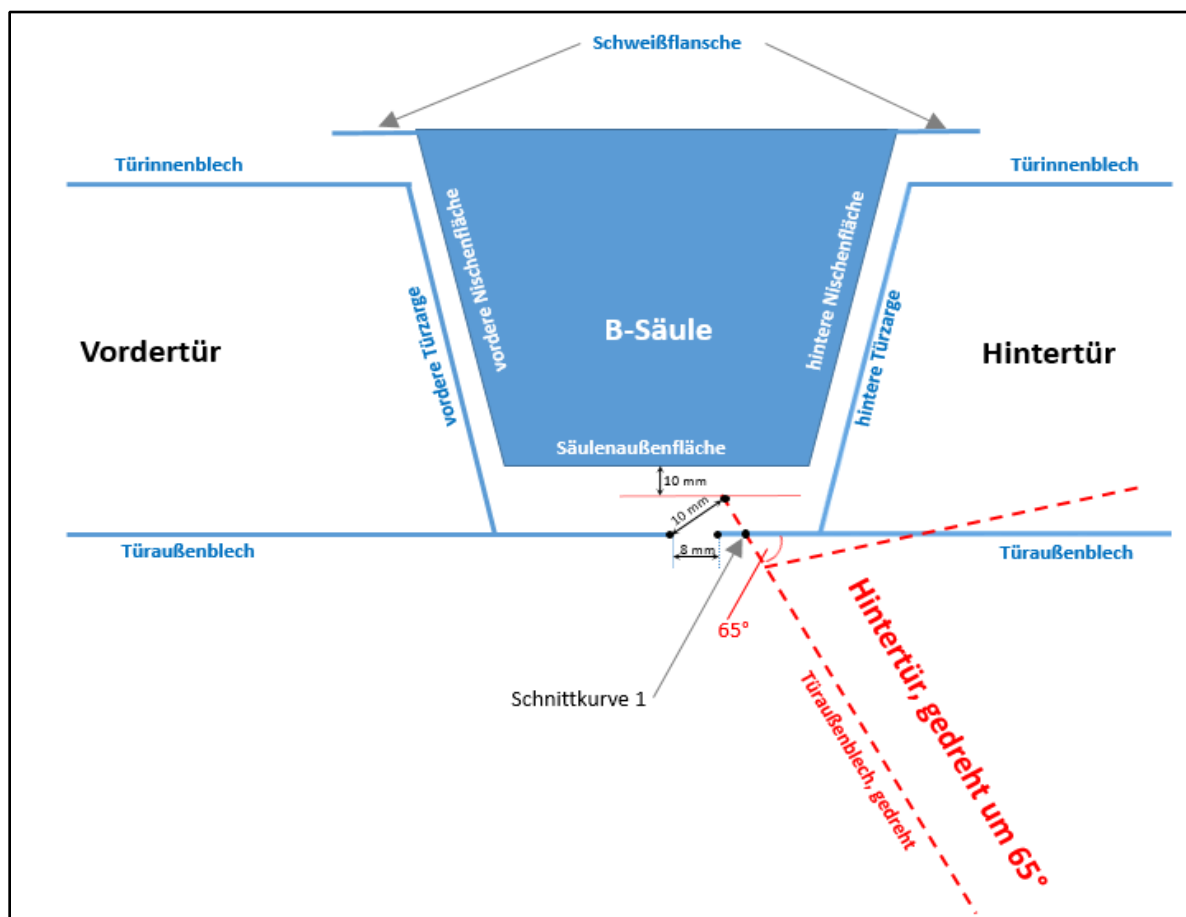


Abbildung 24 Querschnittsskizze der B-Säule / Fahrzeugtüren / geöffnete Hintertür

Abbildung 24 zeigt überdies, dass die Vorderkante der geschlossenen Hintertür immer vor der Kurve für die Fugendefinition liegen muss; im vorliegenden Beispiel befindet sie sich links davon. Auch dies ist bei der Berechnung des Dreieckes zu berücksichtigen.

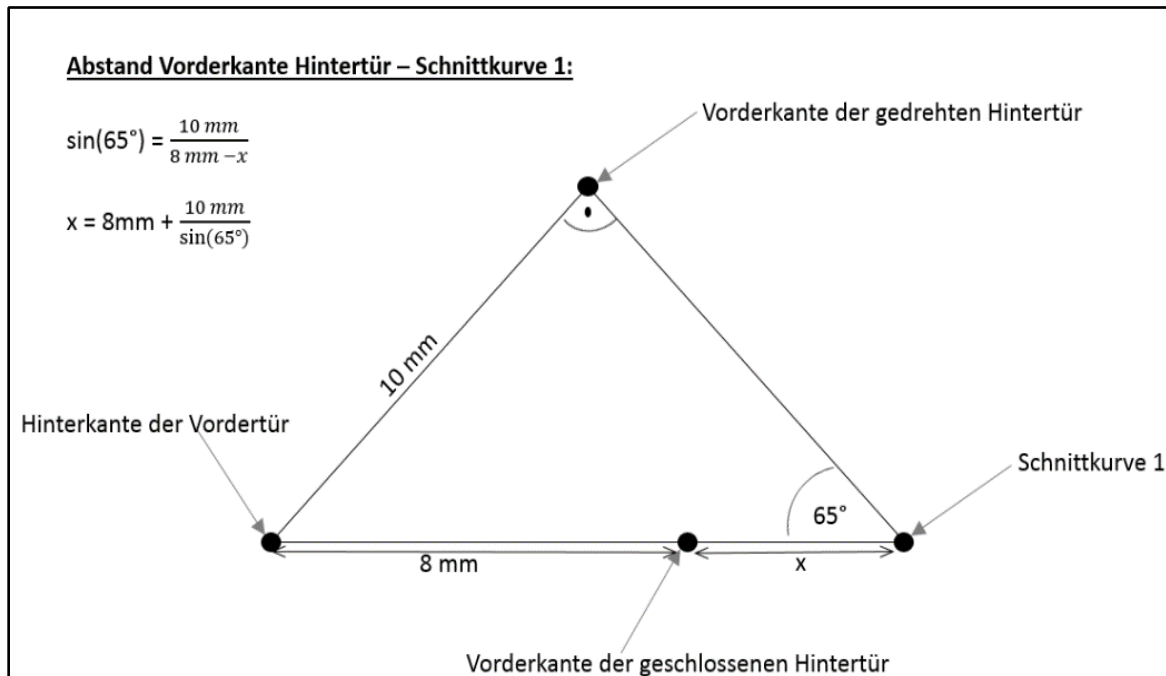


Abbildung 25 Anwenden der Trigonometrie für die Ermittlung der Türkantenposition

In Abbildung 24 zeigt sich ferner, dass zwischen der Vorderkante der geöffneten Hintertür und der Säulenaußenfläche ein Abstand von 10 mm einzuhalten ist. Demzufolge muss diese Kante, wie im nachfolgenden Kapitel beschrieben, für die Entwicklung der Säulenaußenfläche verwendet werden.

3.4 Säulenaußenfläche

Je größer der Winkel, um den die Hintertür geöffnet ist, desto geringer der Abstand zwischen der Säulenaußenfläche und der Vorderkante der Hintertür. Folglich muss eine Kollision der beiden Elemente beim maximaler Öffnung der Hintertür verhindert werden. Deshalb wird die Vorderkante der geöffneten Hintertür unter anderem für die Konstruktion der Säulenaußenfläche verwendet. Dabei ist der vorgegebene Mindestabstand (10 mm) zwischen den beiden Elementen in der Konstruktion zu berücksichtigen.

Dies läuft in 3 Schritten ab:

Schritt 1

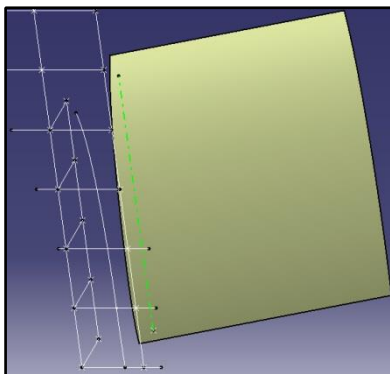


Abbildung 26 Projektion der Vorderkante der Hintertür

Schritt 2

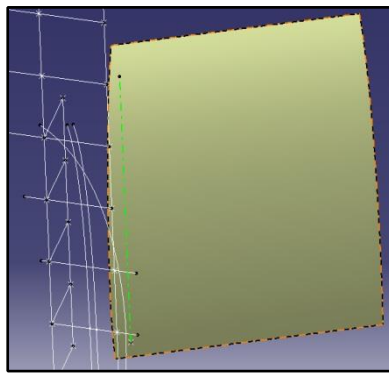


Abbildung 26 Erzeugen einer zur Türinnenkontur parallelen Kurve

Schritt 3

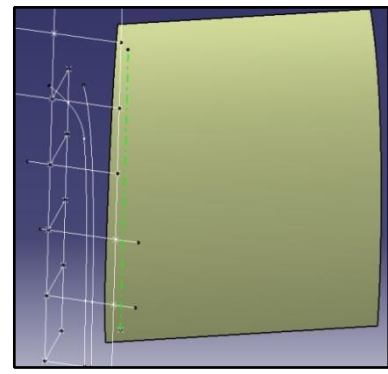


Abbildung 28 Erzeugung eines Übergangsradius

Die Vorderkante der geöffneten Hintertür wird senkrecht auf das Zeichennetz projiziert.

Die Projektion wird auf dem Zeichennetz um 10mm in Richtung der Türinnenkontur verschoben. Die Türinnenkontur wird um denselben Abstand und in dieselbe Richtung verschoben.

Der Schnittpunkt der beiden verschobenen Kurven wird durch einen Kreisübergang ersetzt. Dadurch ergibt sich eine einzelne Kurve.

Die in Schritt 3 entwickelte Kurve bildet ein Verbund aus 3 Teilkurven. Dazu zählen die verschobene Projektion der vorderen Kante der Hintertür, die verschobene Kontur der Türaußenhaut sowie der Kreisübergang, welcher die beiden Vorgenannten miteinander verbindet. Durch diesen Konstruktionsablauf wird sowohl der Abstand der Säulenaußenfläche zur Türaußenfläche, als auch zur Vorderkante der geöffneten Hintertür für die Entwicklung der B-Säule berücksichtigt. Die in Schritt 3 entwickelte Kurve stellt die maximale B-Säulen-Außenkontur dar. ‚Maximal‘ meint hierbei, dass die Außenkontur der B-Säule nicht näher an der Türaußenkontur liegen kann, wenn sie zugleich die vorgegebenen Mindestabstände einhält.

Aus dieser äußeren Säulenkontur wird eine Extrusionsfläche gebildet, welche die unbegrenzte Außenhaut der B-Säule darstellt. Diese Fläche muss sodann mit der vorderen und der hinteren Nische begrenzt werden.

3.5 Nischenflächen

Die Nischenflächen sind die seitlichen Bereiche der B-Säule. Der Abstand zwischen beiden Flächen wird durch die Türzargen vorgegeben. Somit bestimmen die Türzargen den seitlichen Bauraum der B-Säule. Damit dieser möglichst effizient genutzt wird, werden die Nischenflächen parallel zu den Zargenflächen ausgelegt.

3.5.1 Hintere Nischenfläche

Die unbegrenzte vordere Zarge der Hintertür wurde bereits in Kapitel 3.2 anhand der hinteren Scharnierachse entwickelt. Eine dazu parallel liegende Offset-Fläche mit einem Abstand von 7 mm repräsentiert die unbegrenzte hintere Nischenfläche.

3.5.2 Vordere Nischenfläche

Innerhalb der PKW-Türen und damit zwischen der Türaußen- und der Türinnenfläche liegen die Glasscheiben. Sie werden beim Hoch- und Runterfahren vom Glasrahmen geführt.

