



Diplomarbeit

# Die Konzeptphase in der Türentwicklung

Peter Schadenbauer

Durchgeführt am Institut für Fahrzeugtechnik  
Vorstand : Univ.-Prof. Dr. techn. Wolfgang HIRSCHBERG

Betreuende Assistenten:

Dipl.-Ing. Dr. techn. Mario HIRZ  
Dipl.-Ing. (FH) Alexander HARRICH

und bei

Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG, Graz  
Abteilung: Entwicklung Türen und Klappen (EAT-T)

Betreuer seitens Magna Steyr Fahrzeugtechnik:

Dipl.-Ing. Sascha MELNJAK

eingereicht am:

14. Mai 2010 in Graz



Die Arbeit unterliegt der Veröffentlichungssperre bis 2012



## EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am .....

.....  
Peter Schadenbauer

## STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

date .....

.....  
Peter Schadenbauer

## Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Fahrzeugtechnik an der Technischen Universität Graz im Auftrag von Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG in der Abteilung Konstruktion Aufbau im Fachbereich Türen und Klappen durchgeführt.

An dieser Stelle möchte ich mich für die überaus interessante Aufgabenstellung, sowie für die kompetente Betreuung und Unterstützung bei Herrn Dr. Mario Hirz und Herrn Dipl.-Ing (FH) Alexander Harrich bedanken.

Des Weiteren möchte ich mich bei den Ansprechpartnern seitens der Magna Steyr Fahrzeugtechnik recht herzlich bedanken. Mein besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Sascha Melnjak, da ohne seine tatkräftige und beratende Unterstützung die Arbeit nicht in dieser Zeit abgeschlossen hätte werden können.

Großer Dank gebührt auch Herrn Dipl.-Ing. Alexander Haselwanter, Herrn Gernot Bindar, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Werner Koller und Herrn Thomas Bressnig für Ihre Hilfe und Unterstützung in fachlichen Fragen.

Meiner Familie und meiner Freundin möchte ich meinen besonderen Dank aussprechen, da sie mich während meiner gesamten Ausbildung in jeder Hinsicht motiviert, bekräftigt und unterstützt haben.

Graz, im April 2010

Peter Schadenbauer

## Kurzfassung

Diese Diplomarbeit untersucht die Konzeptphase in der Fahrzeugtürentwicklung. Das Ziel dieser Arbeit ist die nachhaltige Sicherung einer fundierten Wissensbasis über die Konzeptphase in der Türentwicklung. Für diese Betrachtung wurde die E83 Fahrzeugtür anhand von charakteristischen Schnitten beschrieben. Die Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit Magna Steyr Fahrzeugtechnik im Fachbereich Türen und Klappen durchgeführt.

Im ersten Schritt der Diplomarbeit wurden die Literaturrecherche und ein Quervergleich bestehender Türrohbau- und Anbauteilkonzepte durchgeführt. Des Weiteren wurden relevante Einflussgrößen durch Interviews von Experten zusammengetragen und dokumentiert. Als fixe Eingabegrößen für die Auslegung dienten Vorgaben hinsichtlich Ergonomie und Design sowie gesetzliche Regeln und Normen. Da die Tür außerdem auch eine Schnittstelle zu anderen Bereichen darstellt, finden auch diese Vorgaben Eingang in das Türkonzept. Die genannten Rahmenbedingungen, die Aufgaben einer Tür und die technologischen Ansprüche, wie Material, Umformverfahren und Füge-technologie, bilden zusammen das Anforderungsprofil einer Tür.

Teilweise sind die Vorgaben schon bei den Auslegungen zu berücksichtigen. Die Untersuchungen dienen zur Absicherung des Designs hinsichtlich technischer und technologischer Machbarkeit. Um eine möglichst konfliktfreie Vorgehensweise zu gewährleisten, werden die Auslegungen und Untersuchungen in einer definierten Reihenfolge durchgeführt.

All diese zuvor festgelegten Vorgaben und Auslegungen fließen in den abschließenden Aufbau der Schnitte ein. Die jeweiligen Schnitte müssen über die Ein- und Ausgabegrößen untereinander abgestimmt werden. Das Resultat der einzelnen, abgestimmten Schnitte der Konzeptphase wird durch die Schnittmappe dokumentiert.

Anhand der in der Arbeit dokumentierten Türkonzepte, Anbauteile, Einflussgrößen, Anforderungen, Abläufe, Untersuchungen, Auslegungen und beschriebenen Schnitte wurde eine Basis geschaffen, die einem unerfahrenen Mitarbeiter den Einstieg und die Einarbeitung in die konzeptionelle Auslegung einer Fahrzeugtür erleichtert.

## Abstract

This diploma thesis examines the concept phase of vehicle door development. The objective of this study was to substantially provide knowledge of the designing process for vehicle doors in the concept phase. Based on a E83 vehicle door, so called section cuts were used at characteristic locations to describe the process.

At the beginning of this diploma thesis, literature research and cross-comparisons for existing vehicle doors and for concepts of attached parts were done. Furthermore, experts for vehicle door engineering were consulted to gather further relevant parameter. Specifications in terms of ergonomics, styling and interface requirements as well as legal requirements and engineering standards for designing vehicle doors are discussed in this study. These specifications, the door functions and the technologic surrounding conditions, such as materials, forming and joining technology, form the requirement profile for the designing process of a vehicle door.

Doing door dimensioning and door studies, the requirement profile has generally been borne in mind. The door studies are used for the validation of the styling in consideration of technical and technologic feasibility. Door dimensioning and door studies are done in a specific order. This guarantees a conflict-free procedure.

The requirement profile, door dimensioning and door studies are integrated in the final layout of the section cuts. Each cut has to be adapted among each other. The result of each section cut during the concept phase is documented in an corresponding folder.

By this diploma thesis a basis was generated to disburden an inexperienced employee the job training for the vehicle door concept phase.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangssituation . . . . .	1
1.2	Aufgabenstellung . . . . .	1
1.3	Ziel der Arbeit . . . . .	1
1.4	Vorgehensweise . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Grundlagen zu PKW Seitentüren</b>	<b>3</b>
2.1	Bedeutung der PKW Seitentür . . . . .	3
2.2	Aufgaben der PKW Seitentür . . . . .	3
2.3	Aufbau einer PKW Seitentür . . . . .	4
2.4	Türrohbau . . . . .	4
2.4.1	Allgemeines . . . . .	4
2.4.2	Schalenbauweise . . . . .	5
2.4.3	Profilbauweise . . . . .	6
2.4.4	Weitere Unterscheidungsmerkmale des Türrohbaus . . . . .	7
2.4.4.1	Rahmenlose Tür . . . . .	7
2.4.4.2	Rahmentür . . . . .	7
2.4.4.3	Aufgelegte und eingeschnittene Tür . . . . .	9
2.5	Beschreibung der Anbauteile . . . . .	10
2.5.1	Allgemeines . . . . .	10
2.5.2	Scharnier . . . . .	10
2.5.2.1	Wahl des TürKonzepts . . . . .	10
2.5.2.2	Scharnierarten . . . . .	12
2.5.3	Türbremse . . . . .	13
2.5.4	Fensterheber . . . . .	14
2.5.5	Schließsystem . . . . .	15
2.5.5.1	Bauteile eines Schlosses . . . . .	15
2.5.6	Dichtungen . . . . .	15
2.5.6.1	Dichtungen in der PKW Seitentür . . . . .	16
2.5.6.2	Dichtlinien . . . . .	16

<b>3</b>	<b>Einteilung der Türwerkstoffe</b>	<b>18</b>
3.1	Metalle . . . . .	18
3.1.1	Stahl . . . . .	19
3.1.1.1	Weiche Stähle . . . . .	19
3.1.1.2	Hochfeste Stähle . . . . .	21
3.1.1.3	Höchstfeste Stähle . . . . .	24
3.1.1.4	Tailored Blanks . . . . .	26
3.1.2	Aluminium . . . . .	27
3.1.2.1	Bleche . . . . .	28
3.1.2.2	Strangpressprofile . . . . .	30
3.1.2.3	Gussteile . . . . .	30
3.1.3	Magnesium . . . . .	30
3.2	Kunststoffe . . . . .	31
3.2.1	Thermoplaste . . . . .	31
3.2.2	Duroplaste . . . . .	32
<b>4</b>	<b>Umformverfahren im Türrohbau</b>	<b>33</b>
4.1	Tiefziehen . . . . .	33
4.1.1	Wichtige Kennwerte für die Blechumformung . . . . .	34
4.1.1.1	Allgemeines . . . . .	34
4.1.1.2	Elastischer Bereich . . . . .	35
4.1.1.3	Plastischer Bereich . . . . .	35
4.1.2	Weitere Einflussgrößen bei der Auslegung des Türinnenblechs . . . . .	37
4.2	Strangpressen . . . . .	40
4.3	Rollformen . . . . .	42
<b>5</b>	<b>Fügetechnologien im Türrohbau</b>	<b>43</b>
5.1	Kleben . . . . .	43
5.1.1	Bördelflansch (R1 Naht) . . . . .	45
5.1.1.1	Konstruktive Auslegung des Bördelflanschs . . . . .	45
5.1.2	Unterfütterungsklebung (R2 Naht) . . . . .	47
5.1.3	Strukturelle Klebung (R3 Naht) . . . . .	48
5.1.3.1	Auslegung Klebespalt . . . . .	48
5.2	Schweißen . . . . .	48
5.2.1	Widerstandspunktschweißen . . . . .	49
5.2.2	Laserschweißen . . . . .	49
5.3	Clinchen . . . . .	51
5.3.1	Arten von Clinchverbindungen . . . . .	51
5.3.2	Aufbau und Ablauf beim Clinchen . . . . .	51
5.3.3	Konstruktive Auslegung der Füge­teile . . . . .	52

5.4	Stanznieten . . . . .	53
5.4.1	Aufbau und Prozess beim Stanzen . . . . .	53
5.4.2	Konstruktive Auslegung von Stanznietverbindungen . . . . .	54
<b>6</b>	<b>Anforderungen an die Tür</b>	<b>56</b>
6.1	Gesamtfahrzeugpackage . . . . .	56
6.1.1	Fahrzeugbreite bei geöffneter Tür . . . . .	57
6.1.2	Schwellerhöhe und maximale Einstieghöhe . . . . .	58
6.1.3	Brüstungshöhe . . . . .	58
6.1.4	Ellbogen- und Schulterfreiheit . . . . .	58
6.1.5	Obere und seitliche Kopffreiheit . . . . .	59
6.1.6	Rundumsicht . . . . .	59
6.2	Ergonomie . . . . .	60
6.3	Design . . . . .	60
6.4	Gesetze . . . . .	61
6.4.1	Anforderungen an die innere Sicherheit (ECE-R 21 und FMVSS 201) . . .	61
6.4.2	Türschlösser und Scharniere . . . . .	62
6.4.2.1	Schlossfestigkeit (ECE-R 11 und FMVSS 206) . . . . .	62
6.4.2.2	Türen und Verschlüsse (StVZO 35 e) . . . . .	62
6.4.2.3	Frontal- und Heckaufprall (ECE-R 32 und 33) . . . . .	62
6.4.3	Seitenstruktur- und Seitentürfestigkeit (ECR-R 95 und FMVSS-214) . . .	62
6.4.4	Dacheindruckschutz (FMVSS 216) . . . . .	63
6.4.5	Statische Türeindrückung (FMVSS 214 a) . . . . .	63
6.4.6	Brennbarkeit von Innenraum-Materialien (StVZO 30 bzw. FMVSS 302) .	64
6.5	Strukturelle Anforderungen . . . . .	64
6.5.1	Rahmensteifigkeit . . . . .	65
6.5.2	Beulsteifigkeit . . . . .	65
6.5.3	Türabsenkung . . . . .	66
6.5.4	Türüberdrückung . . . . .	66
6.5.5	Prüfung im Fahrversuch . . . . .	67
6.6	Anforderungen an die Dauerfestigkeit . . . . .	67
6.6.1	Türdauerlauf . . . . .	67
6.6.2	Vibrationsprüfung . . . . .	67
6.7	Anforderungen an das Dichtungssystem . . . . .	68
6.7.1	Wasserdichtheit . . . . .	68
6.7.1.1	Berechnungskammer . . . . .	68
6.7.1.2	Hochdruckreiniger . . . . .	68
6.7.1.3	Waschstraße . . . . .	68
6.7.1.4	Watversuch . . . . .	69

6.7.2	Staubdichtheit . . . . .	69
6.7.3	Gasdichtheit . . . . .	69
6.8	Korrosionsanforderungen . . . . .	69
6.8.1	Korrosion am Türrohbau . . . . .	69
6.8.2	Korrosion an Türscharnieren . . . . .	70
6.9	Klimawechselanforderungen . . . . .	70
6.9.1	Klimawechseltest . . . . .	70
6.9.2	Sonnensimulation . . . . .	70
6.9.3	Vereisungstest . . . . .	70
6.10	Lastenheft . . . . .	71
<b>7</b>	<b>Die Konzeptphase in der Türentwicklung</b>	<b>72</b>
7.1	Prinzipschnitte erstellen . . . . .	73
7.2	Grobkonzept . . . . .	74
7.3	Fugenkonzept . . . . .	74
7.4	Eindrehuntersuchungen . . . . .	74
7.5	Fahrzeigtürpackage . . . . .	75
7.6	Scheibenabsenkung . . . . .	75
7.7	Auslegung des Schließsystems . . . . .	75
7.8	Auslegung Türbremse . . . . .	76
7.9	Festlegung und Abstimmung des Dichtflanschs . . . . .	76
7.10	Erstellung der 3D-Türrohbau Konzeptgeometrie . . . . .	76
7.11	Berechnung und Simulation . . . . .	77
7.12	Festlegung Funktionsmaßkonzept . . . . .	77
7.13	Evaluierung der Ergebnisse und Optimierung des Konzepts . . . . .	77
<b>8</b>	<b>Konzeptionelle Auslegung anhand von Schnitten</b>	<b>78</b>
8.1	Ausgangslage des Konstrukteurs . . . . .	78
8.2	Vorbereitende Tätigkeiten vor Auslegungsbeginn . . . . .	79
8.2.1	Konstruktionskoordinatensystem . . . . .	79
8.2.2	Schnittebenen am Strak . . . . .	80
8.2.3	Schnittarten . . . . .	81
8.2.3.1	Referenzschnitte . . . . .	81
8.2.3.2	Packageschnitt . . . . .	82
8.2.3.3	Prinzipschnitte . . . . .	83
8.2.4	Festlegung der Funktionen und Auswahl der Bauteile . . . . .	83
8.2.5	Festlegung der vorläufigen Tiefziehrichtung und Berücksichtigung der Entformschräge . . . . .	84

8.3	Auslegung und Erstellung der Schnitte . . . . .	84
8.3.1	Scheibenabsenkung . . . . .	85
8.3.1.1	Absicherung des Scheibenstylings nach Bauraumauslegung . . .	86
8.3.2	Türeindrehung . . . . .	87
8.3.2.1	Auslegung der Scharnierachse . . . . .	88
8.3.2.2	Scharnierschnitt 1 . . . . .	93
8.3.3	Schließsystem . . . . .	94
8.3.3.1	Auslegung des Schlosses . . . . .	95
8.3.3.2	Schlossschnitt 2 . . . . .	96
8.3.4	Türbremse . . . . .	97
8.3.4.1	Auslegung einer separaten Türbremse . . . . .	97
8.3.4.2	Türbremsenschnitt 3 . . . . .	99
8.3.5	A-Säulen- und Dachrahmenschnitt . . . . .	100
8.3.5.1	A-Säulenschnitt 4 . . . . .	101
8.3.5.2	A-Säulenschnitt 5 . . . . .	102
8.3.5.3	Dachrahmenschnitt 6 . . . . .	103
8.3.6	Schwellerschnitt 7 . . . . .	105
8.3.7	B-Säulenschnitte . . . . .	106
8.3.7.1	B-Säulenschnitt 8 . . . . .	106
8.3.7.2	B-Säulenschnitt 9 . . . . .	108
8.3.8	Brüstungsschnitt 10 . . . . .	109
8.3.9	Spiegelfussschnitte . . . . .	110
8.3.9.1	Spiegelfussschnitt 11 . . . . .	111
8.3.9.2	Spiegelfussschnitt 12 . . . . .	111
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>113</b>
	A Anhang . . . . .	126
	B Anhang . . . . .	131

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Ausgangssituation

Die frühe Phase einer Fahrzeugentwicklung ist geprägt von einer Vielzahl unterschiedlicher Variantenentwürfe, unvollständigen Datenbeständen und sich ständig ändernden Randbedingungen. Aufgrund dieses hohen Grades an Flexibilität kann diese Phase abhängig vom jeweiligen Entwicklungsprozess unterschiedlich ablaufen. Dies trifft auch für die Entwicklung der einzelnen Submodule, wie etwa der Fahrzeugtür, zu. Für den Teilbereich der Türentwicklung sollen typische Entwicklungsschritte, Prozessparameter und Datenflüsse anhand der E83 Prinzipschnitte erklärt werden.