In diesem Fall liegt der Glasrahmen mit einer Kante vollständig auf der hinteren Zarge der Vordertür. Somit ist diese Kante ein Element der Zarge, wie bspw. auch die hintere Scharnierachse ein Element der Zarge ist. Demzufolge kann die hintere Türzarge der Vordertür in Ziehrichtung aus der Kante des Glasrahmens entwickelt werden. Der Glasrahmen ist vorab entsprechend zu konstruieren. Er ergibt sich aus seinem U-förmigen Profil und der Richtung der hinteren Kante der Glasscheibe. Diese wiederum wird als Gerade zwischen zwei Punkten idealisiert. Die Lage der Glasscheibe muss so ausgerichtet sein, dass sie sich auch bei extremen Parameterwerten stets zwischen den beiden Türflächen und somit innerhalb der Tür befindet.

Um dies zu realisieren, wird der obere Punkt der hinteren Glaskante dem oberen Punkt der Türinnenkontur und der untere Punkt der hinteren Glaskante dem unteren Punkt der Türaußenkontur zugewiesen. Zu diesem Zweck sind zwischen den einander zugewiesenen Punkten konstante Abstände festzulegen.

Durch dieses Verfahren wird nicht nur sichergestellt, dass sich die

Glasscheibe stets innerhalb der Tür befindet, sondern auch, dass sich die Fensterrahmen der beiden Türen (s. Kap. 3.9.2), welche auf dieser Geometrie aufbauen, stets den austauschbaren Türflächen anpassen. Die Gerade durch diese beiden Punkte repräsentiert die hintere Glaskante und somit auch die Richtung, in welche das Glasrahmenprofil per Translationsbefehl extrudiert werden kann. Aus der zur Türinnenfläche gerichteten Kante des Glasrahmens kann nun in Ziehrichtung die unbegrenzte hintere Zargenfläche der Vordertür extrudiert werden. Die gegenüberliegende unbegrenzte vordere Nischenfläche wird gleichfalls durch eine Offset-Fläche im Abstand von 7 mm zur unbegrenzten hinteren Zargenfläche der Vordertür entwickelt.

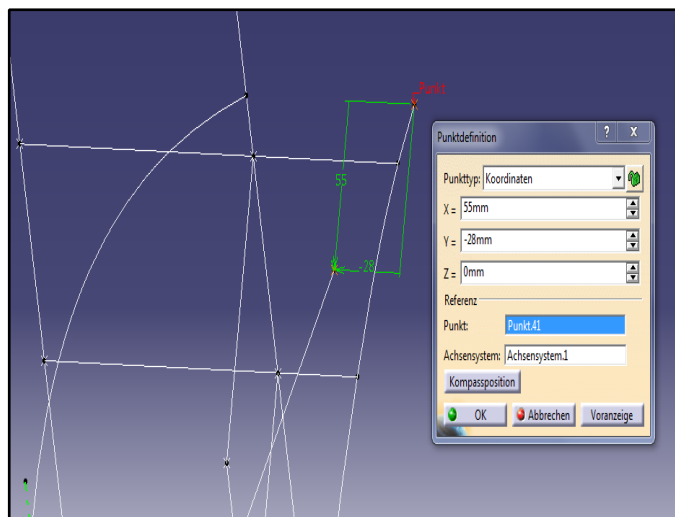


Abbildung 27 Zusammenhang zwischen der hinteren Glaskante und den Türkonturen

Mittels der drei so konstruierten, unbegrenzten Flächen (vordere und hintere Nischenfläche, Säulenaußenfläche) kann durch ein gezieltes Schnittverfahren die grobe untere Form der B-Säule für den Bereich oberhalb des Schwellers bis zum Beginn des Fensters zusammengesetzt werden. Das nachfolgende Kapitel beschreibt diesen Prozess näher.

3.6 Die grobe Form der unteren B-Säule

Als letzte Fläche der B-Säule ergibt sich die unbegrenzte Innenfläche ebenfalls aus der Extrusion einer Konturkurve. Diese Kurve ist ein paralleles Abbild der Kontur für die Innenhaut der Tür. Mit dem Trennbefehl können die einzelnen unbegrenzten Flächen gezielt miteinander geschnitten werden, sodass sich die grobe Form der unteren B-Säule ergibt.

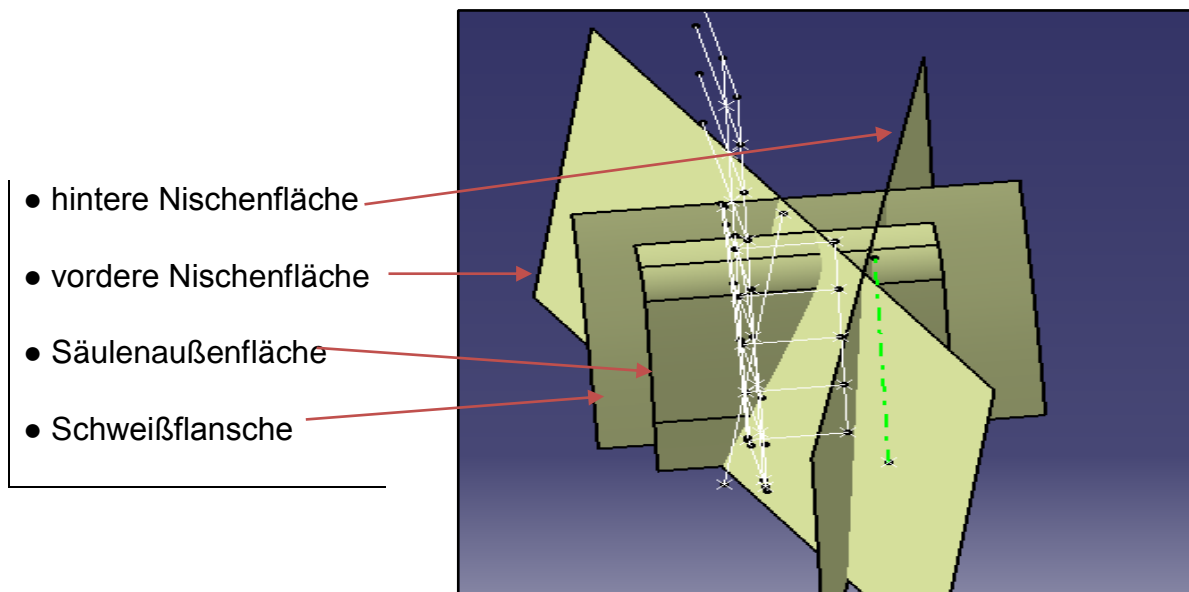


Abbildung 28 Die unbegrenzten elementaren Flächen der B-Säule

Dabei bilden die verschnittenen Elemente der Säulenaußenfläche, der vorderen und hinteren Nischenfläche und die daran angrenzenden Schweißflansche ein zusammenhängendes Blechstück. Für die Konstruktion der Schweißflansche werden die Schnittkurven zwischen der Säuleninnenfläche und den beiden unbegrenzten Nischenflächen verwendet. Diese Kurven werden auf der Innenfläche der B-Säule parallel nach außen um jeweils 25 mm verschoben. Entlang ihres Verlaufs wird sodann das Innenblech geschnitten, sodass sich die Schweißflansche ergeben. Das daraus resultierende Ergebnis umfasst die grobe Form der unteren B-Säule.

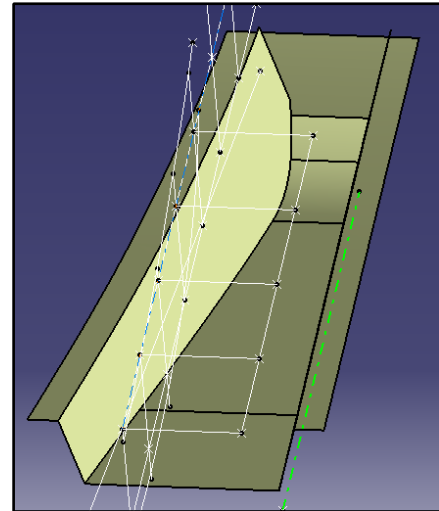


Abbildung 29 Die grobe untere Form der B-Säule

Auch die unbegrenzten Elemente beider Türen werden miteinander verschnitten, sodass daraus ein Verbund von Türinnenblech (Verbund aus Innenhaut und Zarge) und Türaußenblech entsteht.

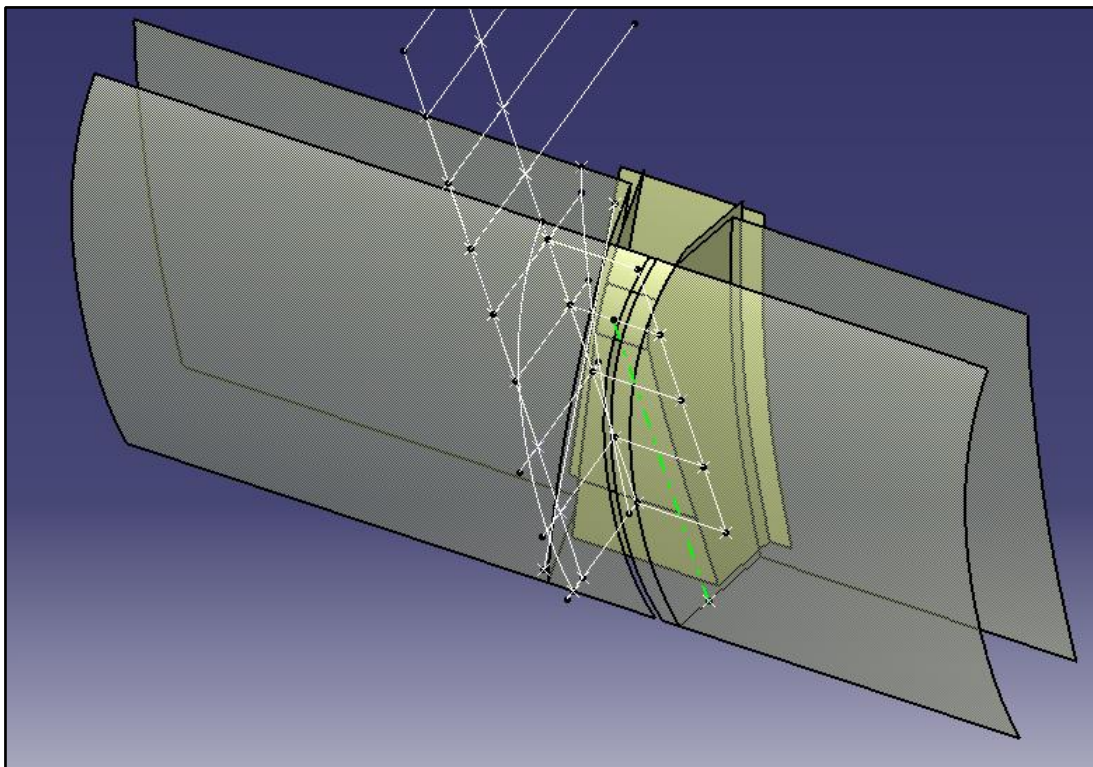


Abbildung 30 Die grobe untere Form der B-Säule im Zusammenhang mit den Türflächen

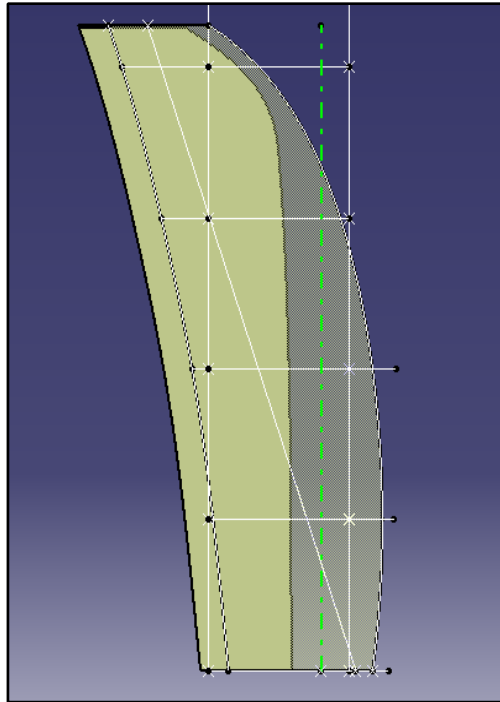


Abbildung 31 Die grobe untere Form der B-Säule im Zusammenhang mit den Türflächen in der Vorderansicht

Wird das maximale Öffnen der Hintertür in CATIA simuliert, so hat die Vorderkante der Tür wie vorgegeben einen Mindestabstand von 10 mm zur Säulenaußenfläche (s. Abb. 34).

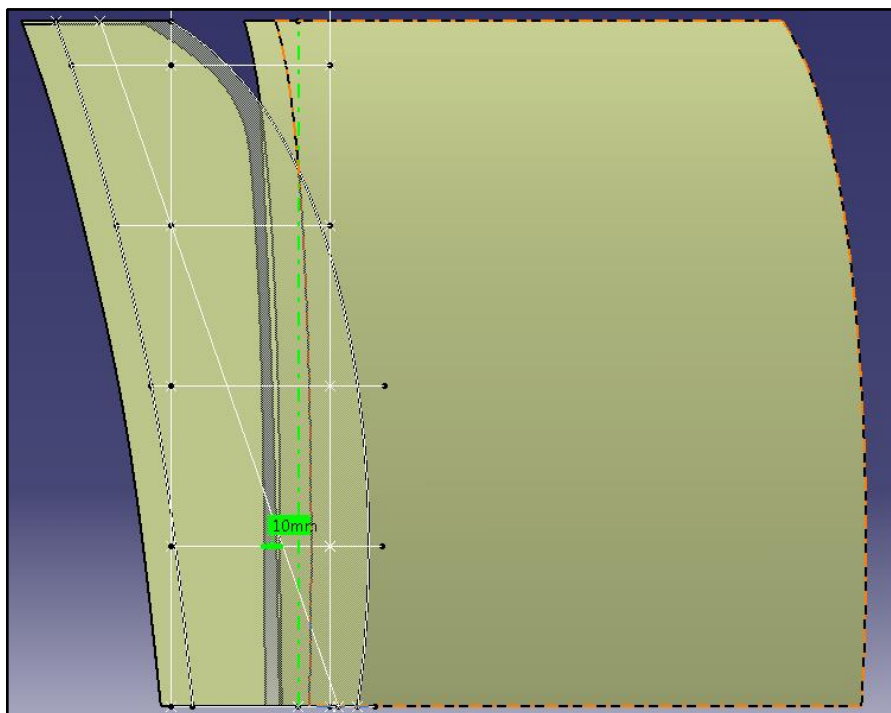


Abbildung 32 Simulieren der geöffneten Hintertür

Um die grobe Form der B-Säule im weiteren Arbeitsverlauf zu detaillieren, muss die Säule mit Durchsetzungen für das Schloss und das obere wie auch das untere Scharnier versehen werden.

3.7 Durchsetzungen

In der Regel verfügt eine B-Säule über mindestens drei signifikante Durchsetzungen für das Schloss der Vordertür und zwei Scharniere für die Aufnahme der Hintertür. Diese Durchsetzungen sind vonnöten, um die Komponenten ‚Schloss‘ und ‚Scharnier‘ möglichst platzsparend der B-Säule anzubinden.

3.7.1 Schlossdurchsetzung

Beginnend mit der Durchsetzung für das Schloss, ist zunächst die Rotations- bzw. Scharnierachse der Vordertür zu gestalten.

Diese liegt parallel zur hinteren Scharnierachse und weist einen x-Abstand von 1000 mm auf.

Anhand der Scharnierachse kann die Position des Schließbolzens bestimmt werden. Dieser wiederum bedingt die Lage des Schlosses, für welches die oberste Durchsetzung an der B-Säule benötigt wird.

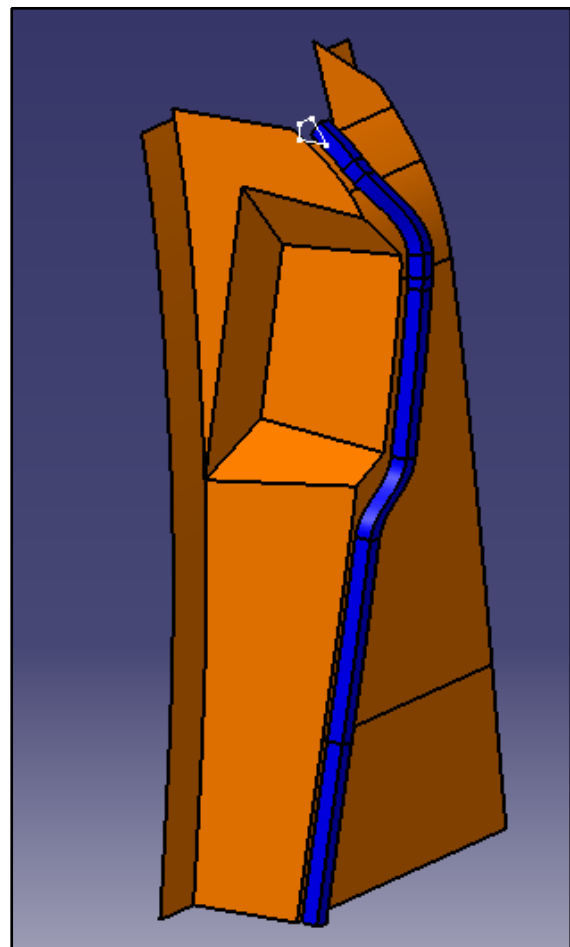


Abbildung 33 Schlossdurchsetzung und Dichtungsverlauf

3.7.2 Scharnierdurchsetzungen

Die Türscharniere bestehen aus zwei Gliedern, den sog. ‚Gewerben‘, die durch einen Stift miteinander verbunden sind. Ein Glied ist an der Türzarge, das Gegenstück an der Außenfläche der B-Säule befestigt. Dem Außenblech der B-Säule werden Flächendurchsetzungen für die Scharnierglieder hinzugefügt, um den Abstand zwischen der Säulenaußenfläche und der Türaußenhaut möglichst gering zu halten. Diese Durchsetzungen befinden sich im hinteren Bereich der Säulenaußenfläche und müssen in ihrer Dimensionierung den Höhen- und Breiten-Abmessungen des Scharniergliedes angepasst werden.

Zuvorderst müssen die Scharnierglieder der Tür konstruiert werden, um hierdurch auf die Scharnierglieder der Säule und sodann auf ihre entsprechende Durchsetzung schließen zu können. Wie bereits im Kapitel 3.2 beschrieben, wird dabei die Lage der Scharnierachse relativ zur Türaußenkontur durch die Position des oberen Scharniers bestimmt (s. Abb. 36). Zu sehen ist ein Zylinder, dessen Achse identisch mit der hinteren Scharnierachse ist. Dieser Zylinder schneidet die Außenhaut der Hintertür und bildet somit eine gewölbte Schnittellipse. Der unterste Punkt dieser Ellipse wird für die Positionierung des oberen Scharniergliedes benötigt. Das Profil des Scharniergliedes muss in einer Ebene liegen, die sowohl senkrecht zur hinteren Scharnierachse steht als auch durch den untersten Punkt der Schnittellipse verläuft.

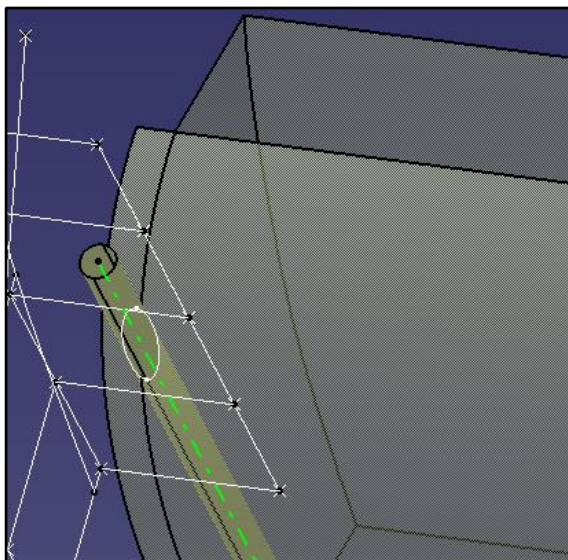


Abbildung 36 Verschneidung von Zylinder und Türaußenhaut

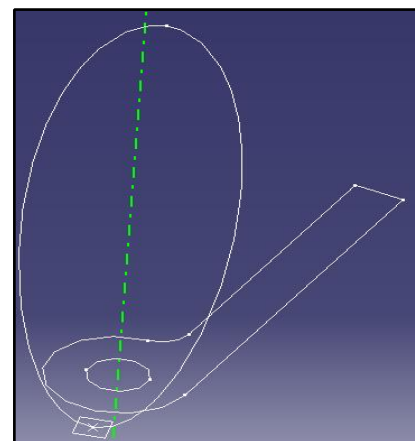


Abbildung 37 Schnittellipse für die Positionierung der Scharnierprofilebene

Dies ist wichtig, da auf diese Weise das obere Scharnierglied so hoch wie möglich platziert wird, ohne dabei die Türäußenhaut zu durchdringen, damit das untere Scharnier auf dem notwendigen Abstand gehalten werden kann. Hierfür wird vorausgesetzt, dass das Profil in negative z-Richtung extrudiert wird. Aus der Extrusion ergibt sich das obere Scharnierglied der Hintertür.

Indem ein Duplikat dieses Gliedes solcherart platziert und gespiegelt wird, dass es mit seiner kreisförmigen Fläche plan auf derselben Fläche des Originals aufliegt, wird das Scharnierglied der B-Säule konstruiert. Das Duplikat wird allerdings zugleich in seiner Geometrie modifiziert, um einen Kontakt zur Außenfläche der B-Säule zu erreichen. Dabei dient die

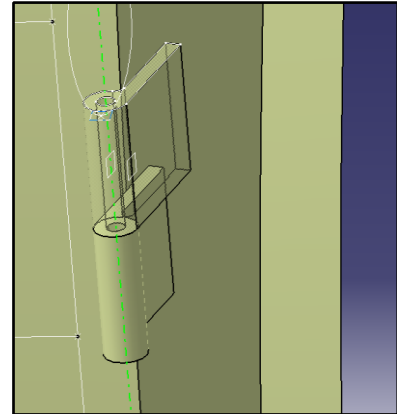


Abbildung 34 Verschobenes und gespiegeltes Duplikat des Scharniergliedes

rechteckige Kontaktfläche des Scharniergliedes der Dimensionierung der entsprechenden Durchsetzung an der B-Säule. Die Konstruktion der Durchsetzung beginnt mit einer Rechteckfläche. Die Kanten dieser Fläche stehen parallel zur Kontaktfläche des Scharniergliedes und haben zueinander einen konstanten Abstand. Die Rechteckfläche bildet die durchgesetzte Fläche an der B-Säule. Die Kombination der durchgesetzten Fläche und der drei Durchsetzungsflanken ergibt die eigentliche Durchsetzung. Die Flanken sind dabei gleichfalls ebene Flächen. Sie bilden die Verbindung zwischen der durchgesetzten Fläche und der Säulenaußenfläche.