### 1.2 Aufgabenstellung

In dieser Diplomarbeit soll anhand der Prinzipschnitte die Konzeptphase in der Türentwicklung eines international tätigen Unternehmens untersucht werden. Prinzipschnitte stellen das Zusammenspiel von Komponenten an definierten Schnittstellen (z.B. A-Säule, Dichtung und Türrahmen) in 2-dimensionaler Form dar. Für die jeweiligen Phasen sollen sowohl die Zuständigkeiten abgegrenzt werden, als auch In- und Outputs der einzelnen Entwicklungsbereiche definiert werden. Des Weiteren sollen auf Basis der Schnitte der Ablauf, die Auslegung und der Aufbau beschrieben werden um einem neuen Mitarbeiter den Einstieg in die Konzeptphase erleichtern und bei der Erstellung der Prinzipschnitte zu unterstützen. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt daher in der Beschreibung und Dokumentation der in der Konzeptphase angewandten Schnittmethode.

### 1.3 Ziel der Arbeit

Die Ziele der Arbeit werden folgendermaßen definiert:

1. Nachhaltige Sicherung von Wissen zum Thema Konzeptphase in der Türentwicklung.
2. Dokumentation der Entwicklungsschwerpunkte in der Türentwicklung und deren Schnittstellen zu anderen Bereichen.
3. Dokumentation des Ablaufes im Türentwicklungsprozess und der Prinzipschnitte zur Erleichterung des Projekteinstiegs für neue Mitarbeiter.

## 1.4 Vorgehensweise

Um einen Überblick über die verwendeten Türrohbaausführungen und Anbauteile zu bekommen wurde eingangs eine Literaturrecherche durchgeführt. Für die Recherche wurden einerseits fachrelevante Bücher, Normen und Berichte und andererseits die Benchmark-Webseite A2mac herangezogen. Auf dieser werden verschiedene Fahrzeugtypen mit ihren Unterbaugruppen analysiert. Aus dem Vergleich dieser Türrohbaausführungen wurden Vor- und Nachteile bezüglich der Rahmenbauweise abgeleitet und erläutert.

Zur weiteren Informationsbeschaffung dienten zudem kontextuelle Interviews, informelle Gespräche und Diskussionen in den beteiligten Bereichen. Aus diesen Informationen konnten Vorgaben für die Erstellung der einzelnen Auslegungen und den Aufbau der Schnitte generiert werden. Des Weiteren mussten die technologischen Einflussgrößen von Materialien, Umformverfahren und Fügevverfahren betrachtet werden. Aufbauend auf den Anbauteilen, Vorgaben und Einflussgrößen wurden im nächsten Schritt die einzelnen Auslegungen und der Aufbau der Schnitte erklärt.

# Kapitel 2

## Grundlagen zu PKW Seitentüren

### 2.1 Bedeutung der PKW Seitentür

Die PKW Tür ist ein wesentlicher Bestandteil der Karosserie. Zum Schutze der Insassen muss sie eine ausreichende Stabilität und Steifigkeit aufweisen. Des Weiteren sollten viele Funktionen integriert werden, beispielsweise der Fensterheber und das Schließsystem. Durch die in letzter Zeit stark gewachsenen Anforderungen müssen die Konstrukteure zusätzliche Bauteile, wie Seitenaufprallschutz, Seitenairbag, Elektrik, Belüftung usw. unterbringen.

### 2.2 Aufgaben der PKW Seitentür

Die Fahrzeugtür hat folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Innenraum öffnen/schließen,
- Innenraum verriegeln/ entriegeln,
- Schutz gegen Wasser, Wind, Lärm und Staub,
- passiver Insassenschutz bei Front-, Seiten und Heckcrash,
- die seitliche Sicht ermöglichen,
- Komfort und
- Diebstahlschutz bieten.

## 2.3 Aufbau einer PKW Seitentür

Die PKW Seitentür fasst eine Reihe von Bauteilen. In Abbildung 2.1 ist exemplarisch der Gesamtaufbau einer Tür in einer Explosionszeichnung dargestellt. Die Fahrzeugtür setzt sich aus dem Türrohbau (1) und den Anbauteilen zusammen. Die Anbauteile bestehen aus Scharnieren (2), Türbremse (3), Fensterhebersystem (4), Fensterscheibe (5), Schließsystem (6), Türkantenschutz (7), Fensterführungsschiene (8), Schachtabdichtung (9), Außenspiegel (10), Spiegelabdeckung innen (11), Lautsprecher (12), Interieurteilen (13), Kabelbaum (14) und Folie (15) für die Abtrennung des Nass- und Trockenraums. Der Türrohbau mit Scharnieren, die Türbremse und die wichtigsten Anbauteile wie Fensterheber, Schließsystem und Dichtungen werden in den weiteren Unterkapiteln näher behandelt.

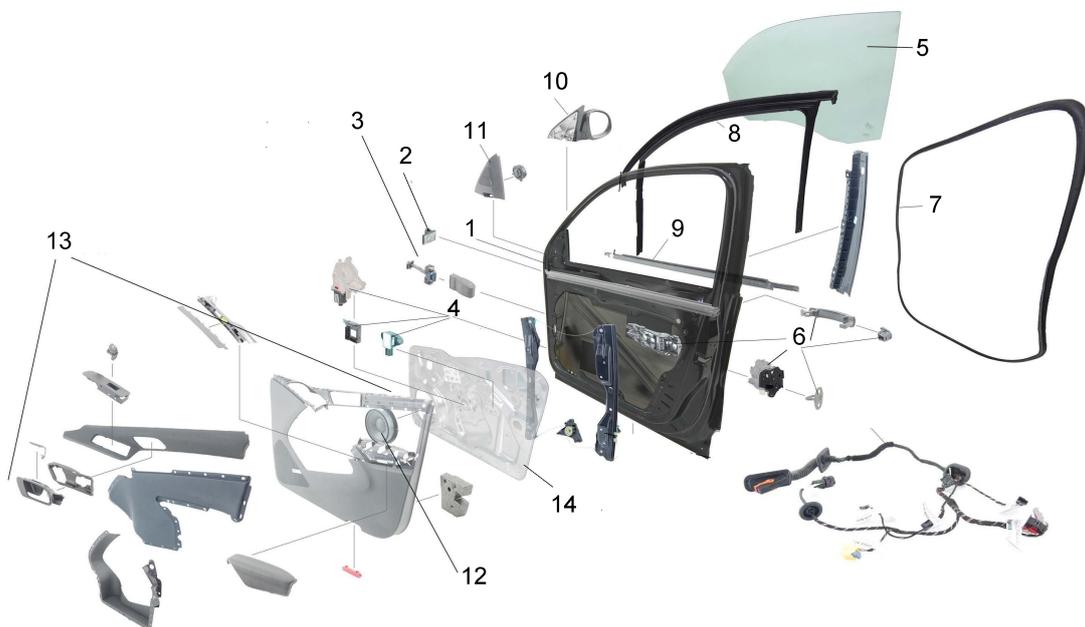


Abbildung 2.1: Explosionszeichnung einer Tür [6]

## 2.4 Türrohbau

### 2.4.1 Allgemeines

Der Türrohbau setzt sich aus einer Vielzahl von Blechen zusammen, die eine Herausforderung an die Umform- und Füge-techniken darstellen. Nach Art der Bauweise wird zwischen der Blechschalen und der Profilbauweise unterschieden.

### 2.4.2 Schalenbauweise

Die tragende Struktur des Türrohbaus besteht typischerweise aus einer äußeren und einer inneren Blechschale. Als Werkstoff für die Schalen können beispielsweise Stahl und Aluminium eingesetzt werden. Die Schalenelemente können durch das Tiefziehverfahren hergestellt und durch Schweißen, Bördeln, Kleben, Clinchen, Nieten bzw. durch Verschrauben gefügt werden. Infolge der Belastungen (z.B. Türabsenkung, Türzuschlag) muss der Türrohbau eine ausreichende Steifigkeit im Bereich der Scharniere, der Türbremse, der Brüstung, des Schlosses, der Türaußenhaut usw. aufweisen. Die nachfolgenden Aufzählungen zeigen unterschiedliche Varianten, um die Steifigkeit in den oben genannten Bereichen zu erhöhen.

#### 1. Herkömmlicher Türrohbau

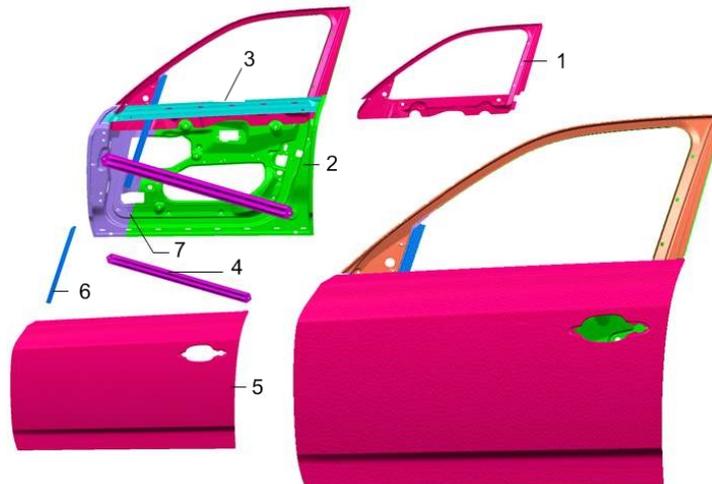
Diese zusätzliche Steifigkeit am herkömmlichen Türrohbau kann durch Verstärkungsbleche (siehe Abbildung 2.2), wie beispielsweise durch eine Scharnier- (1) und Schlossverstärkung (2), realisiert werden. Beispielhaft wurden diese Verstärkungsbleche beim neuen R60 (Mini) eingesetzt.



**Abbildung 2.2:** Verwendete Verstärkungsbleche

#### 2. Tailored Blank

Tailored Blanks sind Blechplatinen, die aus zwei oder mehreren Metallen unterschiedlicher Festigkeit bzw. Stärke durch Laserschweißen gefügt und anschließend tiefgezogen werden. Beispielsweise wird der als Tailored Blank ausgeführte Türrohbau des E83, in Abbildung 2.3 gezeigt, der aus Schließblech (1), Türinnenblech (2), Brüstungsverstärkung (3), Crashstrebe (4), Fensterführungsschiene (5), Türaußenblech (6) und der Fügelinie des Tailored Blank (7) besteht. Durch die Anwendung von Tailored Blanks kann die Anzahl der Bauteile reduziert werden, da zusätzliche Verstärkungsmaßnahmen entfallen. In weiterer Folge kann ebenfalls die Anzahl der Tiefziehwerkzeuge reduziert werden, wodurch Werkzeugkosten gesenkt werden.



**Abbildung 2.3:** Der als Tailored Blank ausgeführte Türrohbau des E83

Die Blechschalenbauweise mittels Tiefziehverfahrens setzt sich sehr häufig nur bei hohen Stückzahlen bzw. in der Serienproduktion durch, da die Werkzeugkosten sehr hoch sind.

### 2.4.3 Profilbauweise

Der Türrohbau, der in Abbildung 2.4 dargestellt ist, wird aus profilierten Blechen hergestellt, die durch Strangpressen oder Rollformen hergestellt werden. Die profilierten Stahl- oder Aluminiumprofile werden vornehmlich durch Schweißung zu einem stabilen Rahmen gefügt. Durch weitere Versteifungsmaßnahmen kann die Stabilität des Rahmens erhöht werden. Der Türrahmen kann bei dieser Bauweise entweder aufgelegt, eingelegt oder ohne Türrahmen ausgeführt sein. Die Anbauteile der Tür werden am Rahmen befestigt.



**Abbildung 2.4:** Profilbauweise [38]

Diese Bauweise bewährt sich vor allem bei geringen Stückzahlen (Kleinserien), da dieses Verfahren flexibel und kostengünstig sein kann. Des Weiteren ermöglichen die geschlossenen Profile eine gute Steifigkeit des Türrahmens. Die Anpassung der Konturen ist bei der Profilbauweise nicht möglich, da die einzelnen, profilierten Querschnitte aus einem gleichbleibenden Querschnitt bestehen.

#### 2.4.4 Weitere Unterscheidungsmerkmale des Türrohbaus

Nach der Art des Rahmens (siehe Abbildung 2.5) kann zwischen einer rahmenlosen Tür und einer Rahmentür unterschieden werden.



Abbildung 2.5: Rahmenlose Tür und Rahmentür [64]

##### 2.4.4.1 Rahmenlose Tür

Die rahmenlose Tür besteht aus einem Türinnenblech und einem Türaußenblech welche bis zur Brüstung reichen. Durch den fehlenden Rahmen sollten zusätzliche Verstärkungsmaßnahmen am Türrohbau vorgesehen werden. Des Weiteren muss die A-Säule verstärkt werden, da der Lastpfad über dem Türrahmen entfällt. Die Anbindungspunkte des Fensterhebersystems sind zusätzlich zu versteifen, da die Scheibe nicht durch den Rahmen abgestützt bzw. geführt wird. Bei Cabriosystemen kann die Scheibe infolge der Dachrahmendichtung des Verdecks (kraftschlüssig) vorgespannt werden. Zum Öffnen der Tür benötigt man jedoch eine Kurzhub-Funktion der Scheibe, da bei der Betätigung des Schlosses die Scheibe ein wenig aus der Dachrahmendichtung abgesenkt wird.

##### 2.4.4.2 Rahmentür

Nach der Art der Rahmenbauweise, die in Abbildung 2.6 veranschaulicht werden, unterscheidet man bei der Rahmentür zwischen einem integrierten Rahmen und einem Steckrahmen. Beim

integrierten Rahmen (1) gibt es zwei Varianten. Bei der ersten Variante bilden Türinnen- und -außenblech den Fensterrahmen. Zusätzlich wird noch ein innerer Rahmen eingesetzt. Die Vorteile des integrierten Rahmens liegen darin, dass innere und äußere Schale in einem Tiefziehumformprozess hergestellt werden können. Jedoch ergibt sich daraus ein Nachteil, da große Blechplatinen verwendet werden müssen. Das bedeutet: Je größer die Blechplatinen, desto größer müssen die Pressen sein und dementsprechend steigen die Kosten für den Umformprozess. Die zweite Variante besteht aus einem Türinnenblech mit Rahmen und einem Türaußenblech, das nur bis zur Brüstung reicht. Der Türrohbau des E83 wurde nach Variante 2 gebaut. Zur zusätzlichen Verstärkung kann noch ein Schließblech mit dem Türinnenblech gefügt werden. Der Steckrahmen (2) besteht aus einer Innen- bzw. Außenschale, die nur bis zur Brüstung g. Im nachfolgenden Fügeprozess wird der Fensterrahmen mit den Schalen gefügt. Ein Vorteil bei dieser Bauweise ist, dass der Rahmen schon mit einer Verstärkung (Brüstungsverstärkung) bzw. mit einer Fensterführungsschiene ausgeführt werden kann. Durch diese stabile Bauweise können zusätzliche Verstärkungsmaßnahmen entfallen.

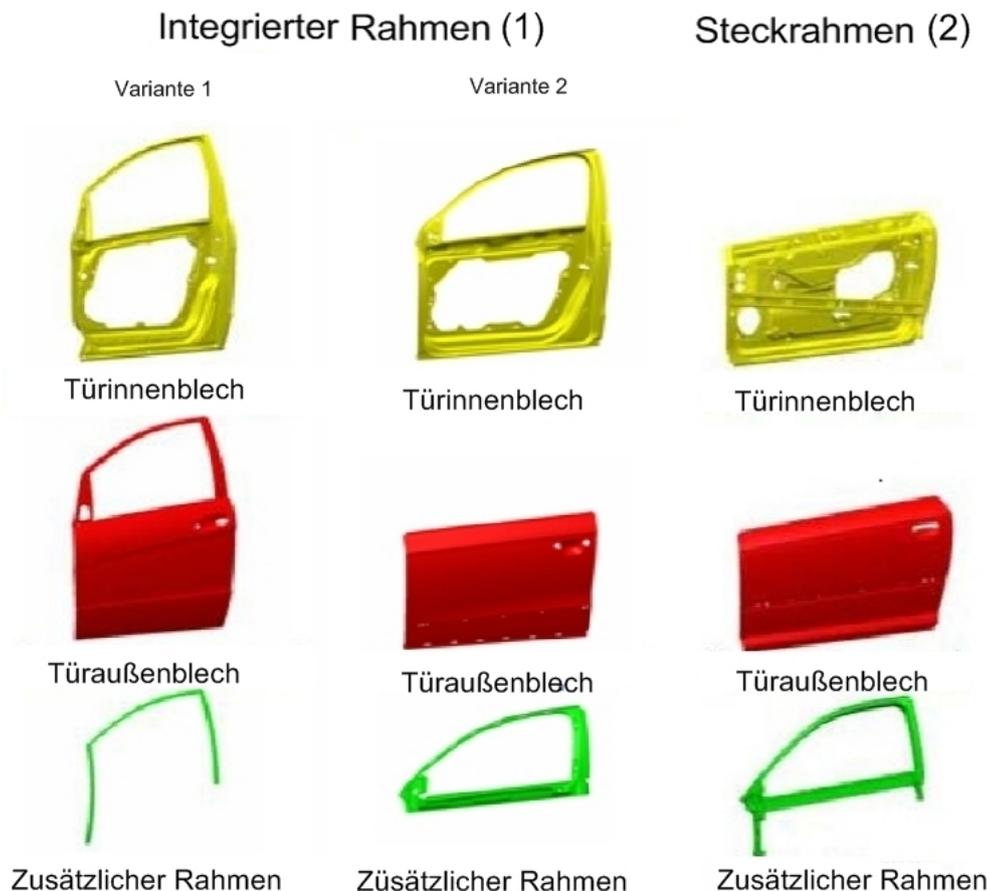


Abbildung 2.6: Integrierte Rahmen u. Steckrahmen [64]

### 2.4.4.3 Aufgelegte und eingeschnittene Tür

Nach der Art des Dachüberganges, der in Abbildung 2.7 dargestellt wird, kann zwischen aufgelegter und eingeschnittener Tür unterschieden werden. Bei der aufgelegten Tür liegt, wie der Name schon sagt, der obere Türrahmen am Seitenrahmen der Karosserie auf und bildet einen Teil der Dachaußenhaut. Abbildung 2.8 zeigt einen aufgelegten und einen eingeschnittenen Türrahmen. Der aufgelegte Türrahmen setzt sich beispielsweise aus dem inneren (1) und äußeren (2) Türrahmen, der Dachaußenhaut (3), dem inneren (4) und äußeren (5) Seitenrahmen und dem Verstärkungsblech (6) der Türaußenhaut zusammen. Bei der eingeschnittenen Tür verschwindet der Türrahmen in der Karosserie des Fahrzeugs bzw. weist einen leichten Versatz zwischen dem äußeren oberen Türrahmen und der Karosserieaußenhaut auf. Der eingeschnittene Türrahmen setzt sich in diesem Beispiel aus dem Seitenrahmen (1), der Dachaußenhaut (2), dem inneren Seitenrahmen (3) sowie dem inneren (4) und äußeren (5) Türrahmen zusammen.



Abbildung 2.7: Aufgelegte und eingeschnittene Tür Golf 4 und Golf 1 [64]

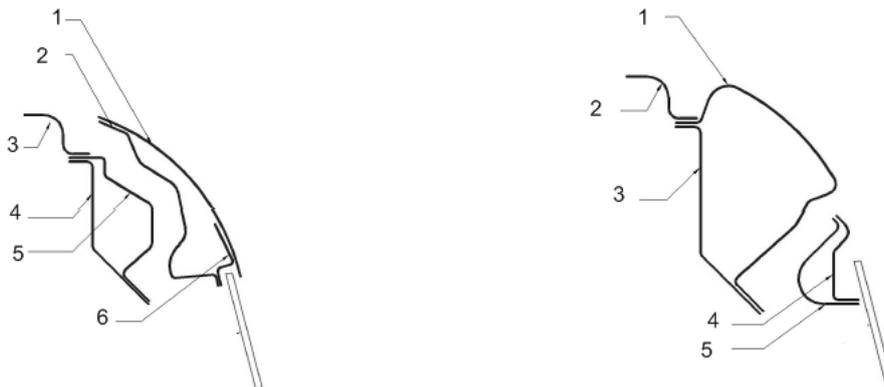


Abbildung 2.8: Schnitt durch eine aufgelegte und eine eingeschnittene Tür [38]

## 2.5 Beschreibung der Anbauteile

### 2.5.1 Allgemeines

Um Funktionen erfüllen zu können, müssen verschiedene Anbauteile in eine Tür verbaut werden. Nachfolgend werden die Teile

- Scharniere,
- Türbremse,
- Fensterheber,
- Schließsystem und
- Dichtungen

beschrieben.

### 2.5.2 Scharnier

Die Türscharniere haben die Aufgabe den Innenraum des Fahrzeugs für den Benutzer zugänglich zu machen. Das Scharnier muss die Tür tragen bzw. die Kräfte zwischen Karosserie und Tür übertragen. Abhängig vom Türkonzept (z.B. Dreh- oder Schiebetür), der Türlänge und der Lage des Schwerpunktes ergeben sich unterschiedliche Reaktionskräfte im Bereich der A-Säule und am Türinnenblech. Durch diese Reaktionskräfte treten Spannungen auf, die in Folge von Verstärkungsmaßnahmen bei der Auslegung zu berücksichtigen sind.

#### 2.5.2.1 Wahl des Türkonzepts

Bezüglich des Türkonzepts, das in Abbildung 2.9 dargestellt wird, kann beispielsweise zwischen Schiebe- und Rotationstür und eindreher und aushebender Türkinematik gewählt werden.



Abbildung 2.9: Schiebe- und Rotationstür [3]

## 1. Schiebe- und Rotationstür

### a) Schiebetür

Die Schiebetür ist vor allem im Stadtgebiet bei engen Parklücken beim Ein- und Aussteigen aus dem Fahrzeug vorteilhaft, da sie nach vorne oder hinten geöffnet wird. Außerdem hat sich die Schiebetür beim Be- und Entladen eines Fahrzeugs bewährt, da sperrige Güter gerade in den Innenraum eingeladen werden können. Bei Drehtüren stellt das oft ein Problem da, weil die sperrigen Güter durch den begrenzten Öffnungswinkel der Tür, beispielsweise aufgrund einer Kollision mit dem Interieur, nicht in den Innenraum gelangen können.

### b) Rotationstür

Die Rotationstür, die in Abbildung 2.10 veranschaulicht wurde, kann in Form einer innenliegenden und einer außenliegenden Scharnierachse ausgelegt werden. Bei der innenliegenden Scharnierachse sind die Scharniere zwischen Fahrzeugtür und A-Säule angeordnet, während bei der außenliegenden Achse die Scharniere an der Außenhaut integriert sind.



**Abbildung 2.10:** Innen- und außenliegende Scharnierachse [64]

## 2. Eindrehende und aushebende Türkinematik

Nach Art der Öffnung (siehe Abbildung 2.11) kann des Weiteren zwischen eindrehender und aushebender Türkinematik unterschieden werden. Bei der eindrehenden Türkinematik dreht die Tür zwischen Kotflügel und A-Säule ein, während bei der aushebenden die Tür außerhalb des Kotflügels ausgehoben wird. Die Auslegung der Scharnierachse wird in der vorliegenden Arbeit anhand des eindrehenden, innenliegenden Türkonzepts beschrieben.



Abbildung 2.11: Eindrehende und aushebende Türkinematik [64]

### 2.5.2.2 Scharnierarten

Die Scharniere, die in Abbildung 2.12 und 2.13 dargestellt sind, lassen sich nach der Art der Herstellung in Blech-, Profil-, Schmiede- und Gussscharniere unterscheiden.



Abbildung 2.12: Blech- und Profilscharnier [64]



Abbildung 2.13: Schmiede- und Gussscharnier [64]

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal, das in Abbildung 2.14 veranschaulicht wird, besteht in der Ausführung des Scharniers ohne oder mit Türbremse.



Abbildung 2.14: Scharnier ohne und mit Türbremse [64]

### 2.5.3 Türbremse

Die Türbremse unterstützt den Öffnungs- und Schließvorgang und hält die Tür bei geöffnetem Zustand in der jeweiligen Rastposition, um ein sicheres Ein- und Aussteigen zu gewährleisten. Dabei wird das Fangband gegenüber einer Rastvorrichtung verschoben und in der jeweiligen Rastpositionen gehalten. An der Türbremse ist auch ein Endanschlag vorgesehen, damit der Öffnungswinkel der Tür begrenzt wird und Beschädigungen an der Tür vermieden werden. Das Fangband ist dabei mit einem Ende entweder an der Tür oder an der A-Säule beweglich gelagert. Die Rastvorrichtung ist am anderen Ende verschraubt. Je nach Wirkmechanismus, der in Abbildung 2.15 gezeigt wird, kann die Türbremse stufenlos (hydraulisch) oder gestuft ausgeführt sein. Der stufenlos verstellbare Türfeststeller hält im Gegensatz zum gestuften die Tür in jeder gewünschten Position offen und ermöglicht unterschiedliche Betätigungskräfte beim Öffnen und Schließen der Tür.

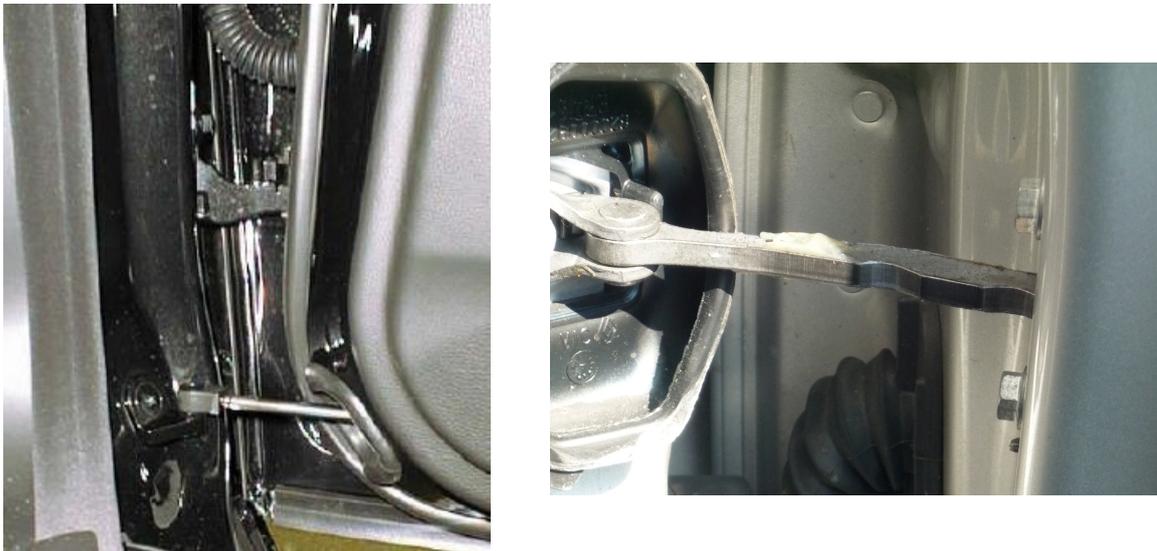


Abbildung 2.15: Stufenlose und gestufte Türbremse [64]

### 2.5.4 Fensterheber

Bei modernen Automobilen kann die Scheibenabsenkung mittels Zugmittelgetriebe mit Elektromotor durchgeführt werden. Das Zugmittelgetriebe, das in Abbildung 2.16 dargestellt ist, wird durch ein Einschienen- (1) bzw. Zweischiensystem (2) (meist bei vorderen Türen eingesetzt) ausgeführt.