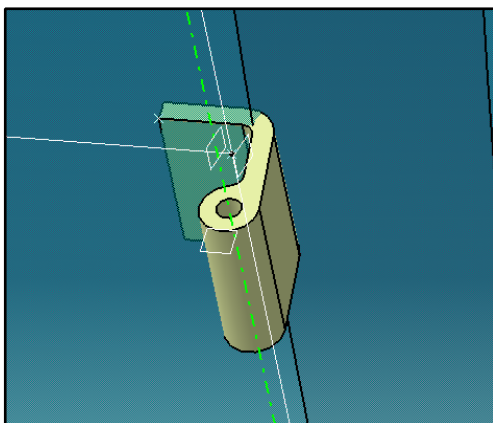


Abbildung 39 Modifiziertes Scharnierglied ohne Durchsetzung

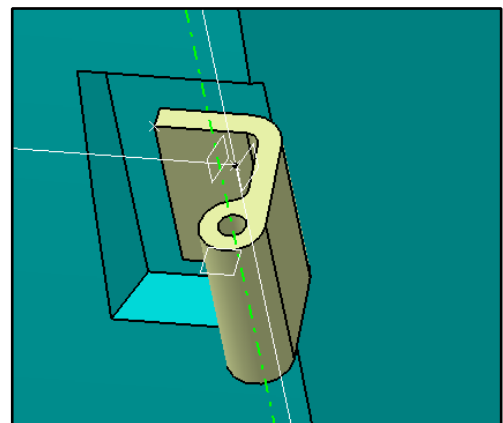
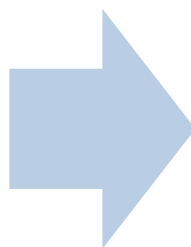


Abbildung 40 Modifiziertes Scharnierglied mit entsprechender Durchsetzung

Nach denselben Konstruktionsschritten werden das untere Scharnier und die entsprechende Durchsetzung entwickelt. Das untere Scharnier befindet sich in einem negativen z-Abstand von 200 mm. Ein geringerer Abstand würde die Variation der Parameter für die Türaußenkontur stärker einschränken. Grund hierfür ist die Kontur der Säulenaußenfläche, welche zum Teil aus der vorderen Kante der Hintertür besteht. Diese Kante ist wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben ein paralleles Abbild der Kurve für die Fugendefinition und besteht aus zwei

Teilkurven. Aus dem Punkt, an welchem sich beide Teilkurven treffen, wird nach der Extrusion eine Linie. Indem die Türaußenfläche in diesem Bereich per entsprechender Parametereingabe breiter gestaltet wird, nähert sich diese Linie der oberen Kante der unteren Scharnierdurchsetzung. Wird der Abstand zwischen dieser Kante und der Linie so gering, dass sie aufeinander liegen, kommt es zur Fehlermeldung.

Somit ist die B-Säule in diesem Bereich mit den drei Durchsetzungen vervollständigt. Im nächsten Schritt muss ein passender Übergang der B-Säule in den Schweller ausgearbeitet werden.

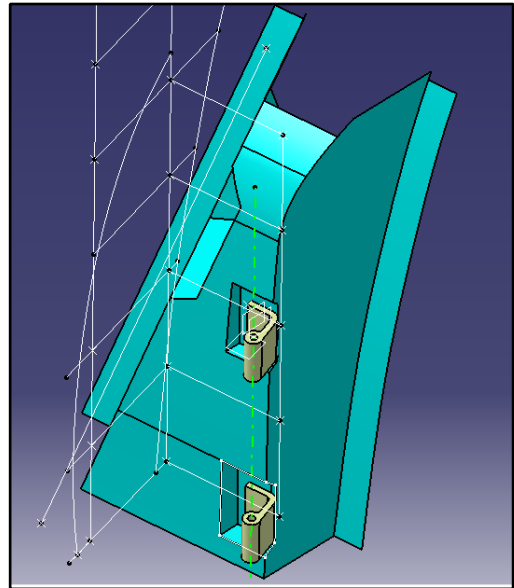


Abbildung 35 B-Säule mit allen notwendigen Durchsetzungen

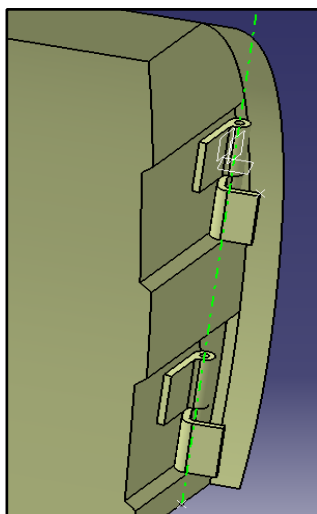


Abbildung 36 Türdurchsetzungen

Damit zwischen der Zarge und dem Scharnierglied der Hintertür ebenfalls eine entsprechende Kontaktfläche bestehen kann, wird auch die vordere Zarge der Hintertür anhand von Scharnierdurchsetzungen detailliert.

3.8 Der Übergang zum Schweller

Die B-Säule steht in direkter Verbindung mit dem Schweller. Diese Verbindung wird durch die folgenden elementaren Übergänge geformt:

1. Übergang der vorderen Nischenfläche in den Schweller
2. Übergang der Säulenaußenfläche in den Schweller
3. Übergang der hinteren Nischenfläche in den Schweller

Bei der Entwicklung der Übergänge ist zu beachten, dass diese sowohl in den Schweller als auch in die B-Säule tangential einlaufen müssen.

Bei der Entwicklung der Nischenübergänge ist ferner zu berücksichtigen, dass diese zu den Zargenübergängen weiterhin einen Abstand von 7 mm aufweisen müssen. Insofern werden zunächst die Übergänge der Türzargen vom vertikalen in den horizontalen Bereich konstruiert, um anhand dessen auf die Nischenübergänge schließen zu können.

Die horizontale Türzarge und der Schweller werden durch die Extrusion ihrer Konturen in x-Richtung gebildet. Diese Konturen werden unter anderem als Teil eines Profils festgelegt (s. Abb. 43). Weitere Elemente des Profils sind die Konturen der unteren Türaußen- und Türinnenhaut sowie das Profil der Dichtung. Das Profil wird in der Ebene ,1500 x' konstruiert, in welcher der Schweller (Bereich der Vordertür) mit dem Übergang zur B-Säule aufeinandertreffen soll. Eine Kopie dieses Profils wird in der gegenüberliegenden Ebene ,1800 x' konstruiert. Hier soll der Schweller (Bereich der Hintertür) mit dem Übergang zur B-Säule aufeinandertreffen.

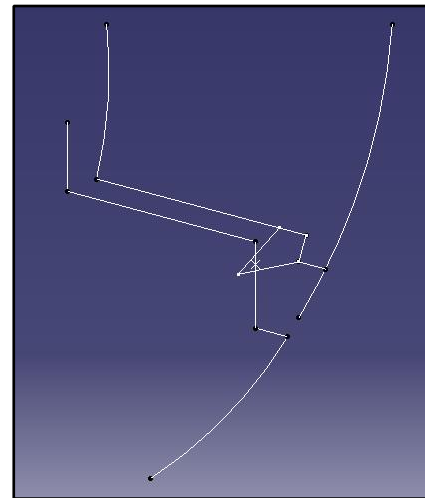


Abbildung 37 Profil des Schwellers und der unteren Türflächen

Die untere Türaußenhaut ist Teil der Vorder- und Hintertür. Demzufolge muss die unbegrenzte untere Türaußenhaut analog zur in Kapitel 3.1 entwickelten Außenhaut der Tür in den Bereich der vorderen und der hinteren Tür getrennt werden. Dies geschieht unter Berücksichtigung des Fugenspaltes von 8 mm zwischen den beiden Türkanten.

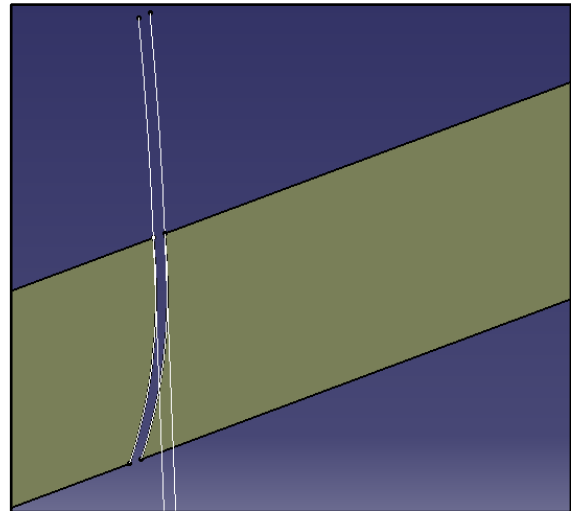


Abbildung 38 Weiterführung des Fugenspaltes

Um dies zu gewährleisten, wird der unterste Punkt der jeweiligen Türkante mit gleichbleibender Steigung extrapoliert. Dabei bilden sich zwei Geraden, welche auf die unbegrenzte untere Türaußenhaut projiziert werden. Diese beiden Projektionen repräsentieren die jeweilige untere Türkante, anhand der die unbegrenzte Fläche in Vorder- und Hintertür zerfällt.

3.8.1 Zargenübergang

Der Zargenübergang wird anhand der Übergangsfunktion gebildet. Mit dieser Funktion kann eine gekrümmte Fläche entwickelt werden, die lückenlos und tangential stetig an der horizontalen und vertikalen Türzarge angrenzt.

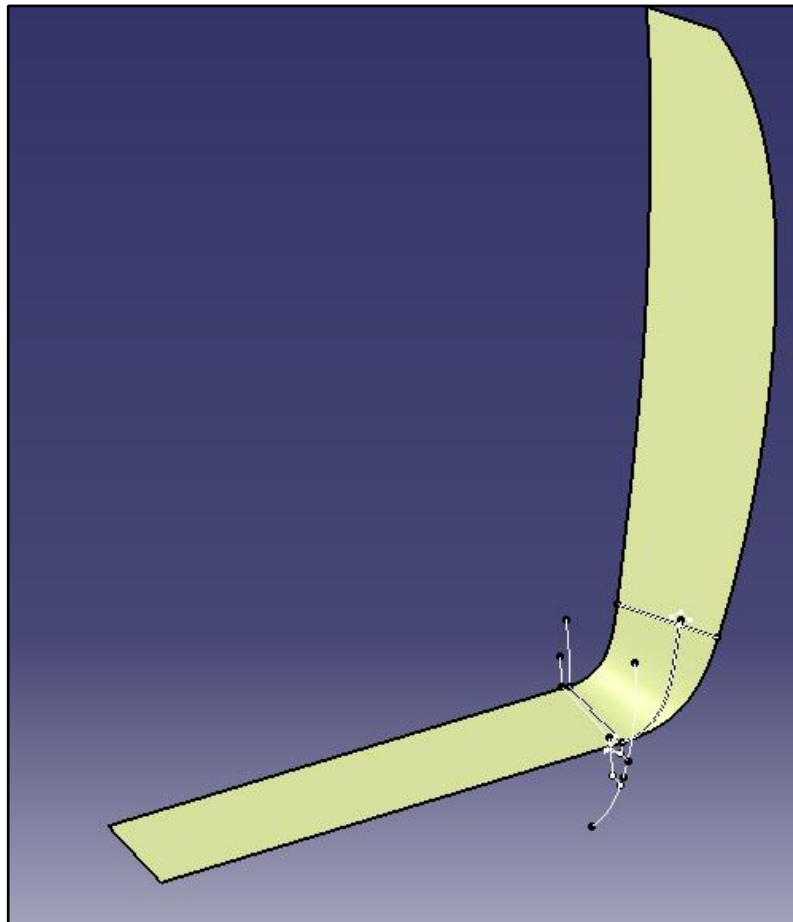


Abbildung 39 Vollständige Türzarge

Diese Funktion berücksichtigt jedoch nicht, dass die zum Fahrzeuginnen gerichtete Kante des Überganges in der Tat nahtlos an die Innenfläche der Tür grenzt. Dies muss vielmehr manuell vorgenommen werden, indem die entsprechende Kante des Überganges in Richtung der Türinnenfläche extrapoliert wird, sodass es zum Schnitt mit der Türinnenfläche kommt. Der verbleibende Rest der Extrapolation wird abgetrennt.