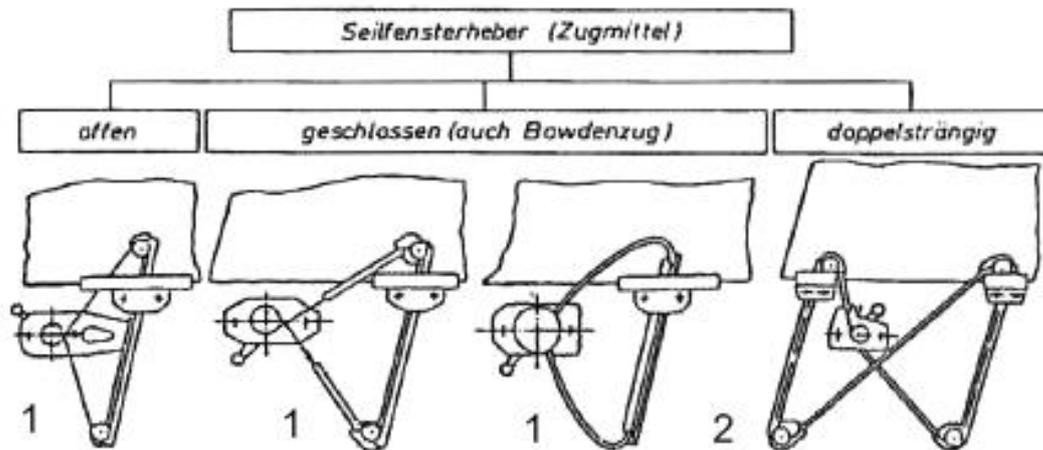


Abbildung 2.16: Zugmittelgetriebe [53]

Abbildung 2.17 stellt die Einbausituation beim Einschienen- (1) und Zweischiensystem (2) dar. Das Einschienensystem wird sehr häufig in die Hintertür eingesetzt, da im hinteren Fahrzeugbereich nicht genügend Bauraum für ein Zweischiensystem zu Verfügung steht.

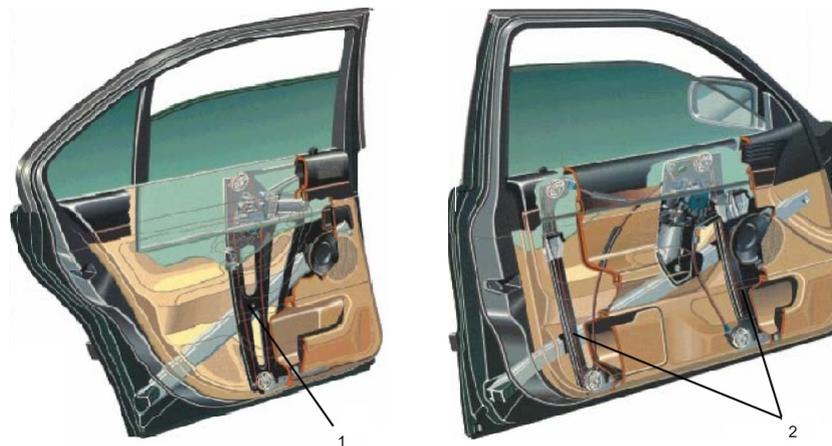


Abbildung 2.17: Einbausituation eines Ein- bzw. Zweischiensystems [64]

### 2.5.5 Schließsystem

Das Schließsystem hat die Aufgabe das Fahrzeug von innen oder außen zu verriegeln bzw. zu entriegeln und es nur demjenigen zugänglich zu machen, der die Befugnis bzw. den Schlüssel dafür besitzt. In älteren Fahrzeugen wurde das durch ein manuell zu betätigendes, mechanisches Schloss gewährleistet. In modernen Fahrzeugen wird das mechanische Schloss zumeist durch ein elektrisch zu betätigendes Schloss ersetzt, das ein zentrales Verriegeln und Entriegeln aller Türen ermöglicht.

#### 2.5.5.1 Bauteile eines Schlosses

In Abbildung 2.18 wird das E 83 Schließsystem dargestellt. Dieses setzt sich aus dem Systemschloss (1), Träger Türaußengriff mit integriertem Schließzylinder (2), Türaußengriff (3), Schließbügel (4), Türinnenbetätigung (5), Innenbetätigungsstange mit Knopf (6) und Bowdenzug mit Seil für Türinnenbetätigung (7) und Systemschloss (8) zusammen. Im dargestellten Schließsystem wird die Betätigung mittels Bowdenzug durchgeführt.

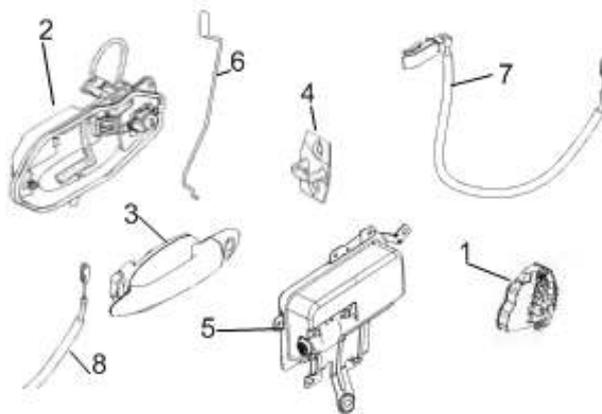


Abbildung 2.18: Schließsystem E83 [45]

### 2.5.6 Dichtungen

Die Dichtung soll den Innenraum vor Schmutz, Wasser und Staub schützen, sowie den Insassen Komfort bieten, indem das Eindringen von Wind und Lärm verhindert wird. Die Aufgaben der Dichtung sind:

- Abdichten des Fahrzeuginnenraums gegen Wasser, Staub und Lärm,
- Schließkomfort bieten,
- Verringerung von Windgeräuschen,

- Abführen des Wassers im Inneren der Dichtung,
- Vermeiden von Klapper- bzw. Quietschgeräuschen,
- Toleranzausgleich zwischen Tür und Karosserie ermöglichen,
- Übernahme der Führungsfunktion für die Versenkscheibe und
- Verbesserung der Optik.

### 2.5.6.1 Dichtungen in der PKW Seitentür

In Abbildung 2.19 wird das Dichtungskonzept des E83 in Explosionsdarstellung gezeigt. Dieses Dichtungssystem besteht aus Türdichtung (1), Fensterführungsichtung (2), Fensterschachtabdichtung außen (3) und innen (4), Türfugendichtung (5), Abdeckung Spiegeldreieck oben (6) und innen (7), Abdeckung Schließblech zur B-Säule oben (8) und unten (9) und der Dichtung an der Türbremse (10).

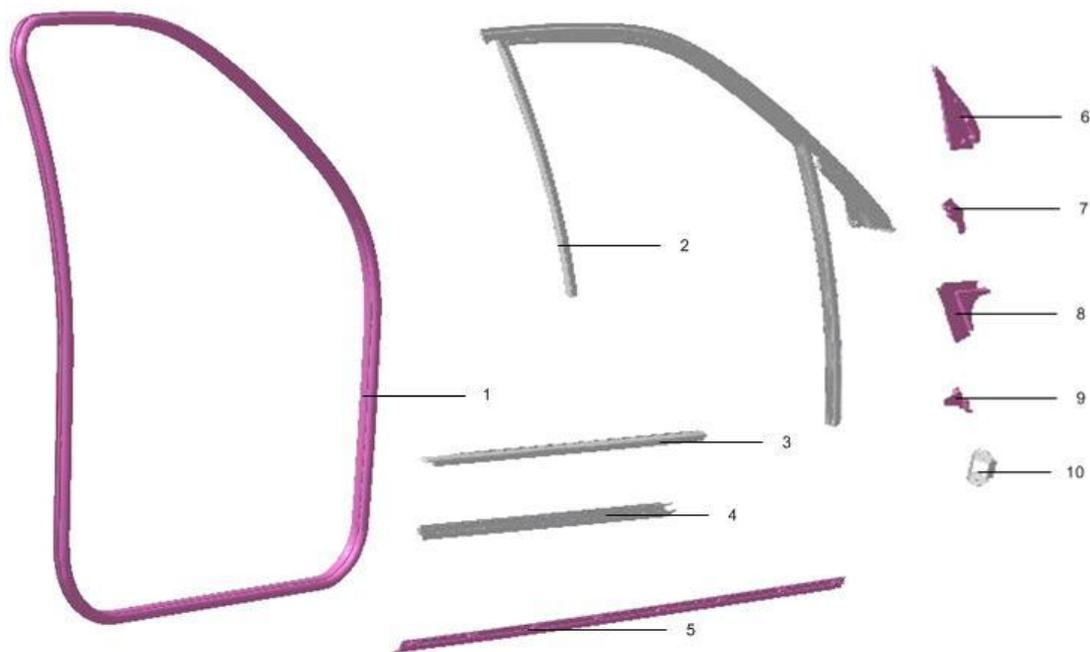
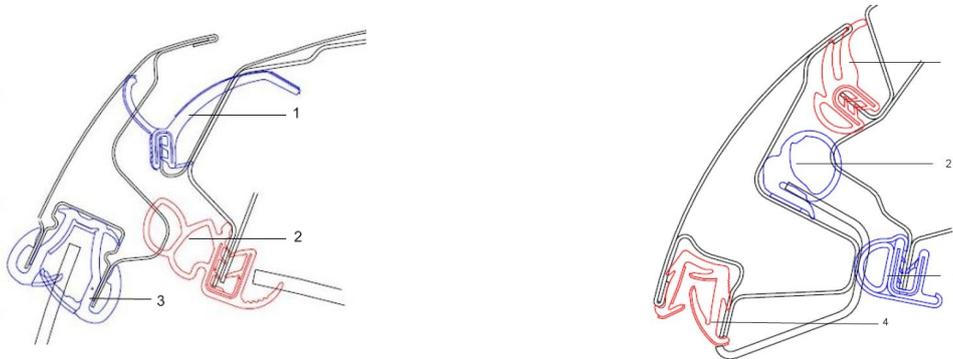


Abbildung 2.19: Dichtungen in der E83 Seitentür [45]

### 2.5.6.2 Dichtlinien

Bei der Auswahl des Dichtungskonzepts spielen meistens die Marktstellung und das Image des Fahrzeugs eine Rolle. Abbildung 2.20 zeigt zwei unterschiedliche Dichtungskonzepte. Ein Dichtungskonzept wurde in diesem Beispiel mit drei Dichtlinien ausgeführt und setzt sich aus

Türaußen- (1), Türmittel- (2), Türinnen- (3) und der Fensterführungsichtung (4) zusammen. Das zweite Dichtungskonzept weist zwei Dichtlinien auf und besteht aus der Türaußen- (1), Türinnen- (2) und Fensterführungsichtung (3).



**Abbildung 2.20:** Dichtungskonzept mit zwei und drei Dichtlinien [64]

Die Türinnendichtung schützt den Innenraum vor eindringendem Lärm, Staub und Gasen. Das Dichtungssystem führt das eintretende Wasser im Inneren der Dichtung (z.B. durch kleine Bohrungen) ab, damit beim Öffnen der Tür kein Wasser in den Innenraum tropft. Weiters beeinflusst die innere Dichtung maßgeblich den Klang beim Schließen der Tür. Sie führt einen Toleranzausgleich durch und verhindert Klapper- und Quietschgeräusche zwischen Karosserie und Tür. Das Dichtungskonzept mit drei Dichtlippen ist zusätzlich mit einer Türmitteldichtung versehen, die im Wesentlichen die gleichen Funktionen wie die Türinnendichtung bietet. Zusätzlich kann ein besserer Schließkomfort hinsichtlich der Schließakustik geboten und eine bessere Abdichtung des Innenraums gegen Schmutz, Lärm und Wasser gewährleistet werden.

# Kapitel 3

## Einteilung der Türwerkstoffe

Der Leichtbau und die Sicherheit sind zwei zentrale Themen in der modernen Türkonstruktion. Das illustriert auch die Vielfalt der verwendeten Werkstoffe und deren unterschiedliche Verwendung in der Konstruktion. Bei der Auswahl sollte der Werkstoff folgende Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften (siehe Tabelle 3.1) aufweisen.

<b>Verarbeitung</b>	<b>Gebrauch</b>
Umformbarkeit	Festigkeit
Schneid- und Spanbarkeit	Sprödbrechtsicherheit
Schweißneigung	Verformungsvermögen
Eignung zur Wärmebehandlung	Alterungsbeständigkeit
Eignung zur Oberflächenveredelung	Korrosionsbeständigkeit

**Tabelle 3.1:** Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften von Metallen [53]

Im Türrohbau kommen verschiedene Werkstoffe für die Außenhaut und für die Struktur zur Anwendung. Diese Werkstoffe können in Metalle und Nichtmetalle gegliedert werden. Zu den Nichtmetallen zählen die Kunststoffe (Thermo- und Duroplaste). Weiters werden Schichtverbundwerkstoffe und Hybridwerkstoffe verwendet. Die Schichtverbundwerkstoffe und Hybridwerkstoffe werden in diesem Kapitel nicht weiter behandelt.

### 3.1 Metalle

Die Metalle können in Eisen- und Nichteisenmetalle unterschieden werden. Im Automobilbau werden vor allem Bleche verwendet, die mittels der Kalt- oder Warmumformung hergestellt werden. Zu den verwendeten Nichteisenmetallen gehören Aluminium und Magnesium.

### 3.1.1 Stahl

Stahl ist der am häufigsten eingesetzte Werkstoff in der Automobilindustrie. Dabei spielen die Kosten und die langjährige Erfahrung der Konstrukteure wichtige Rollen. In Tabelle 3.2 werden die Vor- und Nachteile des Werkstoffs Stahl gelistet.

Vorteile	Nachteile
Umformbarkeit	Gewicht
Preis	Korrosion
Hoher E-Modul	-
Simulationserfahrung	-

**Tabelle 3.2:** Vor- und Nachteile von Stahl [54]

Zu den verwendeten Stählen zählen weiche, hochfeste, höherfeste und höchstfeste Stähle.

#### 3.1.1.1 Weiche Stähle

Weiche Stähle mit ihrer ferritischen Gefügestruktur eignen sich sehr gut zur Kaltumformung<sup>1</sup> im Tiefziehverfahren. Die mechanischen Eigenschaften der Tiefziehstahlsorten sind durch die Höhe der Streckgrenze und Zugfestigkeit sowie durch zugesicherte Mindestwerte der Bruchdehnung gegeben. Neben der guten Umformbarkeit können die Stähle auch sehr gut durch Schweißung gefügt werden. Folgende kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen werden vornehmlich im Türrohbau verwendet:

1. DC.. kaltgewalzte Flacherzeugnisse (ohne Überzug) aus weichen Stählen zum Kaltumformen nach DIN EN 10130 [11],
2. DC..+ZE elektrolytisch verzinkte Flacherzeugnisse nach DIN EN 10152 [11] und
3. DX..D+Z feuerverzinkte Flacherzeugnisse (Schmelztauchveredelt) aus weichen Stählen zum Kaltumformen nach DIN EN 10327 [11].

Tabelle 3.3 zeigt die einzelnen Terme der Materialienbezeichnung (z.B. DC01+ZE75/75-AO+Lc). Die Unterscheidung erfolgt nach Haupt- und Zusatzsymbolen. Die Hauptsymbole bezeichnen den Werkstoff (z.B. DC oder DX) und die dazugehörigen mechanischen Eigenschaften (z.B. DC01, DC04 und DC06)<sup>2</sup>, die Zusatzsymbolen beinhalten die Gruppen 1, 2 und 3. Die Gruppen 1<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Umformtemperatur unter Rekristallisationstemperatur.

<sup>2</sup>Die Stahlsorte DC 01 weist eine höhere Zugfestigkeit, Streckfestigkeit und geringere Dehnung auf als die Stahlsorten DC04 oder DC06. Deshalb ist die Stahlsorte DC01 bei geringen, die Stahlsorte DC 04 bei hohen und die Stahlsorte DC06 bei höchsten Anforderungen an die Umformbarkeit vorzusehen [66].

<sup>3</sup>Zu Gruppe 1 gehört z.B. Z100. Dies ist ein im Schmelztauchverfahren erzeugter Zinküberzug mit einem beidseitigen Zinkauflagengewicht von insgesamt 100 g/m<sup>2</sup> (50 g/m<sup>2</sup> je Seite).

und 2<sup>4</sup> beschreiben die Art der Überzüge. Als Materialien für den Überzug kommen Zink (Z), Zink-Eisen (ZF), Zink-Aluminium (ZA), Aluminium Zink (AZ) und Aluminium Silizium (AS) in Frage. Die Gruppe 3 gibt Aufschluss über die Art des Behandlungszustandes. Beispielsweise steht LC für leicht nachgewalzt, A steht für übliche Oberfläche und O steht für leicht geölt [9].

Sorteneinteilung	Mechanische Eigenschaften	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
x	nn	D	+X..	+X..
DX DC	zweistelliger Zifferncode	Schmelztauch- überzüge D	Überzüge ZE 75 ,ZE75/75, ZE75/0	Symbole für Behandlungszustände

**Tabelle 3.3:** Aufbau der Bezeichnung [9]

Die Tabelle 3.4 zeigt exemplarisch Materialkennwerte der oben angeführten Stähle.

Material	Rp 0,2 [MPa]	Rm [MPa]
<i>DX53D + Z100</i>	140 - 260	270 - 380
<i>DX54D + Z100</i>	120 - 220	260 - 350
<i>DX56D + Z100</i>	120 - 180	260 - 350
<i>DC04 + ZE</i>	140 - 240	270 - 350

**Tabelle 3.4:** Materialkennwerte für weiche Stähle [9]

In Tabelle 3.5 werden anhand des E83 Türrohbaus die bei den Bauteilen verwendeten Stähle aufgelistet.

Bauteil	Material	Materialstärke [mm]
Türinnenblech	DX54D+Z100	0.8/1.8
Verstärkung Außenhaut	DX53D+Z100	1.5
Schließblech	DX54D+Z100	1
Fensterführungsschiene	DX54D+Z100	1

**Tabelle 3.5:** Bauteile aus weichen Stählen

<sup>4</sup>Zur Gruppe 2 gehört z.B. ZE75/75 bzw. ZE75/0. Dies ist ein im Elektrolyt erzeugter Zinküberzug, mit einer einseitigen bzw. beidseitigen Schichtdicke von 7,5 µm.

### 3.1.1.2 Hochfeste Stähle

Die Gruppe von hochfesten Stählen umfasst alle Sorten der höherfesten Stähle, die eine Streckgrenze zwischen 210 und 550 MPa aufweisen. Zu den höherfesten Stählen zählen

- Isentrope (z.B. H220I),
- Isentrope-Ferritische (z.B. H260Y),
- Bake Hardening (z.B. H260B),
- phosphorlegierte (z.B. H260P) und
- mikrolegierte (z.B. H260LA)

Stähle [61]. Die Tabelle 3.6 zeigt die normgerechte Bezeichnung (z.B. HC300I+Z100) der höherfesten Stähle. Die Unterscheidung erfolgt nach Haupt- und Zusatzsymbolen. Die Hauptsymbole bezeichnen den Werkstoff (z.B. H) und die dazugehörigen mechanischen Eigenschaften (z.B. C), die Zusatzsymbole beinhalten die Gruppen 1, 2 und 3. Die Gruppe 1 bezeichnet die Art des Stahls (z.B. Isentrope Stähle). Die Gruppen 2<sup>5</sup> und 3<sup>6</sup> beschreiben die Art der Überzüge. Als Materialien für den Überzug kommen Zink (Z), Zink-Eisen (ZF), Zink-Aluminium (ZA), Aluminium-Zink (AZ) und Aluminium-Silizium (AS) in Frage [9].

Sorteneinteilung	Mechanische Eigenschaften	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
x	nn	D	+X..	+X..
H Flach- erzeugnis aus höher- festen Stählen	Cnnn/CTnnn Kaltgewalzt und Mindeststreck/ -zugfestigkeit (MPa)	Isentrope Stähle (I) Isentrope-Ferritische Stähle (Y) Bake Hardening Stähle (B) Mikrolegierte Stähle (LA)	Schmelz- tauch- überzüge (D) ZE 75/0	Überzüge ZE 100 ZE75/75

**Tabelle 3.6:** Höherfeste Stähle [9]

Durch die Steigerung der Festigkeit wird die Umformbarkeit der Stähle verringert. Dadurch können viele Geometrien mittels des Tiefziehverfahrens nicht mehr hergestellt werden. Hochfeste Stähle weisen eine ferritische Matrix auf und in den Zwischengitteratomen ist kein Kohlenstoff und Stickstoff gelöst [66].

<sup>5</sup>Zur Gruppe 2 gehört z.B. Z100. Dies ist ein im Schmelztauchverfahren erzeugter Zinküberzug mit einem beidseitigen Zinkauflagengewicht von insgesamt 100 g/m<sup>2</sup> (50 g/m<sup>2</sup> je Seite).

<sup>6</sup>Zur Gruppe 3 gehört z.B. ZE75/75 bzw. ZE75/0. Dies ist ein im Elektrolyt erzeugter Zinküberzug, mit einer einseitigen bzw. beidseitigen Schichtdicke von 7,5 μm.

**3.1.1.2.1 Isentrope Stähle** Die Isentropen Stähle sind titanlegiert und weisen ein richtungsunabhängiges Fließverhalten auf. Das Fließverhalten wird bei der Stahlherstellung so beeinflusst, dass das Material zu etwa gleichen Anteilen aus der Dicke und aus der Breite fließt. Das bedeutet, dass die unerwünschte Zipfelbildung vermieden wird [12]. Die Tabelle 3.7 zeigt Materialkennwerte für den Isentropen Stahl.

Material	R <sub>p</sub> 0,2 [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]
HC300I+Z100	300-350	420-500

**Tabelle 3.7:** Materialkennwerte für den Isentropen Stahl [12]

Die Tabelle 3.8 zeigt, bei welchen Bauteilen dieser Stahl verwendet wurde.

Bauteil	Material	Materialstärke [mm]
Türaußenhaut	HC220I+Z100	0.8
Spiegelaufnahme- verstärkungsblech	H250I+ZE75/75	-

**Tabelle 3.8:** Bauteile aus Isentropen Stählen

**3.1.1.2.2 Isentrope-Ferritische Stähle** Die Isentrope-Ferritische Stähle, die auch als IF-Stähle (z.B. H160Y) bekannt sind, weisen eine ferritischen Matrix ohne dazwischen liegend gelöste Kohlenstoffe auf. Durch die gezielte Zugabe festigkeitssteigernder Legierungselemente (z.B. Kohlenstoff, Phosphor, Mangan usw.) kann die Festigkeit im Stahl erhöht werden. Dieses Material weist ein gutes Umformverhalten bei komplexen Bauteilen (z.B. Türinnenblech) mit hohen Streck- und Tiefziehbeanspruchungen auf [66]. Die Tabelle 3.9 veranschaulicht, bei welchen Bauteilen dieser Stahl verwendet wurde.

Bauteil	Material	Materialstärke [mm]
Türinnenblech	H260YD+Z	-

**Tabelle 3.9:** Bauteile aus Isentropen-Ferritischen Stählen

**3.1.1.2.3 Bake Hardening Stähle** Die Umformung von Bake Hardening Stählen im weichen Zustand ermöglicht relativ hohe Umformgrade. Daher werden diese Stähle für komplexe Umformteile verwendet. Die Mikrolegierungselemente sind zunächst im Gitter gelöst. Bei erhöhter Temperatur (Lackeinbrennen) entstehen kleine Ausscheidungen, die Versetzungen behindern und damit die Festigkeit (Streckgrenze) erhöhen. Diesen Effekt, der in Abbildung 3.1 dargestellt

ist, nennt man Bake Hardening Effekt. Die Streckgrenzenzunahme beträgt zwischen 30 und 70 MPa [20].

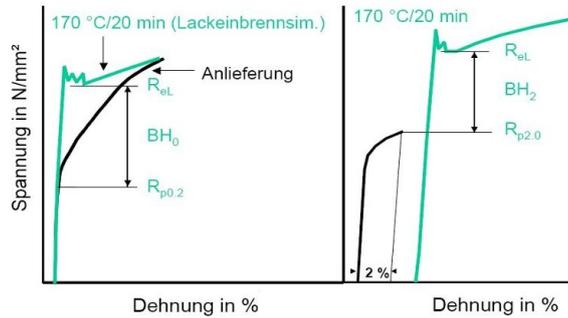


Abbildung 3.1: BH-Effekt [53]

Die Tabelle 3.10 zeigt bei welchen Bauteilen dieser Stahl verwendet wurde.

Bauteil	Material	Materialstärke [mm]
Türäußenhaut	H200B+ZF100	0.8/1.8
Scharnierunterlegsplatte	H220B+Z200	0.5-3
Schließblech	HC220BD+Z100	0.8

Tabelle 3.10: Bauteile aus IF-Stählen [38]

**3.1.1.2.4 Phosphorlegierte Stähle** Als phosphorlegierte Stähle (z.B. H260P) bezeichnet man kohlenstoffarme, aluminiumberuhigte Stähle, die eine ferritische Matrix mit Mischkristallhärtenden Elementen, wie Phosphor und Mangan aufweisen. Diese Stähle besitzen eine gute Umformbarkeit bei Tiefziehansprüchen im mittleren Festigkeitsbereich und sind auch noch gut schweißbar. Phosphorlegierte Stähle werden für folgende Bauteile verwendet (siehe Tabelle 3.11) [66].

Bauteil	Material	Materialstärke [mm]
Türinnenblech	H220P+Z100	1.2
Scharnierträgerverstärkung	H260P	-

Tabelle 3.11: Bauteile aus phosphorlegierte Stählen [38]

**Mikrolegierte Stähle** Als mikrolegierte Stähle (z.B. H260LA) bezeichnet man kohlenstoffarme, aluminiumberuhigte Stähle, die eine kugelförmige Matrix mit Titan- bzw. Niob-Carbonitrid-Ausscheidungen aufweisen. Diese Stähle sind Werkstoffe mit höheren Festigkeiten und werden bei

strukturellen und crashrelevanten Bauteilen verwendet [66]. Die Tabelle 3.12 zeigt Mikrolegierte Stähle, die für folgende Bauteile verwendet werden.

Bauteil	Material	Materialstärke [mm]
Verstärkung Türaußenhaut	HC300LAD+Z100	0.8
Fensterführungsschiene	HC260LAD+Z100	1

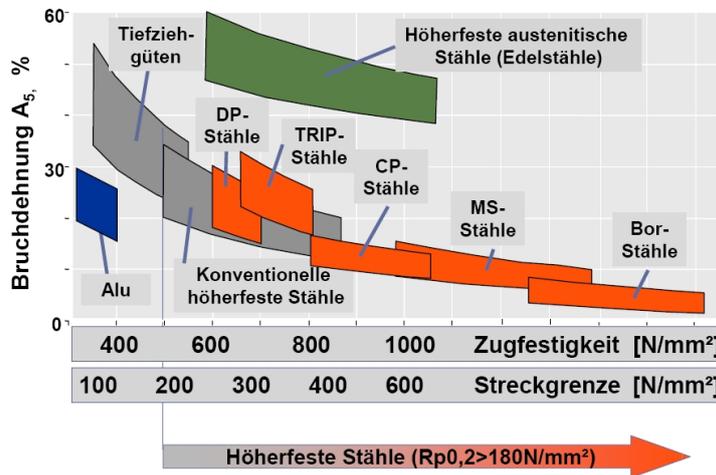
**Tabelle 3.12:** Bauteile aus mikrolegierten Stählen

### 3.1.1.3 Höchstfeste Stähle

Die Gruppe von höchstfesten Stählen umfasst alle Stahlsorten, die eine Streckgrenze zwischen 450 und 1200 MPa aufweisen (siehe Abbildung 3.2) [53]. Zu den höchstfesten zählen

- Dualphasen,
- Komplexphasen,
- Transformation Induced Plasticity (TRIP),
- Twinning Induced Plasticity (TWIP) und
- Martensitische

Stähle.



**Abbildung 3.2:** Höherfeste Stähle [53]

Die Tabelle 3.13 zeigt überblicksmäßig die wichtigsten Normen für die höchstfesten Stähle [9]. Die Unterscheidung erfolgt nach Haupt- und Zusatzsymbolen. Die Hauptsymbole bezeichnen den

Werkstoff (z.B. H) und die dazugehörigen mechanischen Eigenschaften (z.B. C), die Zusatzsymbole beinhalten die Gruppe 1, 2 und 3. Die Gruppe 1 bezeichnet die Art des Stahls (z.B. Dualphasen Stähle). Die Gruppen 2<sup>7</sup> und 3<sup>8</sup> beschreiben die Art der Überzüge. Als Materialien für den Überzug kommen Zink (Z), Zink-Eisen (ZF), Zink-Aluminium (ZA), Aluminium-Zink (AZ) und Aluminium-Silizium (AS) in Frage [9].

Sorteneinteilung	Mechanische Eigenschaften	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
x	nn	D	+X..	+X..
H Flach- erzeugnis aus höher- festen Stählen	C <sub>nnn</sub> /C <sub>Tnnn</sub> Kaltgewalzt und Mindeststreck/ -zugfestigkeit (MPa)	Dualphasen Stähle (DP) (X) Komplexphasen Stähle (CP) TRIP Stähle (T) Martensitische Stähle (MS)	D Schmelz- tauch- überzüge ZE 75/0	Überzüge ZE 100 ZE75/75

**Tabelle 3.13:** Höchsthafte Stähle [9]

**Dualphasen Stähle** Dualphasen Stähle (z.B. H270XD+Z) bestehen im Wesentlichen aus einer ferritischen Matrix, in der sich inselförmig Martensit einlagert hat. Sie besitzen eine gute isotrope Umformeigenschaft im höheren Festigkeitsbereich mit günstigem Rückfederungsverhalten, ein hohes Verfestigungs- und Energieabsorptionsvermögen und Bake Hardening Potential. Die Stähle eignen sich sehr gut für die flache, streckgezogene Außenhaut der Tür, für festigkeitsrelevante struktur- und crashrelevante Teile [66].