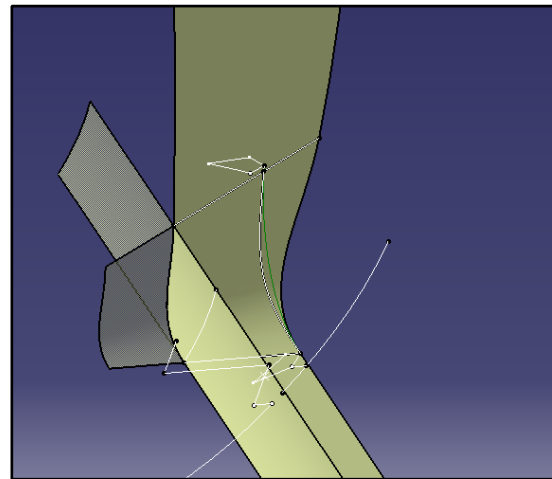


Abbildung 40 innere Begrenzung des Zargenüberganges

Die zum Fahrzeugäußeren gerichtete Kante des Überganges wird jedoch nicht am unteren Türaußenblech begrenzt. Hierfür wird zunächst der Verlauf der Dichtung betrachtet. Der entsprechende Übergang muss nach außen hin so begrenzt werden, dass sich eine sinnvolle Klebefläche für die Dichtung ergibt.

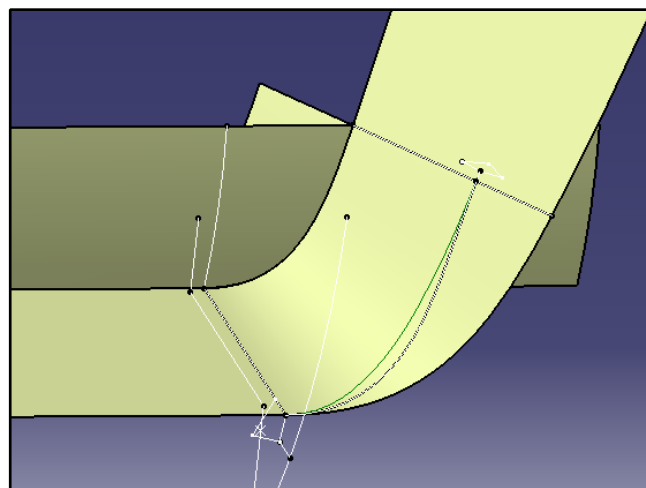


Abbildung 41 Äußere Begrenzung des Zargenüberganges

Hierfür werden die jeweils äußeren Eckpunkte der Dichtungsprofile per Spline-Definition verbunden. Indem die so entstandene Spline senkrecht auf den zu begrenzenden Übergang projiziert wird, ergibt sich das äußere Trennelement für den Übergang.

Die projizierte Spline dient zudem als Übergang der Dichtung. Indem sie als Leitkurve für eine Translationsdefinition verwendet wird, ergibt sich eine durchgehende Dichtung. Außerdem liegt diese auch passgenau entlang der Klebefläche der Türzarge auf. Passend hierzu bildet eine Fläche mit Mehrfachschnitten die Verbindung zwischen unterem Türaußenblech, Klebefläche und Zarge.

Damit sind die Türen vollständig definiert, soweit es diese Konstruktion erfordert. Anhand der Zargenübergänge werden nun die entsprechenden Nischenübergänge gebildet.

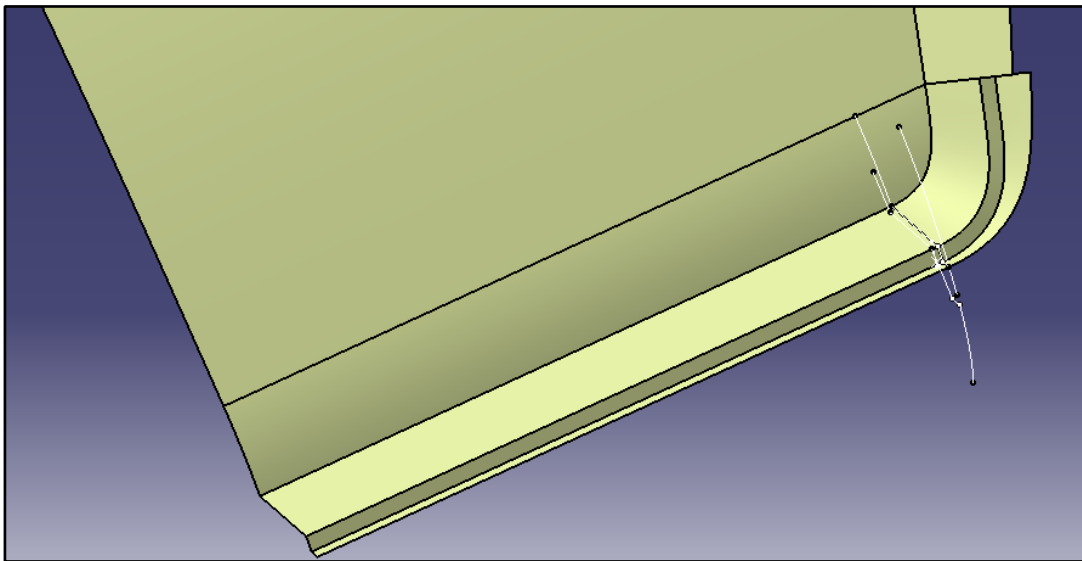


Abbildung 42 Unteres Türblech ohne untere Türaußenfläche

3.8.2 Nischenübergang

Der Nischenübergang im Vordertürbereich wurde zunächst ebenfalls mit der Übergangsfunktion konstruiert. Später zeigte sich jedoch, dass bei dieser Vorgehensweise der vorgegebene Abstand von 7 mm zwischen Zarge und Nische nicht mehr eingehalten wird. Daher wurde zunächst eine Offset-Fläche des Zargenübergangs im Abstand von 7 mm erstellt. Abbildung 49 zeigt deutlich, dass diese Fläche zwar

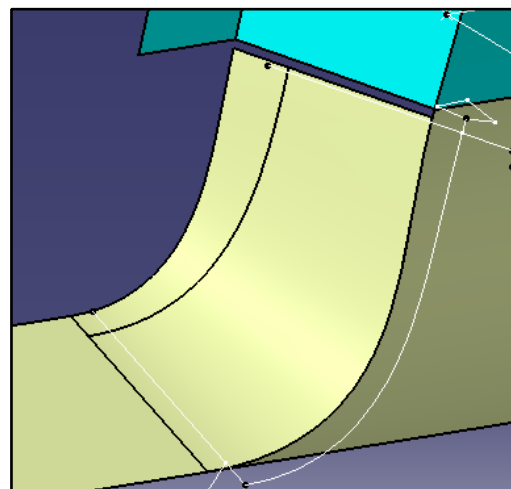


Abbildung 43 Offset - Fläche zum Zargenübergang

nahtlos an den Schweller grenzt, jedoch keinen Kontakt mit der vorderen Nischenfläche hat. Dieser Hiatus sollte trotz seiner geringen Abmessungen möglichst mit einer Übergangsfläche geschlossen werden, da sich bei einer simplen Füllfläche Krümmungsunstetigkeiten ergeben würden. Wird jedoch der hintere Nischenübergang per Übergangsfunktion erstellt, ergibt sich automatisch ein konstanter Abstand von 7 mm zum Zargenübergang.

Zwischen beiden Nischenübergängen muss nun noch die Verbindung vom Schweller zur Säulenaußenfläche erstellt werden. Diese Lücke wird gleichfalls per Übergangsdefinition geschlossen. Der Übergang hat ferner die Funktion, die Extrapolation der Nischenübergänge nach vorn zu begrenzen (s. Abb. 50).

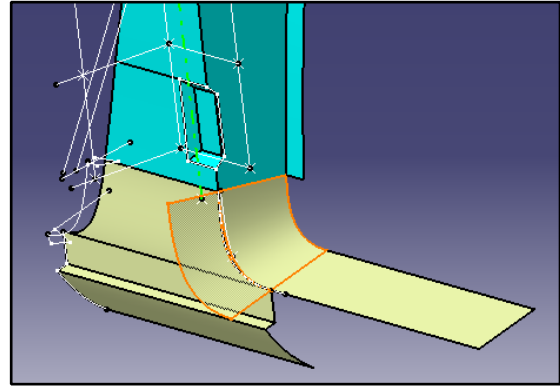


Abbildung 44 Übergang Schweller - Säulenaußenfläche als vorderes Begrenzungselement des Nischenüberganges

Für dessen hintere Begrenzung werden die Übergänge der Schweißflansche verwendet.

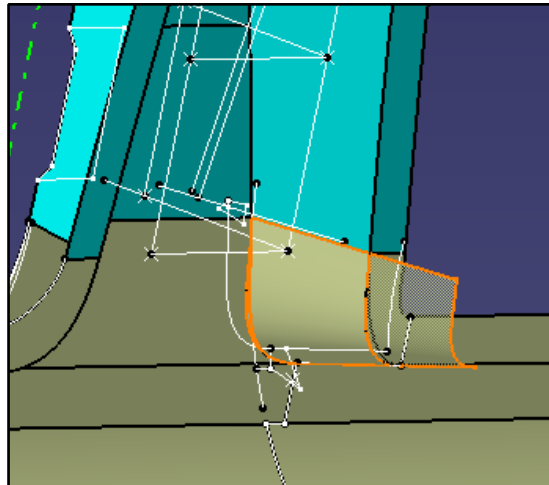


Abbildung 45 Schweißflansche als hinteres Begrenzungselement des Nischenüberganges

3.8.3 Schweißflanschübergang

Der Schweißflanschübergang lässt sich auf verschiedene Weisen konstruieren. Im Bereich der Vordertür wurde er ebenfalls per Übergangsdefinition gebildet. Mit den Funktionen ‚Extrapolieren‘ und ‚Trennen‘ wird er anschließend lückenfrei an den Nischenübergang gesetzt. Bei näherer Betrachtung lässt sich jedoch erkennen, dass dieses Ergebnis ästhetisch unzureichend ausfällt: Abbildung 52 zeigt, dass sich bei dieser Methode an der äußeren Kante des Flanschüberganges ein S-Schlag bildet.

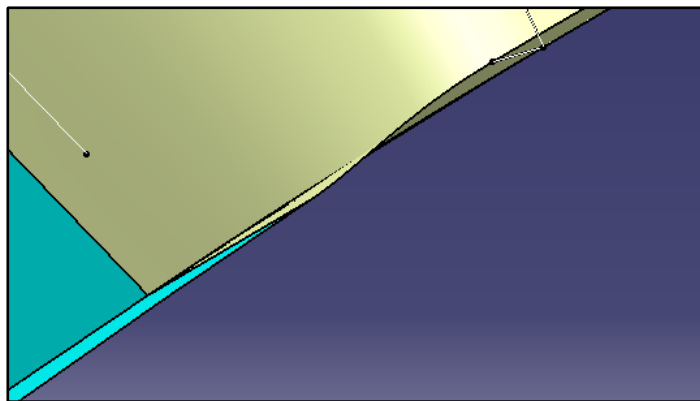


Abbildung 46 S-Schlag am Schweißflanschübergang

Eine andere Möglichkeit, dieses Problem zu verhindern, besteht im Einsatz einer Füllfläche. Hierfür aber ist eine geschlossene Kontur vonnöten. Die in Abbildung 53 skizzierte, orangefarbene Kontur wird durch eine Spline geschlossen. Die Punkte der Spline sind dabei die jeweiligen Eckpunkte der Flansch-Enden.