**Komplexphasen Stähle** Die Komplexphasen Stähle (z.B. H700C) besitzen im Wesentlichen eine ferritisch-bainitische Matrix mit eingelagertem Restaustenit. In Kombination mit den Karbiden und Nitriden können Zugfestigkeiten von 800 bis 1000 MPa erreicht werden. Die Komplexphasenstähle verfügen über eine gute Kaltumform- und Schweißbarkeit, hohe Festigkeit bzw. Verschleißfestigkeit, ein starkes Verfestigungsverhalten und einen Streckgrenzenanstieg durch Lackeinbrennverfahren. Die Stähle können für Türaufprallträger und crashrelevante Bauteile verwendet werden [66].

**TRIP Stähle** TRIP Stähle (z.B. H400T) machen sich den Mechanismus der Transformation Induced Plasticity zu nutze [63]. Das Gefüge besteht aus einer ferritischen Matrix. Bei der Um-

<sup>7</sup>Zur Gruppe 1 gehört z.B. Z100. Dies ist ein im Schmelztauchverfahren erzeugter Zinküberzug mit einem beidseitigen Zinkauflagengewicht von insgesamt 100 g/m<sup>2</sup> (50 g/m<sup>2</sup> je Seite).

<sup>8</sup>Zur Gruppe 3 gehört z.B. ZE75/75 bzw. ZE75/0. Dies ist ein im Elektrolyt erzeugter Zinküberzug, mit einer einseitigen bzw. beidseitigen Schichtdicke von 7,5 μm.

formung des Gefüges wird der vorliegende Restaustenit in Martensit umgewandelt. Das führt zu einer starken Verfestigung (Härtesteigerung). Der TRIP Stahl besitzt entweder eine höhere Festigkeit bis ca. 850 MPa bei einer vergleichbaren Dehnung oder höhere Dehnungswerte bei vergleichbarer Festigkeit von 600 MPa auf. Der TRIP Stahl eignet sich sowohl zum Streckziehen als auch Tiefziehen. Das Werkstoffverhalten ist dadurch gekennzeichnet, dass eine starke Verfestigung selbst im Bereich großer Formänderung erzielt wird. Dadurch ist der Stahl sehr gut für crashrelevante Bauteile (z.B. Türaufprallträger) geeignet. Nach der Umformung weist der Stahl auch einen hohen Bake Hardening Effekt auf. Das heißt, es tritt ein Festigkeitsgewinn durch die Umformung und durch beheizte Werkzeuge auf. Weiters ist der Werkstoff auch gut schweißbar [1].

**Twip Stähle** TWIP Stähle machen sich den Mechanismus der Twinning Induced Plasticity zu nutze [63]. Der TWIP ist eine manganlegierte Austenit-Stahlsorte, bei der bei einer plastischen Verformung wegen einer relativ geringen Stapelfehlerenergie eine intensive Zwillingsbildung stattfindet. Die Zwillingsbildung entsteht im Gefüge während der Abkühlung und steigert dadurch die Dehnung. Dieser Vorgang findet schon bei geringer Belastung statt und verfestigt den Stahl, wobei die Bruchdehnung über 60 % liegt. Dadurch eignet sich der Werkstoff sehr gut für crashrelevante Bauteile [63].

**Martensitische Stähle** Die martensitischen Stähle <sup>9</sup> (z.B.D900MS) bestehen fast zur Gänze aus einer martensitischen Phase, welche eine sehr hohe Festigkeit aufweist. Die mechanischen Eigenschaften des Materials werden durch eine sehr feinkörnige Struktur definiert. Martensitische Stähle besitzen eine sehr hohe Verschleißfestigkeit, eine Festigkeit bei guter Kaltumformbarkeit und eine gute Schweißbarkeit [10]. Folgende Bauteile wurden mit diesem Stahl hergestellt (siehe Tabelle 3.14).

Bauteil	Material	Materialstärke [mm]
Seitenaufprallträger	D900MS	1.5

**Tabelle 3.14:** Bauteile aus MS-Stählen

#### 3.1.1.4 Tailored Blanks

Die Tailored Blanks stellen eine Sonderform der Stahlbleche im Automobilbau dar. Tailored Blanks sind zugeschnittene Platinen aus Stahlblech mit unterschiedlicher Dicke, Festigkeit und

---

<sup>9</sup>Martensit entsteht durch einen diffusionslosen Umklappvorgang aus dem kubisch-flächenzentrierten Gitter des Austenits in ein tetragonal verzerrtes kubisch raumzentriertes Gitter, während der raschen Abkühlung auf eine Temperatur unterhalb der Martensitstarttemperatur.

Oberflächenbeschichtung. Die jeweiligen Platinen werden durch die Laserschweißung an den richtigen Stellen gefügt. Die Verwendung der unterschiedlichen Platinen an den jeweiligen Stellen kann das Struktur- und Crashverhalten der Tür verbessern. Tailored Blanks können mit herkömmlichen Umformverfahren weiter verarbeitet werden. Dadurch werden keine zusätzlichen Verstärkungsmaßnahmen wie z.B. Scharnierverstärkung benötigt. Abbildung 3.3 veranschaulicht den Kostenvergleich zwischen einem herkömmlichen Türrohbau und einem Türrohbau, der als Tailored Blank ausgeführt wurde. Durch die Verwendung von Tailored Blanks werden in diesem Beispiel die Kosten in der Höhe von € 2,32 je Tür eingespart. Dieses Beispiel soll veranschaulichen, dass durch gezielte Auswahl der Materialien eine Kosteneinsparung erreicht werden kann.

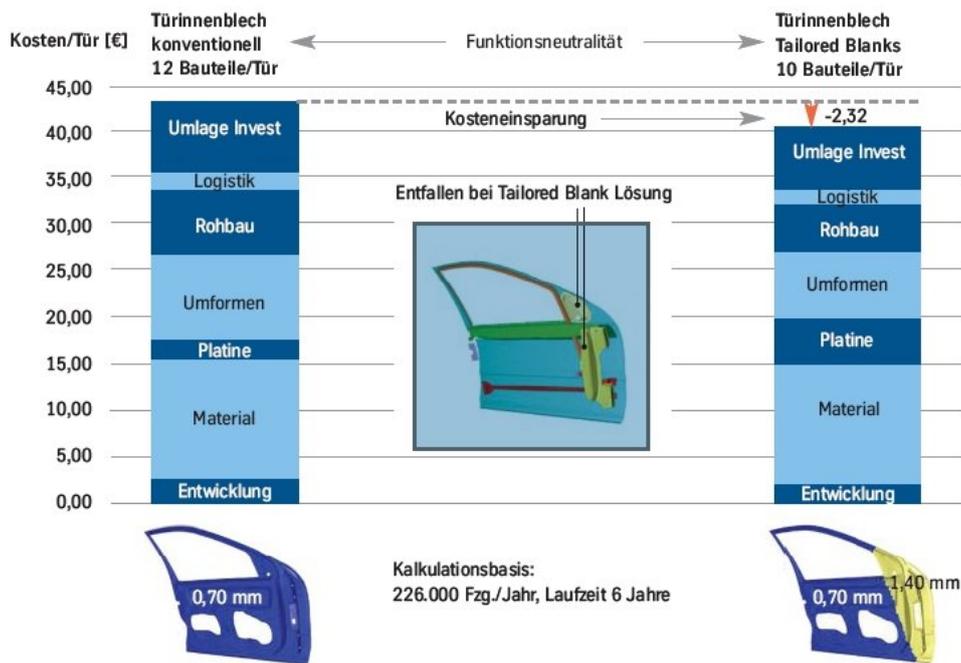


Abbildung 3.3: Kostenvergleichsstudie am Beispiel einer PKW Vordertür [35]

### 3.1.2 Aluminium

Aluminium spielt als Konstruktionswerkstoff in der heutigen Fahrzeugentwicklung eine immer größere Rolle. Durch die Reduktion des Gewichts kann maßgeblich der Beschleunigungswiderstand des Fahrzeugs und somit der Energieverbrauch gesenkt und die Reichweite mit einer Tankfüllung oder Batterieladung erhöht werden. In der Tabelle 3.15 werden mechanische Eigenschaften von Aluminium und Stahl verglichen.

Eigenschaften	Aluminium	Stahl
Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	2.65*10 <sup>3</sup>	7.85*10 <sup>3</sup>
E - Modul [MPa]	71*10 <sup>3</sup>	210*10 <sup>3</sup>
Streckgrenze [MPa]	100-170	140-1100
Zugfestigkeit [MPa]	190-300	300-1500
Dehnung [%]	max. 28	max. 50
Wärmeausdehnungskoeffizient [1 <sup>-K</sup> ]	24.1*10 <sup>-6</sup>	12*10 <sup>-6</sup>

**Tabelle 3.15:** Mechanische Eigenschaften von Aluminium und Stahl [54]

Aluminium ist um ca. zwei Drittel leichter als Stahl. Neben dem Vorteil der Gewichtsersparnis bietet Aluminium aber auch noch weitere Vorteile gegenüber Stahl [54]:

- Die natürlich auftretende Oxidschicht schützt Aluminium vor Korrosion.
- Aluminium lässt sich sehr gut als Blech, Guss oder Profil verarbeiten.

Bei der Verwendung von Aluminium muss folgendes beachtet werden.

- Durch die aufwändige Herstellung des Aluminiums sind die Werkstoffkosten ca. doppelt so hoch wie die von Stahl.
- Die doppelte Wärmeausdehnung kann zu Problemen führen, wenn zwei oder mehr Werkstoffe verwendet werden.
- Der E-Modul von Aluminium ist um ca. zwei Drittel kleiner als der von Stahl, daher werden große Querschnitte benötigt, um die gleiche Steifigkeit wie bei Stahl zu erreichen.
- Die aufwändige Fügetechnik erhöht die Kosten der Fertigung.

### 3.1.2.1 Bleche

Bei Aluminium wird nach Art der Herstellung zwischen der Aluminium Knet- und Gusslegierung unterschieden. Im Türrohbau kommen für die Blechanwendung vorwiegend die Knetwerkstoffe der 5000er und 6000er Legierung zum Einsatz.

Die Bezeichnung der Aluminium-Knetlegierungen (AW) erfolgt entweder nach Werkstoffnummern (z.B. EN AW-6016-T4) oder der chemischen Zusammensetzungen (z.B. EN AW-AlMg0.4Si1.2). Die Legierungen und deren Hauptlegierungselemente werden in Tabelle 3.16 gezeigt.

Serie	Legierungen	Hauptlegierungselement	Anteil
5XXX Serie	5000	Magnesium	0,2 bis 6,2 %
6XXX Serie	6000	Magnesium und Silizium	um die 1 %

**Tabelle 3.16:** Zusammensetzung der Aluminium-Knetlegierung [46]

Beispielsweise wird die Bezeichnung und ihre chemische Zusammensetzung anhand der 5000er Legierung EN AW-5052 erläutert.

- EN steht für eine europäische Werkstoffnorm,
- AW bezeichnet eine Aluminium-Knetlegierung (Halbzeug),
- 5 gibt das Hauptlegierungselement Magnesium an,
- die Zahl 0 steht für die Originallegierung und
- 52 beschreibt den Nenngehalt des entsprechenden Elements.

Die 5000er Legierungen werden vor allem für schwierige Innenbleche (siehe Tabelle 3.17) verwendet. Sie eignen sich aufgrund des hohen Magnesiumanteils aber nicht für die Außenhaut Anwendung. Dieser Werkstoff zeichnet sich durch seine gute Umformbarkeit beim Tief- oder Streckziehen aus. Nach Tabelle 3.17 werden folgende Legierungen für Innenbleche verwendet.

Benennung	Chemische Zusammensetzung	Blechdicke
EN AW-5052	EN AW-AlMg <sub>2</sub> ,	1.15
EN AW-5182	EN AW-AlMg <sub>4,5</sub> Mn <sub>0,4</sub>	-
EN AW-5754	EN AW-AlMg <sub>3</sub>	-

**Tabelle 3.17:** Legierungen für Innenbleche [47]

Die 6000er Legierungen werden für Außenhautteile (siehe Tabelle 3.18) verwendet. Die Legierungen können aber nur im weichen Zustand (T4) gut umgeformt werden, daher benötigen sie nach der Umformung eine Wärmebehandlung (z.B. trockener Prozess nach kathodischer Tauchlackierung) um auszuhärten. Nach Tabelle 3.18 werden folgende Legierungen für Außenbleche verwendet.

Benennung	Chemische Zusammensetzung	Blechdicke
EN AW-6016-T4	EN AW-AlMg <sub>0.4</sub> Si <sub>1.2</sub>	1.2
EN AW 6182-T4	EN AW-AlSi <sub>1</sub> MgMn-T4	-
EN AW 6112-T4	EN AW-AlMgSiPb	1.2

**Tabelle 3.18:** Legierungen für Außenhautteile [47]

### 3.1.2.2 Strangpressprofile

Strangpressprofile aus Aluminium werden vor allem bei einfachen Bauteilgeometrien verwendet, da sie große Vorteile gegenüber der Blechschalenlösung aufweisen. Ein Vorteil besteht darin, dass kein Aushärtungsprozess notwendig ist. Als Nachteil können die teilweise schwierig gestaltbaren Fügetechniken genannt werden. Als Legierungen können EN AW-6061 und EN AW 6082 verwendet werden, da die Umformung an Profilen im Vergleich zum Tiefziehen gering ist [54].

### 3.1.2.3 Gussteile

Im Türrohbau unterscheidet man zwischen Sand-, Kokillen- und Druckguss. Die Verwendung des Sand- und Kokillengusses tritt im Türrohbau (z.B. Türinnenteil) eher in den Hintergrund, da diese Verfahren meist nur bei geringen Stückzahlen angewendet werden. Bei hohen Stückzahlen wird vor allem Druckguss verwendet. Ein Vorteil der Gusslegierungen ist, dass sich komplexe Türinnengeometrien herstellen lassen. Als Aluminium-Silizium-Magnesium Legierung können z.B. AlSi7Mg, AlSi10MG verwendet werden. AlSi10Mg weist im Gegensatz zu AlSi7MG die besseren Fließeigenschaften auf und kann daher gleichzeitig für größere und kleinere Bauteile verwendet werden. Durch den Zusatz von Silizium werden sehr gute Gusseigenschaften erreicht [54].