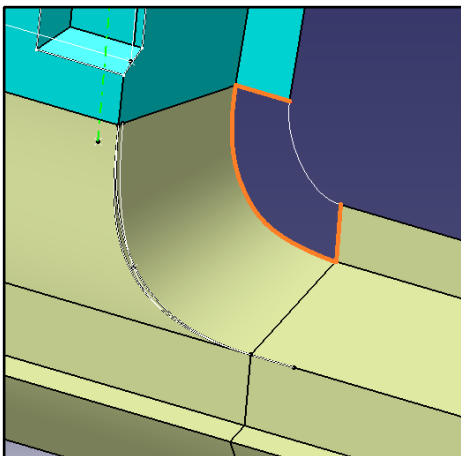


Abbildung 53 Spline-Definition für Schweißflanschübergang

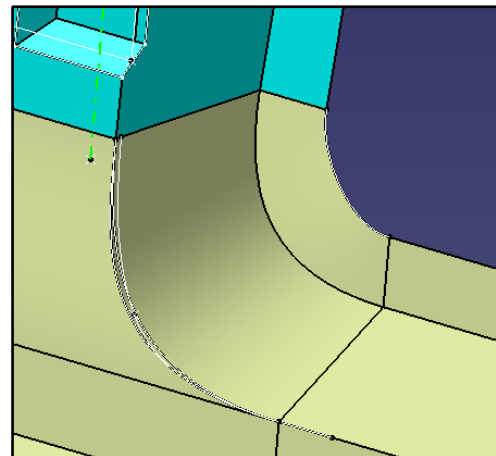


Abbildung 54 Schweißflanschübergang per Füllfläche

Aus dem Zusammenbau der Nischenübergänge wie auch der Schweißflansche nebst deren Übergängen, dem Schweller und dem Übergang der Säulenaußenfläche zum Schweller ergibt sich schließlich im Bereich zwischen Fenster und Schweller die eigentliche B-Säule.

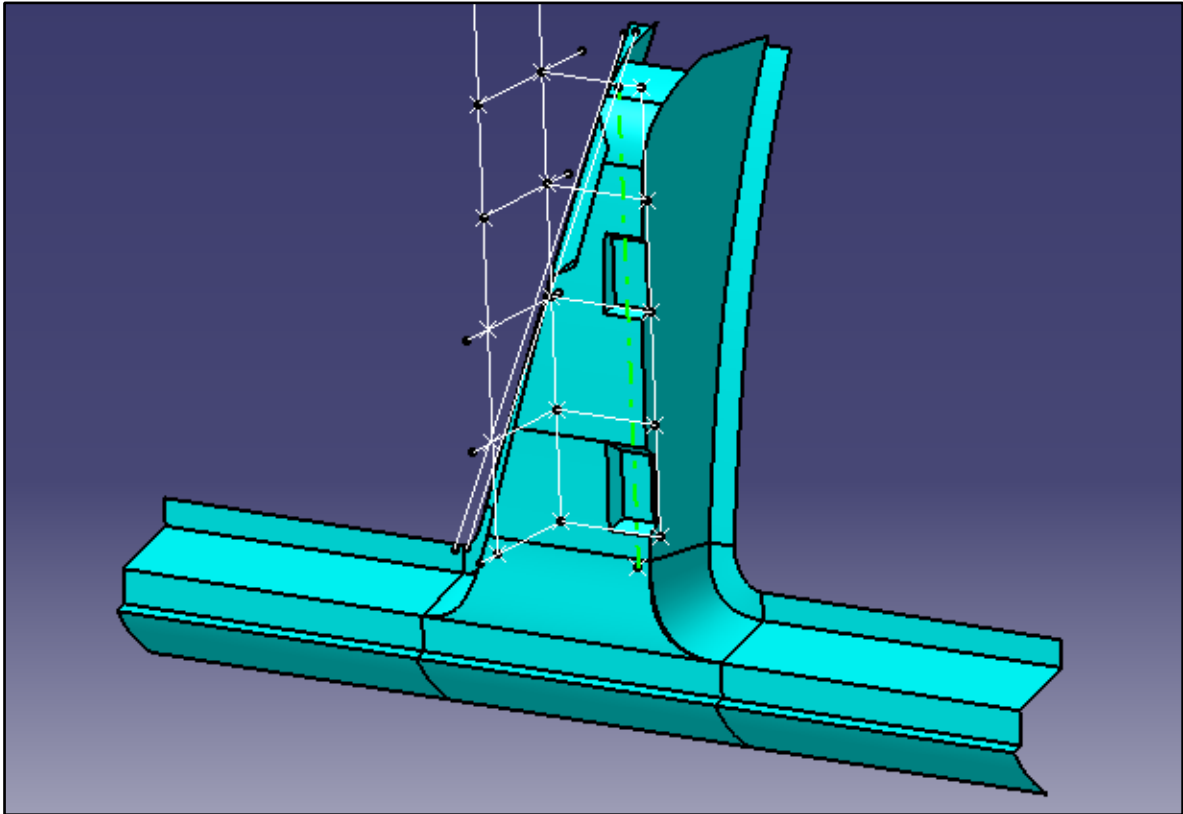


Abbildung 47 B - Säule zwischen Schweller und Fensterbereich

Um diese bis zum Fahrzeugdach fortsetzen zu können, müssen alle Türelemente beschrieben und entwickelt werden, welche den Bauraum der Säule begrenzen.

Bei näherer Betrachtung des B-Säulen-Modells der HAW Hamburg zeigt sich, dass der obere Bauraum durch die Fensterrahmen der Vorder- und Hintertür begrenzt wird.

3.9 Entwicklung der Fensterrahmen von Vorder- und Hintertür

Der Fensterrahmen bildet den oberen Bereich der Tür. Er dient der Aufnahme des Glasrahmens und sorgt somit für eine jeweils korrekte Positionierung der Glasscheibe. Der Verlauf des Fensterrahmens wird durch den Verlauf des Glasrahmens beschrieben. Für gewöhnlich verfügen heutige PKW-Modelle über gekrümmte seitliche Fensterscheiben und entsprechend über gekrümmte Glas- bzw. Fensterrahmen. In diesem Konstruktionsmodell wurden jedoch plane Scheiben vorausgesetzt. Demzufolge verläuft auch der Glasrahmen linear und mit derselben Orientierung weiter in Richtung Dach.

Da die Richtung des Fensterrahmens somit gegeben ist, kann dessen Profil erzeugt werden. Hierfür eignet sich ein Höhengschnitt an den oberen Kanten der Vordertür. Aus diesem Schnitt kann ein Profil geformt werden.

3.9.1 Profil des Fensterrahmens

Es ist zu beachten, dass durch dieses Profil die Türzarge konstant in Richtung des Daches weitergeführt wird bzw. dass der Glasrahmen ein durchgehender Teil des Fensterrahmens ist. Der Höhengschnitt der Türzarge wurde bewusst nicht in das Profil des Fensterrahmens eingefügt (s. Abb. 57), da der Glasrahmen ein Element der Zarge ist. Würde das Profil der Zarge berücksichtigt, wäre das Profil des Fensterrahmens selbstverschneidend und könnte folglich nicht extrudiert werden.

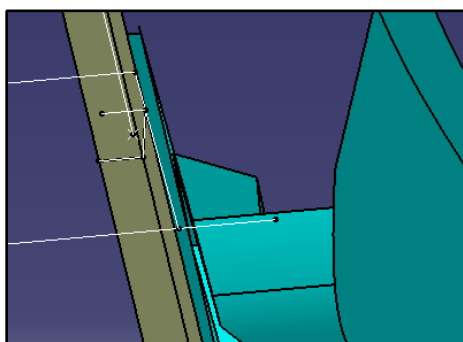


Abbildung 56 Höhengschnitt an den oberen Kanten der Türflächen

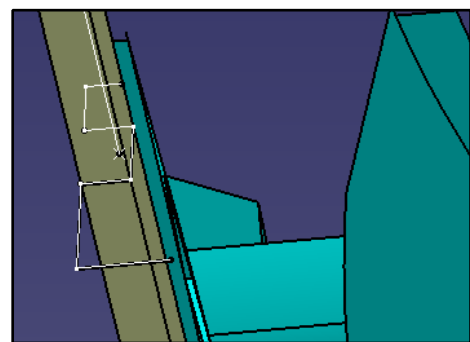
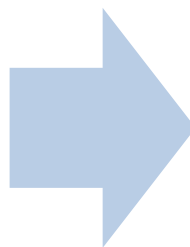


Abbildung 57 Entwicklung des unteren Fensterrahmenprofils

Um das obere Fensterrahmenprofil adäquat zu entwickeln, muss die Richtung des Glasrahmens beachtet werden. Deshalb wird das untere Profil entlang dieser Richtung auf die Ebene projiziert, an welcher die Säule in das Dach übergeht.

3.9.2 Fensterrahmen

Die unbegrenzte Außenhaut des Fensterrahmens wird, ähnlich wie die Außenhaut der Türen (Kapitel 3.1), mittels Extrusion eines Profils erstellt. Das Profil der Extrusionsfläche wird dabei durch eine Konturkurve definiert, welche sich auf derselben Ebene wie die Türkonturen befindet. Diese Kontur muss zwei grundlegende Bedingungen erfüllen:

1. Sie muss im unmittelbaren Anschluss zur Türaußenkontur stehen.
2. Die aus der Kontur resultierende Fläche darf nicht vom Glasrahmen durchdrungen werden bzw. muss zu diesem einen konstanten Abstand einhalten

Diese Bedingungen werden mit Blick auf die Konstruktion wie folgt erfüllt:

Zu 1) Der unterste Punkt der äußeren Kontur des Fensterrahmens wird mit dem obersten Punkt der Türaußenkontur auf Kongruenz gesetzt. Auf diese Weise sind beide Konturen dauerhaft miteinander verbunden.

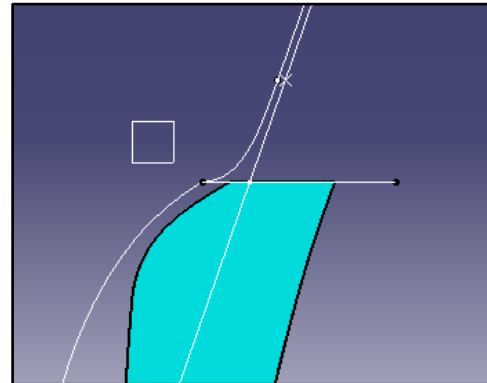


Abbildung 48 Konstruktion der Kontur für die Außenfläche des Fensterrahmens unter Berücksichtigung der Türaußenkontur

Zu 2) In der Vorderansicht wird die äußere Fläche des Glasrahmens als Linie betrachtet. Zwischen dieser Linie und der äußeren Kontur des Fensterrahmens ist ein konstanter Abstand zu erstellen. Dies ist jedoch nur möglich, wenn sich beide Linien in einer Ebene befinden. Da der Glasrahmen jedoch zur yz- und zur xz-Ebene geneigt ist, muss dessen äußere Fläche (in der Vorderansicht als Linie zu sehen) auf dieselbe Ebene der Kontur projiziert werden.

Zwischen unterem und oberem Profil des Fensterrahmens wird eine Übergangsfläche erzeugt. Die unbegrenzte Außenhaut des Fensterrahmens ergibt sich aus der Extrusion seiner äußeren Kontur. Bei der Entwicklung beider Flächen ergibt sich eine Durchdringung.

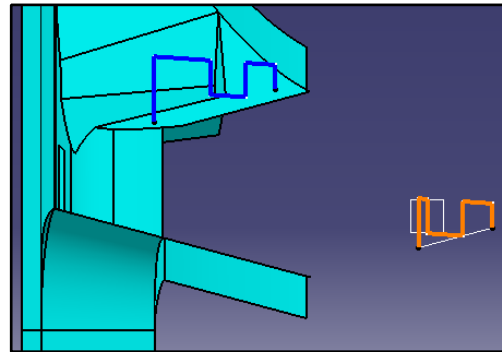


Abbildung 49 Oberes und unteres Fensterrahmenprofil

Dabei muss der Anteil der Übergangsfläche abgetrennt werden, welcher die Außenhaut des Fensterrahmens durchdringt.

Um anschließend die unbegrenzte Außenhaut des Fensterrahmens links und rechts an der richtigen Stelle zu trennen, wurden an der linken, äußeren Ecke des unteren Profils und an der oberen, rechten Ecke des Türaußenbleches Geraden in Richtung des Fensterrahmens entwickelt. Die Projektionen dieser Geraden auf die Außenhaut des Fensterrahmens bilden die Trennelemente. Somit ist der vertikale Bereich des Fensterrahmens ausreichend definiert.

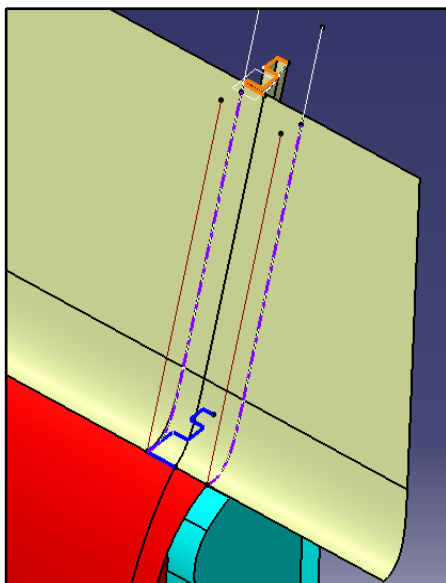


Abbildung 50 Unbegrenzte Außenhaut des Fensterrahmens

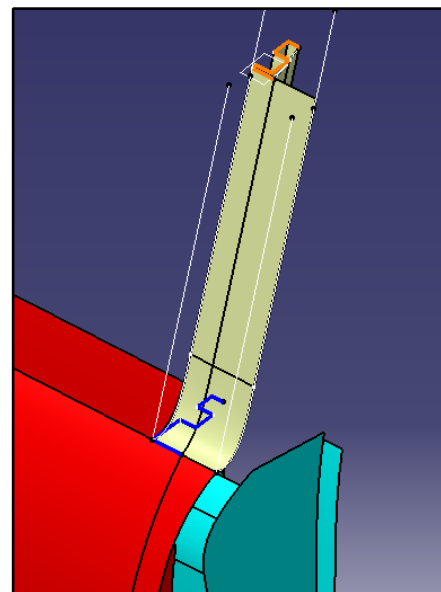


Abbildung 51 Zurechtgeschnittene Außenhaut des Fensterrahmens

3.9.3 Übergang in den horizontalen Bereich des Fensterrahmens

Dieses Kapitel beschreibt die Konstruktion des Überganges des vertikalen Fensterrahmenbereiches in den horizontalen Bereich. Der Übergang sowie der horizontale Fensterrahmen wird dabei durch eine Translationsfläche gebildet. Dabei wird das obere Fensterrahmenprofil aus Kapitel 3.9.2 beibehalten.

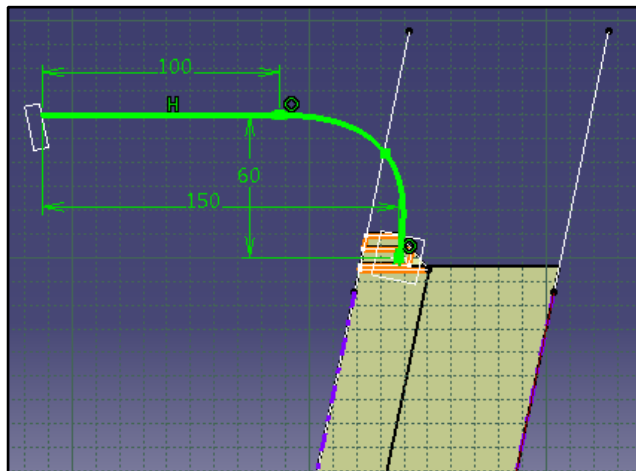


Abbildung 52 Leitkurve für den Übergang in den horizontalen Bereich des Fensterrahmens

Um aus diesem Profil den Übergang in den horizontalen Bereich zu gestalten, wird eine Leitkurve gebildet. Bei der Konstruktion dieser Leitkurve ist darauf zu achten, dass sie knickfrei in die Leitkurve des Glasrahmens übergeht (hintere Kante der Glasscheibe, s. Kap. 3.5.2), sodass auch der gesamte Übergang des Fensterrahmens einen knickfreien Verlauf zeigt.

Die Leitkurve setzt sich aus zwei Linien zusammen: eine horizontale Gerade und der hinteren Kante der Glasscheibe. Indem diese beiden Linien extrapoliert werden, können sie an Ihrem Schnittpunkt durch einen Kreisübergang tangential miteinander verbunden werden. Dabei ist zu beachten, dass sich die horizontale Gerade innerhalb einer entsprechenden Ebene befindet. Diese Ebene verläuft durch den oberen Endpunkt der Leitkurve für den Glasrahmen und steht zudem parallel zur Außenhaut des Fensterrahmens. Die Lage der Leitkurve für den Übergang des Fensterrahmens innerhalb dieser Ebene ist eine zwingende Voraussetzung für einen knickfreien Übergang des Fensterrahmens

Abschließend wird der Fensterrahmen der Vordertür durch Füllflächen der Außenhaut vervollständigt.

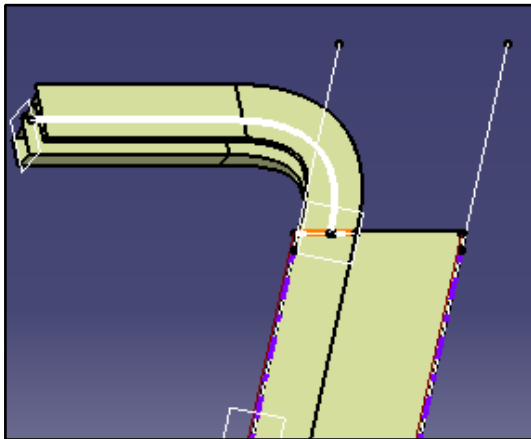


Abbildung 54 Oberer Fensterrahmen ohne Füllflächen

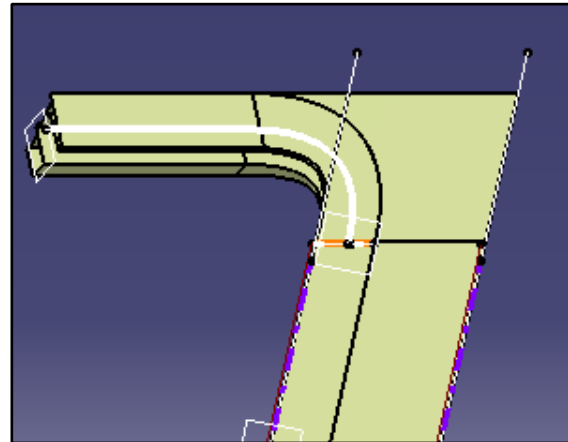


Abbildung 53 Oberer Fensterrahmen, vervollständigt durch Füllflächen

3.9.4 Glasrahmen der Hintertür

Prinzipiell kann für den Fensterrahmen der Hintertür dasselbe Verfahren genutzt werden. Allerdings muss hierfür vorab die Lage des vorderen Glasrahmens der Hintertür konstruiert werden. Dabei dient die Lage des hinteren Glasrahmens der Vordertür aus Kapitel 3.5.2 als Orientierung. Die Kante des Glasrahmens, welche ebenfalls für die Konstruktion der vorderen Türzarge verwendet wurde, wird nun entlang der x-Richtung extrudiert.

Da die Fensterscheiben der Vorder- wie auch der Hintertür innerhalb einer Ebene liegen, muss sich die der Vordertür gegenüberliegende entsprechende Kante des Glasrahmens von der Hintertür auf dieser Extrusionsfläche befinden. Um dessen exakte Lage zu bestimmen, wird jene Kante, welche ebenfalls Element der Zarge ist, so auf der Extrusionsfläche verschoben, dass sie am untersten Punkt auf die hintere Türzarge trifft – eine Extremposition des Glasrahmens, ohne dabei die vordere Zarge der Hintertür zu durchdringen. Anhand dieser Information lassen sich der vordere Glasrahmen der Hintertür und der darauf aufbauende Fensterrahmen entsprechend der Konstruktionsschritte aus Kapitel 3.9.2 und 3.9.3 entwickeln.

Soweit für diese Konstruktion von Bedeutung, sind die beiden Türen nunmehr vollständig konstruiert. Damit sind auch alle für den Bauraum der B-Säule relevanten Konturen der Türen gegeben. Anhand der beiden Fensterrahmen können nun der obere Bereich der B-Säule und der Übergang zum Dach entwickelt werden.

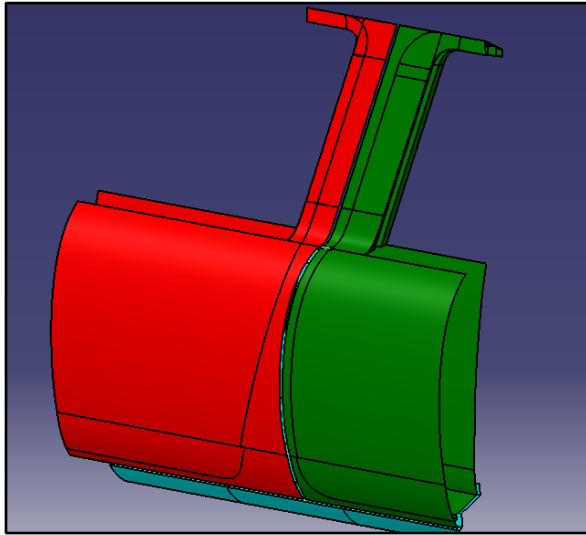


Abbildung 65 Vollständige Vorder- und Hintertür

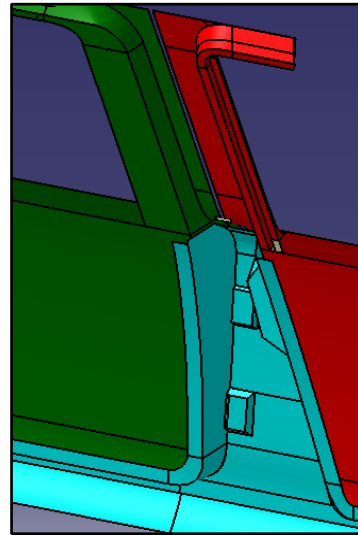


Abbildung 66 Oberer Bauraum der B-Säule

3.10 Oberer Bereich der B-Säule und Übergang in das Dach

Der obere Bereich der B-Säule besteht aus der Fortführung seiner elementaren Flächen:

- Säulenaußenfläche
- Vordere und hintere Nischenfläche
- Säuleninnenfläche
- Schweißflansche

Diese Flächen müssen jederzeit und unabhängig von der manuellen Parametereingabe in durchgehendem Kontakt zu den entsprechenden oberen Kanten der bisher konstruierten B-Säule stehen. Des Weiteren muss der Bauraum berücksichtigt werden, welcher durch die Fensterrahmen der Vorder- und der Hintertür begrenzt wird.