### 3.1.3 Magnesium

Magnesium besitzt aufgrund der geringeren Dichte ein höheres Leichtbaupotential als Aluminium. Jedoch sind die Korrosions- und Fügeigenschaften schlechter als bei Aluminium. Des Weiteren besitzt Magnesium ein eingeschränktes Umformverhalten bei Raumtemperatur, deshalb müssen die Werkzeuge bzw. Platinen vorgeheizt werden, um eine sinnvolle Umformung zu erreichen. Im Türrohbau werden Legierungen mit Aluminium und Zink (z.B. AZ31) oder Aluminium und Mangan (z.B. AM40) verwendet. Die Aluminium-Zink Legierung eignet sich sehr gut für das Druckgussverfahren als auch zur Herstellung von Profilen und Blechen. Die Aluminium-Mangan Legierung kann auch im Druckgussverfahren verarbeitet werden. Abbildung 3.4 zeigt ein Demonstrationstürinnenblech des VW Polo, das im Magnesiumdruckgussverfahren hergestellt wurde.



Abbildung 3.4: VW Polo Türinnenblech [58]

## 3.2 Kunststoffe

Kunststoffe werden sehr häufig für die Innenausstattung verwendet. Seit geraumer Zeit werden sie vermehrt für die Struktur und für die Außenbeplankung der Tür eingesetzt. Je nach Umformverhalten unterscheidet man zwischen Thermoplasten und Duroplasten. Die Thermoplaste lassen sich beliebig oft während der plastischen Verformung erwärmen. Die Duroplaste lassen sich nur einmal während der Umformung erwärmen.

### 3.2.1 Thermoplaste

Thermoplaste können aufgrund ihrer Eigenschaften nicht als Strukturelemente eingesetzt werden. Diese Werkstoffe werden für die Türaußenbeplankung und das Interieur eingesetzt. Je nach Anwendung kann das Material verstärkt oder unverstärkt ausgeführt werden. Des Weiteren kann zwischen kurz- und langfasrigen Spritzgusstypen sowie den glasmattenverstärkten Thermoplasten (GMT) unterschieden werden. Als Matrixwerkstoffe kommen sehr häufig Polycarbonat (PC), Polyethylenterephthalat (PET) und Polypropylen (PP) zur Anwendung. Die thermoplastischen Prepregs<sup>10</sup> werden über den jeweiligen Schmelzpunkt der Matrix aufgeheizt und mittels des Tiefziehens und Verpressens zum fertigen Bauteil umgeformt. Wegen der hohen Faseranteile ist die

---

<sup>10</sup>Prepreg bezeichnet ein Halbzeug, bestehend aus Endlosfasern und einer ungehärteten duroplastischen Kunststoffmatrix.

Oberflächenqualität eher schlecht, sodass eine Anwendung im optischen anspruchsvollen Außenhautbereich (Class-A-Oberflächen) nicht möglich ist [68].

### 3.2.2 Duroplaste

Duroplaste sind bei normalen Temperaturen sehr hart und spröde. Diese Kunststoffe sind temperaturstandfest, nicht plastisch verformbar, nicht schmelzbar, nicht schweißbar, unlöslich und nur schwach quellbar. Deshalb werden sie nur in Verbindung mit verschiedenen Verstärkungsfasern eingesetzt, um gute Gebrauchseigenschaften zu erzielen. Kunststoffe und deren eingebettete Fasern werden als Matrix bezeichnet. Durch die eindirektionale<sup>11</sup> oder multidirektionale<sup>12</sup> Anordnung der Fasern kann eine gute Steifigkeit und eine ausreichende Festigkeit der Bauteile erzielt werden. Duroplaste können je nach Anwendung unverstärkt, kurz- und langfasrig verstärkt und als Endlosfasern ausgeführt sein. Die Endlosfasern können aus Glas (GFK), Kohlenstoff (CFK) und Aramid (AFK) ausgeführt sein. Die Glasfasern sind die am häufigsten eingesetzten Verstärkungsfasern für Faserverbundwerkstoffe und zeichnen sich durch gute mechanische, thermische und chemische Eigenschaften aus. Jedoch weist GFK einen geringeren E-Modul als CFK auf. Kohlefasern besitzen daher höhere Festigkeiten und Steifigkeiten und werden häufig für anspruchsvolle Konstruktionen verwendet. Jedoch ist der Werkstoff CFK schlagempfindlich. AFK wird verwendet, wenn in erster Linie das Gewicht und die Dämpfung im Vordergrund stehen. Im Türbereich werden schlagbeanspruchte Bauteile mit Aramidfasern hergestellt [54].

---

<sup>11</sup>Die eindirektionalen Fasern können nur Zug- und Druckkräfte entlang der Faser aufnehmen.

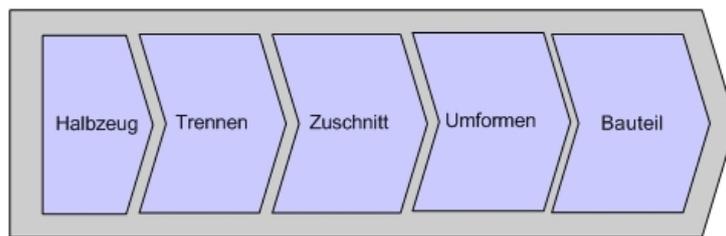
<sup>12</sup>Die multidirektionalen Fasern werden mit verschiedenen Winkeln im Raum zueinander ausgerichtet.

# Kapitel 4

## Umformverfahren im Türrohbau

### 4.1 Tiefziehen

Beim Tiefziehen handelt es sich nach DIN 8584 um ein Verfahren der Zugdruckumformung, bei dem ein ebener Blechzuschnitt (Platine) zu einem einseitig offenen Hohlkörper oder einem vorgezogenen Hohlkörper mit geringerem Querschnitt umgeformt wird [18]. Die Prozesskette beim Tiefziehen wird in Abbildung 4.1 veranschaulicht.



**Abbildung 4.1:** Prozesskette beim Tiefziehen [70]

Die Tiefziehverfahren werden nach der Art der Krafteinleitung in Tiefziehen mit Werkzeugen, Tiefziehen mit Wirkmedien und Tiefziehen mit Wirkenergien unterschieden. Im Bereich des Türrohbaus wird beispielhaft das Tiefziehen mit starren Werkzeugen angewandt. Die einfachsten starren Werkzeuge werden in Abbildung 4.2 dargestellt. Sie setzen sich aus:

1. Ziehstempel,
2. Matrize,
3. Blechhalter,
4. Platine und
5. Ziehteil zusammen.

Ausgehend von der Platine erfolgt danach die Formgebung in mehreren Stufen in einer Pressenstraße. Ein großer Vorteil des Tiefziehens ist, dass Stanzungen, Lochungen und Beschneidungen in einem Umformprozess in einer Pressenstraße hergestellt werden können.

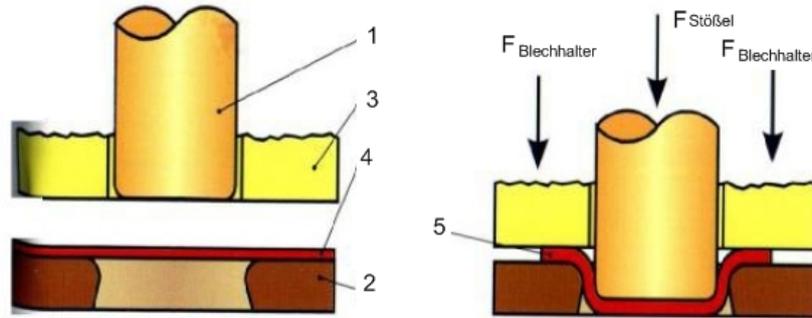


Abbildung 4.2: Aufbau eines Tiefziehwerkzeugs [53]

Beim Tiefziehen wird nach dem Einlegen der Blechplatte der Blechhalter geschlossen und in weiterer Folge mit einer Kraft (Blechhalterkraft) beaufschlagt. Der Blechhalter bremst beim Tiefziehprozess den Materialnachfluss und ermöglicht dadurch eine bessere Ausstreckung des Ziehstücks und eine Verhinderung von Falten. Anschließend spannt der Ziehstempel die Blechplatte über den Radius der Matrize und formt sie in die Matrize. Die Stempelkraft steigt bis zum unteren Totpunkt des Ziehstempels kontinuierlich an. Durch diese Art des Tiefziehens können schwierige Bauteile wie das Türinnen-, Türaußenblech und das Verstärkungsblech (z.B. Brüstungsverstärkung) hergestellt werden [53].

#### 4.1.1 Wichtige Kennwerte für die Blechumformung

##### 4.1.1.1 Allgemeines

Damit Vorgänge und Effekte bei der Umformung von Metallen verstanden werden können, sind Kenntnisse über das Werkstoffverhalten von Blechen notwendig. Im Rahmen dieser Arbeit werden überblicksmäßig einige Werkstoffkennwerte aufgezählt und es wird auf grundlegende, für die Auslegung wichtige Aspekte hingewiesen. In Abbildung 4.3 werden das Spannungs-Dehnungs-Diagramm und die dazugehörigen, wichtigen Kennwerte für die Werkstoffe erklärt [51].

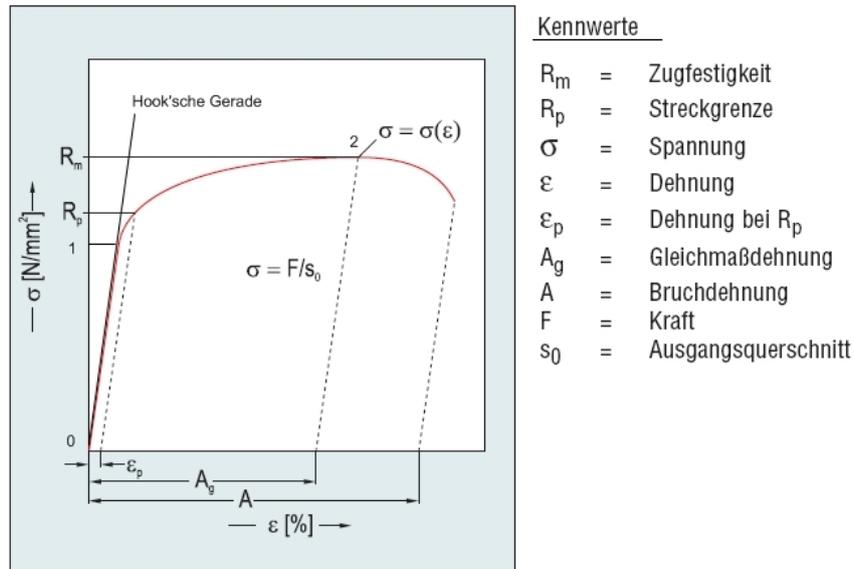


Abbildung 4.3: Spannungs-Dehnungs-Diagramm nach EN 10002 [51]

#### 4.1.1.2 Elastischer Bereich

Der elastische Bereich wird in Abbildung 4.3 veranschaulicht und ist der Bereich 0 bis 1 entlang der Hook'schen Gerade, den der Werkstoff ertragen kann, ohne sich plastisch zu verformen [51].

##### 1. Elastizitätsmodul ( $E$ )

Der Elastizitätsmodul beschreibt die Steigung der Hook'schen Gerade im Spannungs-Dehnungs-Diagramm. Sind Elastizitätsmodul und Streckgrenze bekannt, so kann das Aufschlüsse über das Rückfederungsverhalten des Werkstoffs geben.

##### 2. Plastische Dehngrenze ( $R_{p0.2}$ )

Die Spannung bei nichtproportionaler Dehnung  $R_{p0.2}$  ist der Bereich in dem die plastische Dehnung 0,2 % der bleibenden Verformung bezogen auf die Ausgangslänge aufweist. Sie markiert den Übergang von elastischer zu plastischer Verformung.

#### 4.1.1.3 Plastischer Bereich

Der plastische Bereich wird in Abbildung 4.3 dargestellt und gibt den Bereich 1 bis 2 zwischen dem Ende der Hook'schen Gerade und der Zugfestigkeit  $R_m$  an.

##### 1. Zugfestigkeit ( $R_m$ )

Die Zugfestigkeit gibt den Höchstwert der Spannung an. Die Probe wird über ihre gesamte Länge plastisch bis zum Höchstwert verformt. Dabei erfolgt noch keine Einschnürung des Werkstoffs. Überschreitet die Spannung die Zugfestigkeit ( $R_m$ ), so schnürt sich der Werkstoff an dieser Stelle bis zum Bruch ein. Die Zugfestigkeit ist ein wichtiger Wert für die Bauteilfestigkeit. Überschreitet die Bauteilbeanspruchung die zulässige Zugfestigkeit des Werkstoffs, so kann das zu einem Bauteilversagen führen.

## 2. Anisotropie ( $r$ )

Die senkrechte Anisotropie beschreibt den Widerstand, den das Blech in Folge der Verformung gegen die Verdünnung aufbringt. Zur Beurteilung des Tiefziehverhaltens von Blechen benutzt man meist den mittleren  $r$ -Wert  $r_1$ . Dieser Wert setzt sich aus den  $r$ -Werten<sup>1</sup>, die unter den Winkeln  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  und  $90^\circ$  zur Walzrichtung im Zugversuch ermittelt wurden, zusammen. Die mittlere senkrechte Anisotropie  $r_1$  wird durch die Gleichung

$$r_1 = (r_{0^\circ} + r_{90^\circ})/2 - r_{45^\circ}$$

beschrieben. Für Tiefziehbleche wird ein möglichst hoher Wert angestrebt [39].

## 3. Verfestigungsexponent ( $n$ )

Der Verfestigungsexponent ist ein Maß für die Kaltverfestigung und gibt Aufschluss über die Gleichmaßdehnung<sup>2</sup>. Je größer der Verfestigungsexponent, desto besser kann der Werkstoff umgeformt werden. Der Verfestigungsexponent liegt für die meisten Metalle zwischen 0,1 und 0,5. Der Verfestigungsexponent  $n$  wird durch die Gleichung

$$n = \varphi g$$

beschrieben. Der Gleichmaßumformgrad  $\varphi g$  kann nach der Gleichung

$$\varphi g = \ln(1 + Ag)$$

bestimmt werden. Die Gleichmaßdehnung  $Ag$  wird durch die Gleichung

$$Ag = l_g/l_0 - 1$$

beschrieben.  $Ag$  beschreibt die maximale Dehnung, bei der die Zugprobe ohne Einschnürung gedehnt wird [39].

---

<sup>1</sup>Da ein Werkstoff nicht in alle Richtungen über die gleichen Eigenschaften verfügt, ist der  $r$ -Wert richtungsabhängig einzusetzen.

<sup>2</sup>Die Gleichmaßdehnung ist die nichtproportionale Dehnung bei Höchstlast. Oberhalb der Gleichmaßdehnung schnüren sich die Werkstoffe ein, und daraus ergibt sich bei der Blechumformung eine Reduzierung der Blechdicke.

#### 4. Werkstoffkennwerte

In Tabelle 4.1 werden typische Kennwerte von Werkstoffen dargestellt. Der Wert A80mm beschreibt die bleibende Verlängerung der Probe nach dem Bruch bezogen auf die Ausgangslänge 80 mm. Er zeigt, dass für hohe Anforderungen an die Umformbarkeit ein DC04 mit einem r-Wert von 1,3 verwendet werden kann. Die Werkstoffe DC01 bis DC06 wurden im Kapitel 3.1.1.1 beschrieben. Für höchste Ansprüche an die Umformbarkeit ist die Stahlsorte DC06 auf IF-Stahlbasis besonders geeignet, da der Werkstoff einen sehr guten r-Wert aufweist [66].