3.10.1 Obere Nischenflächen

Diesen beiden Aspekten wird entsprochen, indem sich die oberen unbegrenzten Nischenflächen aus der jeweiligen Extrusion einer Profilgeraden ergeben. Sie liegt in einer Ebene, welche die Orientierung der Fensterrahmen berücksichtigt. Eine Ebendefinition durch die beiden Kanten der Fensterrahmen ergibt die Ausgangsebene für eine darauffolgende Offset-Ebene. Letztere wird so konstruiert, dass die obere Kante der Nischenfläche von ihr eingeschlossen wird. Diese Kante kann folglich als Richtung der Extrusion verwendet werden. Das damit verbundene Verfahren wird für die beiden oberen unbegrenzten Nischenflächen verwendet. Um diese unbegrenzten Nischenflächen nach vorn und nach hinten zu begrenzen, muss die obere Säuleninnen- und Säulenaußenfläche bekannt sein.

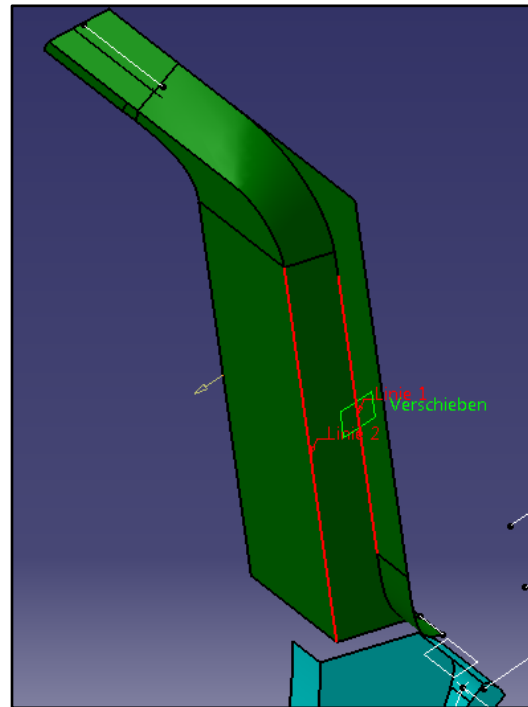


Abbildung 55 Ausgangsebene für die Offset - Ebene der oberen Nischenflächen

3.10.2 Obere Säuleninnen- und Säulenaußenfläche

Die obere Säulenaußenfläche wird ähnlich der unteren aus der Extrusion ihrer Kontur gebildet. Für die Entwicklung dieser Kontur ist diejenige der Außenfläche der Fensterrahmen maßgeblich. Da die Außenhaut der Fensterrahmen ein Teil der gesamten Türaußenhaut ist, muss auch hier der Abstand von 10 mm zwischen Säulen- und Türaußenfläche berücksichtigt werden. Dies gelingt mittels Erstellung einer zur Fensterrahmenkontur parallelen Kurve.

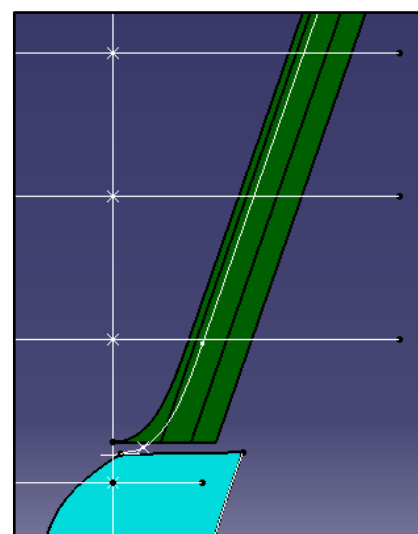


Abbildung 56 Obere Kontur für die Säulenaußenfläche

Diese Kurve muss tangenstetig an die Kontur der unteren Säulenaußenfläche angebunden werden.

Im Vergleich zur oberen Säulenaußenfläche lässt sich die obere Säuleninnenfläche deutlich einfacher gestalten. Auch sie ist das Produkt der Extrusion ihrer Kontur. Die Kontur wurde zunächst als tangenstetige Extrapolation der unteren Säuleninnenkontur gewählt. Folglich wurde die Kontur durch eine Gerade repräsentiert. Dieses Verfahren ließ die oberen Nischenflächen verhältnismäßig zu den unteren sehr breit wirken. Aufgrund dessen wurde die Kontur für die Säuleninnenfläche durch eine angepasste Spline neu gestaltet.

Anhand dieser vier unbegrenzten Flächen kann nunmehr in einem Trennverfahren die obere Form der B-Säule gestaltet werden.

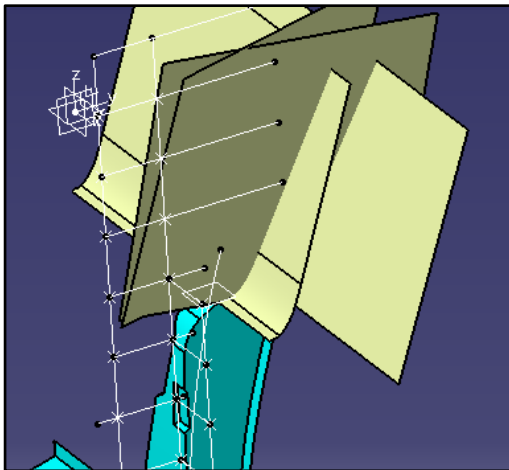


Abbildung 69 Unbegrenzte obere elementare Säulenflächen

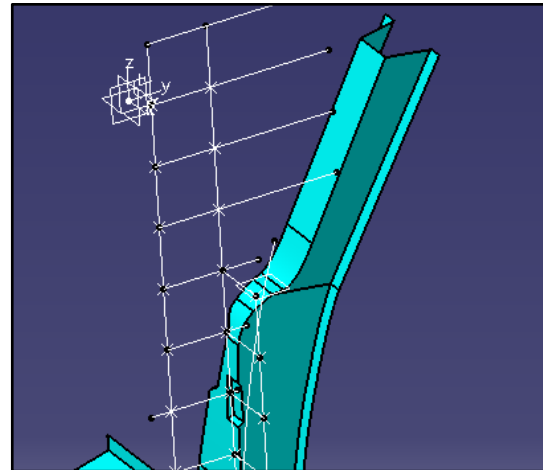


Abbildung 70 Begrenzte obere elementare Säulenflächen

3.10.3 Übergang in das Dach

Der Übergang der B-Säule in das Dach erfordert zunächst einen Profilschnitt des Dachrahmens. Dieses Profil wird ähnlich dem Profil des HAW-Modelles, ausgelegt.

Dabei muss dieses Profil analog zur Vorgehensweise in Kapitel 3.8 dupliziert werden. Anschließend werden die beiden Profile so positioniert, dass ein tangential- und krümmungsstetiger Übergang zwischen der B-Säule und dem Dach möglich ist. Per Extrusionsbefehl des Profiles können die Flächen des Dachrahmens entwickelt werden. Da sich der Übergang vom Schweller zur B-Säule und der Übergang von der B-Säule zum Dach stark ähneln, kann der Abschnitt gleichfalls analog zu den entsprechenden Konstruktionsschritten aus Kapitel 3.8 entwickelt werden.

4. Abschließende Zusammenfassung und Ausblick auf mögliche Ansätze zur Verbesserung

Das Ziel dieser Abschlussarbeit bestand in der Entwicklung einer parametrisch-assoziativ gestalteten B-Säule. Diese Säule sollte unter der besonderen Berücksichtigung einer nachträglichen Veränderbarkeit konstruiert werden, sodass die Türflächen als austauschbar betrachtet werden können. Dabei wurde beachtet, dass sich die Flächen der B-Säule nach jeder Parametervariation und jedem darauffolgenden Konstruktionsupdate den Türflächen solcherart anpassen, dass der Bauraum mit möglichst großem Volumen ausgenutzt und dadurch eine effiziente Sicherheitsfunktion der B-Säule gewährleistet wird. Dieses Verfahren ermöglicht eine beträchtliche Zeitersparnis für den Konstrukteur. Die Konstruktion selbst muss zwar exakt und detailliert geplant, durchdacht und durchgeführt werden, doch muss der Konstrukteur beim Einsatz neuer Türflächen keine erneuten Anpassungsarbeiten bezüglich der B-Säule durchführen. Insofern werden damit deutlich kürzere Entwicklungszeiten erreicht. Die gegenständliche Abschlussarbeit sollte unter anderem die grundlegenden Prinzipien einer parametrisch-assoziativen Konstruktion verdeutlichen. Da diese Konstruktionsmethode überwiegend auf der Verwendung von Boundary Representations beruht, muss sich der Anwender stets fragen, ob etwa die Kante einer Fläche, die er für die Definition einer Extrapolation benutzt, ihre Form auch nach einem Update beibehält. Bei mangelnder Berücksichtigung entsprechender Aspekte können sehr schnell Update-Fehler auftreten, deren Isolierung und Beseitigung teils sehr zeit- und konzentrationsaufwändig geraten können, da hierbei mehrere Eltern-Kind-Beziehungen der einzelnen Objekte geprüft werden müssen. Aus diesem Grund ist das Verfahren der parametrisch-assoziativen Konstruktion nicht grenzenlos einsetzbar. Diese Tatsache zeichnete sich besonders in Kapitel 3.3 bei der Konstruktion des Fugenspaltes ab. Durch das dort eingesetzte Verfahren zur Definition des Fugenspaltes besteht ein so starker Bezug zur Kontur der Türaußenfläche, dass diese nicht beliebig gestaltet werden kann. Die in Kapitel 2.4 gewählte Lösung erlaubt es zwar, die Türflächen als austauschbar zu betrachten, doch muss bei der Parameterdefinition der Türaußenkontur berücksichtigt werden, welche Folgen sich ggf. aus den gewählten Parameterwerten ergeben.

Es ist denkbar, den einzelnen Parametern insbesondere der Türaußenkontur Grenzbereiche hinzuzufügen, innerhalb derer dem Anwender eine bestimmte Auswahl an Parameterwerten offensteht. Beim Versuch, diese Grenzbereiche zu definieren, zeigte sich gleichwohl, dass dies einen enormen Aufwand erfordern würde, denn zwischen den einzelnen Punkten der Türaußenkontur bestehen starke interdependente Zusammenhänge. Eine andere Möglichkeit, das Problem der Fugendefinition zu umgehen, wäre die Entwicklung eines neuen Verfahrens, das ebenfalls eine sinnvolle Lage des Türspaltes liefert.

5. Literatur- und Quellenverzeichnis

- Tecklenburg, G.** *Abb. 57: Die digitale Produktentwicklung II*
Haus der Technik, 2010
- Braß, E.** *Parametrik und Assoziativität, Abb. 8 – Abb. 15: Konstruieren mit CATIA V5 Methodik der parametrisch-assoziativen Flächenmodellierung*
München Hanser 2009
- Prof. S. Bigalke** *Konstruktionsmethoden: Vorlesungsunterlagen ``Karosseriekonstruktion 2``, 2015/2016*
- Prof. S. Bigalke** *Konstruktionsmethoden: CATIA-Datensatz ``BSAEULE8MITPARAMFSTUDIS``, 2015*
- Wikipedia** *Karosseriespezifische Grundlagen B-Säule:*
<https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrzeugs%C3%A4ule>
Abruf am 20.03.2016
- Außenhochdruckumformen:*
<https://de.wikipedia.org/wiki/Innenhochdruckumformen>
Abruf am 20.03.2016
- Autoform** *Warmumformen:*
<http://www.autoform.com/de/glossar/warmumformung/>
Abruf am 20.03.2016