Werkstoff	$R_{p0,2}$	Rm	A80mm	r	n
DC01	140-280	270-380	28	-	-
DC03	140-240	270-350	34	1,3	-
DC04	140-195	270-350	40	1,8	0,19
DC05	140-180	270-350	42	1,9	0,21
DC06	120-160	270-350	42	2,1	0,22

**Tabelle 4.1:** Werkstoffkennwerte [66]

#### 4.1.2 Weitere Einflussgrößen bei der Auslegung des Türinnenblechs

Für die Konstruktion sind noch weitere Einflussgrößen zu berücksichtigen, um eine einwandfreie Umformung der Bauteile gewährleisten zu können:

- Umschlingungsradius ( $R$ ),
- minimal formgebende Radien ( $R_{\min}$ ),
- Ziehtiefe ( $Z_T$ ),
- Entformschräge ( $\alpha_{\text{Entf.}}$ ) und
- die Ziehrichtung ( $Z_R$ ).

Für eine Erstausslegung des Umschlingungsradius ( $R$ ) und der minimal formgebenden Radien ( $R_{\min}$ ) können die unten angeführten Formeln sowie die Anhaltswerte für die Entformschräge näherungsweise genutzt werden. Des Weiteren werden noch Hinweise über die Vorauslegung der Ziehrichtung, des Blechzuschnitts und Informationen darüber, wie das Türinnenblech als Tailored Blank ausgelegt wird, angegeben. Mit der Tiefziehsimulation kann die Umformbarkeit des Bauteils überprüft werden.

- Umschlingungsradius ( $R$ ) und minimal formgebende Radien ( $R_{\min}$ )

Bei der Erstausslegung der Bauteile (z.B. Türinnenblech) kann der Umschlingungsradius doppelte so groß gewählt werden wie die Ziehtiefe ( $Z_T$ ) abzüglich 20 % der Materialdehnung [62].

$$R = 2 * Z_T - 20\%$$

Die minimal formgebenden Radien können so ausgelegt werden, dass sie sechs mal der Blechstärke ( $S_{\text{Blech}}$ ) entsprechen [62].

$$R_{\min} = 6 * S_{\text{Blech}}$$

Die schematische Darstellung des Umschlingungsradius und der minimal formgebenden Radien in Abhängigkeit der Ziehtiefe wird in Abbildung 4.4 gezeigt.



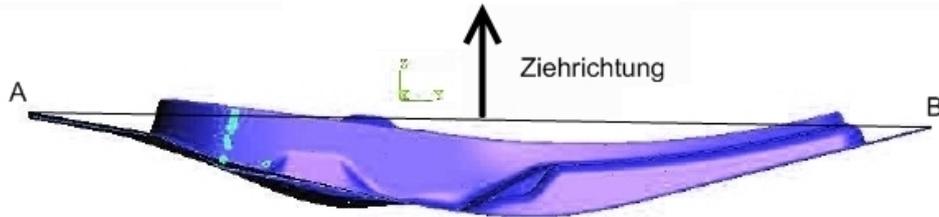
**Abbildung 4.4:** Schematische Darstellung von  $R$  und  $R_{\min}$  [62]

- Entformschräge ( $\alpha_{\text{Entf.}}$ )

Die erforderliche Entformschräge ( $\alpha_{\text{Entf.}}$ ) hängt maßgeblich von der Geometrie des Bauteils und dem Tiefziehverfahren ab. Als Richtwert sollte bei der Auslegung die Entformschräge einen Wert von  $10^\circ$  nicht unterschreiten [62]. Wird bei der Auslegung eine Entformschräge zwischen  $4^\circ$  und  $9^\circ$  gewählt, so ist die Machbarkeit des Bauteils mittels der Tiefziehsimulation zu überprüfen.

- Festlegung der Ziehrichtung ( $Z_R$ )

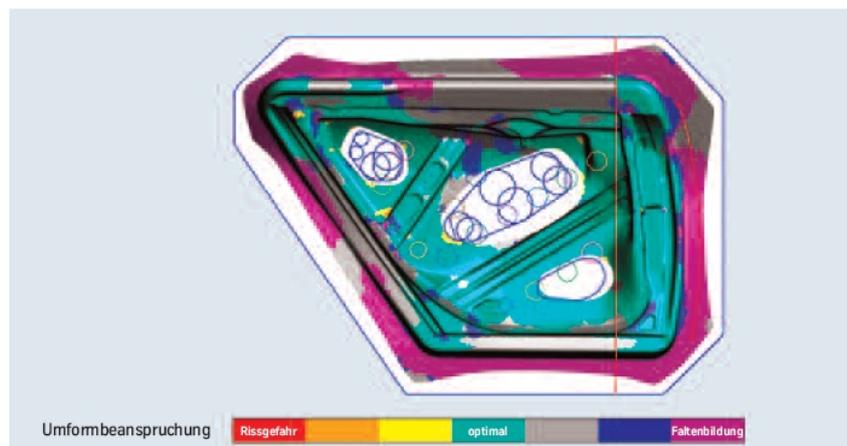
Durch Verbinden der äußeren Punkte A und B kann schon am Beginn der Konzeptphase anhand der Vorgaben des Straks und des Fugenverlaufs die vorläufige Ziehrichtung abgeschätzt werden. Die Ziehrichtung liegt normal auf die Linie AB (siehe Abbildung 4.5). Anhand dieser Linie kann zumindest grob überprüft werden, ob das Bauteil in dieser Richtung entformbar ist. Die tatsächliche und optimale Tiefziehrichtung des Bauteils wird aber erst später anhand der Tiefziehsimulation ermittelt.



**Abbildung 4.5:** Festlegung der Ziehrichtung bei einem Türinnenblech [62]

- Tiefziehsimulation

Die Tiefziehsimulation sollte schon in einer frühen Konzeptphase konstruktionsbegleitend eingesetzt werden, damit die ersten Entwürfe nach Abschätzung der vorläufigen Ziehrichtung auf ihre Herstellbarkeit überprüft werden können. In Abbildung 4.6 ist eine Umformsimulation und die daraus abgeleiteten Umformbeanspruchungen dargestellt. Die Umformbeanspruchung zeigt mögliche Fehler (Rissgefahr bzw. Faltenbildung) auf, die in Folge der Umformung an bestimmten Bereichen des Türinnenblechs auftreten könnten. Die Outputdaten (z.B. Geometrievorschläge) aus der Tiefziehsimulation können indirekt in den Konstruktionsprozess einfließen.



**Abbildung 4.6:** Umformsimulation von ThyssenKrupp-Stahl [62]

- Form des Blechzuschnitts

Die Größe und Form der Platine beeinflussen maßgeblich den Materialfluss. So werden gezielt Ausschnitte in der Platine eingefügt, um lokal einen besseren Materialfluss zu ermöglichen. Die Aspekte können gezielt durch die Gestaltung und Auslegung des Türrohbaus berücksichtigt werden (siehe Kapitel 2.4) [59].

- Schweißnaht bei Tailored Blank

Damit das Bauteil als Tailored Blank umgeformt werden kann, sind folgende Einflüsse bei der Gestaltung der Schweißnaht zu beachten [59]:

1. Die Schweißnaht sollte in einen Bereich gelegt werden, in dem die Umformung nicht so stark ist.
2. Es sollten keine Bohrungen und Stanzungen (z.B. Wasserablauf Türinnenblech) im Bereich der Schweißnaht liegen.
3. Die Schweißnaht sollte parallel zum Materialfluss angeordnet sein, damit sie während des Umformvorgangs nicht wandern kann.

## 4.2 Strangpressen

Beim Strangpressen handelt es sich nach DIN 8583 um ein Verfahren der Druckumformung [19]. Das Hohlprofil zum Strangpressen wird in Abbildung 4.7 veranschaulicht und besteht aus:

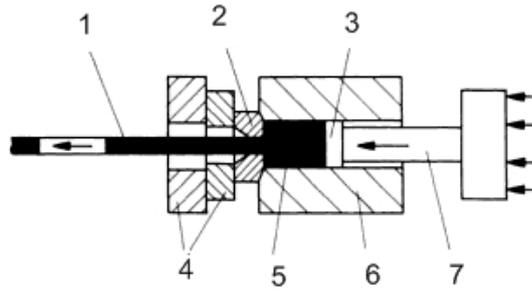
1. Pressstrang,
2. Matrize mit Werkzeughalter,
3. Pressscheibe,
4. Stützwerkzeug,
5. Pressblock,
6. Blockaufnehmer und
7. Pressstempel.

In Abbildung 4.8 ist der Verfahrensablauf beim Voll-Vorwärts-Strangpressen dargestellt. Der Verfahrensablauf besteht aus

1. Werkstoff laden,

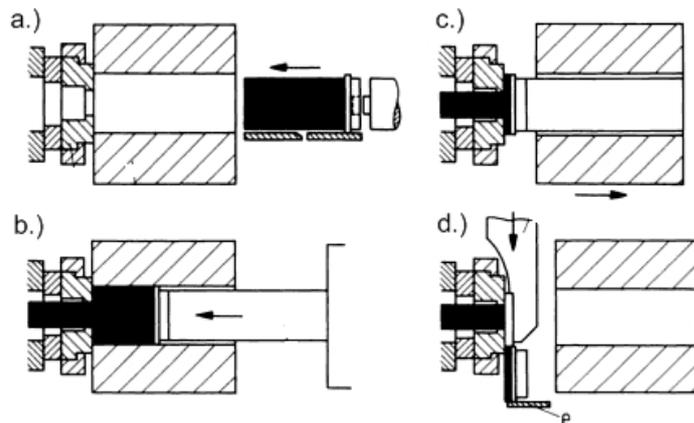
2. Strippen<sup>3</sup>,
3. Pressen und
4. Scheren.

Der umzuformende Werkstoff wird dabei mittels eines Pressstempels durch eine Matrize gedrückt, in die das gewünschte Außenprofil eingearbeitet ist.



**Abbildung 4.7:** Schematische Darstellung des Voll-Vorwärts-Strangpressens [33]

Mit diesem Umformverfahren können Stangen, Rohre und Profile aus Stahl, Aluminium und Magnesium hergestellt werden. Auch Profilformen, die Hinterschneidungen aufweisen, können mittels des Strangpressens hergestellt werden. Der große Vorteil dieses Verfahren ist, dass Mehrkammerprofile sich einfach herstellen lassen. Der Nachteil ist, dass nur Profile mit gleichbleibendem Querschnitt herstellbar sind [33].



**Abbildung 4.8:** Verfahrensablauf beim Strangpressen [33]

<sup>3</sup>Entlasten der Presse und Freilegen des Pressenrestes mit der Pressscheibe durch Zurückfahren des Blockaufnehmers.

### 4.3 Rollformen

Nach DIN 8586 gehört das Rollformen zu der Fertigungsgruppe der Biegeumformung mit drehender Werkzeugbewegung [17]. Das Werkzeug zum Rollformen wird in Abbildung 4.9 dargestellt. Der Werkstoff (1) wird durch die sich drehenden Rollen (2) umgeformt. Beim Rollformen durchläuft die ebene Platine stufenweise die einzelnen Umformstationen, bis das Profil fertig geformt ist. Beim Umformprozess können auch zusätzliche Prozessschritte (z.B. Stanzen) integriert werden [31].

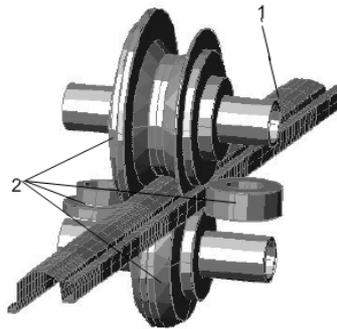


Abbildung 4.9: Werkzeug zum Rollformen [33]

Mit den Rollformen können offene und geschlossene Profile in verschiedenen Umformstufen hergestellt werden (siehe Abbildung 4.10).

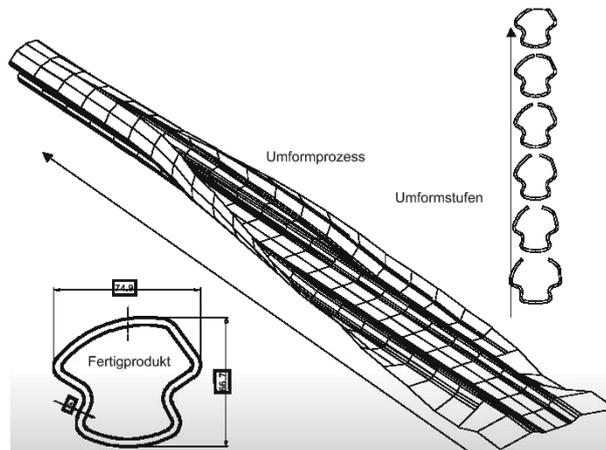


Abbildung 4.10: Umformstufen beim Rollformen [54]

# Kapitel 5

## Fügetechnologien im Türrohbau

Damit eine optimale statische (z.B. Türabsenkung) und dynamische (z.B. Crash, Türzuschlag, usw.) Auslegung des Türrohbaus in Abhängigkeit von Grundmaterial gewährleistet werden kann, sollte die geeignete Fügetechnologie ausgewählt werden. Nach der Art der Fügung unterscheidet man zwischen warmem Fügen und thermischem Fügen. Zu den warmen Verfahren zählen z.B. Kleben, Nieten, Clinchen und Schrauben. Zu den thermischen Fügeverfahren können beispielsweise das Widerstandspunkt- (WP), Laser-, Metallinertgasschweißen- (MIG) und Metallaktivgas (MAG) Schweißen gezählt werden.

### 5.1 Kleben

Das Kleben wurde ursprünglich im Flugzeugbau unter dem Aspekt des Leichtbaus angewendet. Der große Vorteil des Klebens ist, dass eine gleichmäßige Spannungsverteilung und Kraftübertragung in den Fügstellen erreicht wird. Die Kleber lassen sich auch sehr gut in Kombination mit anderen Fügeverfahren wie beim Nieten, Clinchen und Schweißen anwenden. Zusätzlich wird durch die Klebung die Fügstelle abgedichtet und Korrosion kann vermieden werden. Durch die Klebung lassen sich auch unterschiedliche Werkstoffe sehr gut verbinden, es wird das Gefüge durch zusätzliche Wärmeeinwirkung nicht verändert bzw. der Querschnitt (z.B. Nietbohrung, Durchgangsloch) wird infolge des fügenden Teils (Schraube, Niet) nicht reduziert. Im Türrohbau des E 83 wurden nach Abbildung 5.1 die Klebeverfahren Bördelflansch- (R1 Naht), Unterfütterungs- (R2 Naht) und die Strukturklebung (R3 Naht) angewendet.

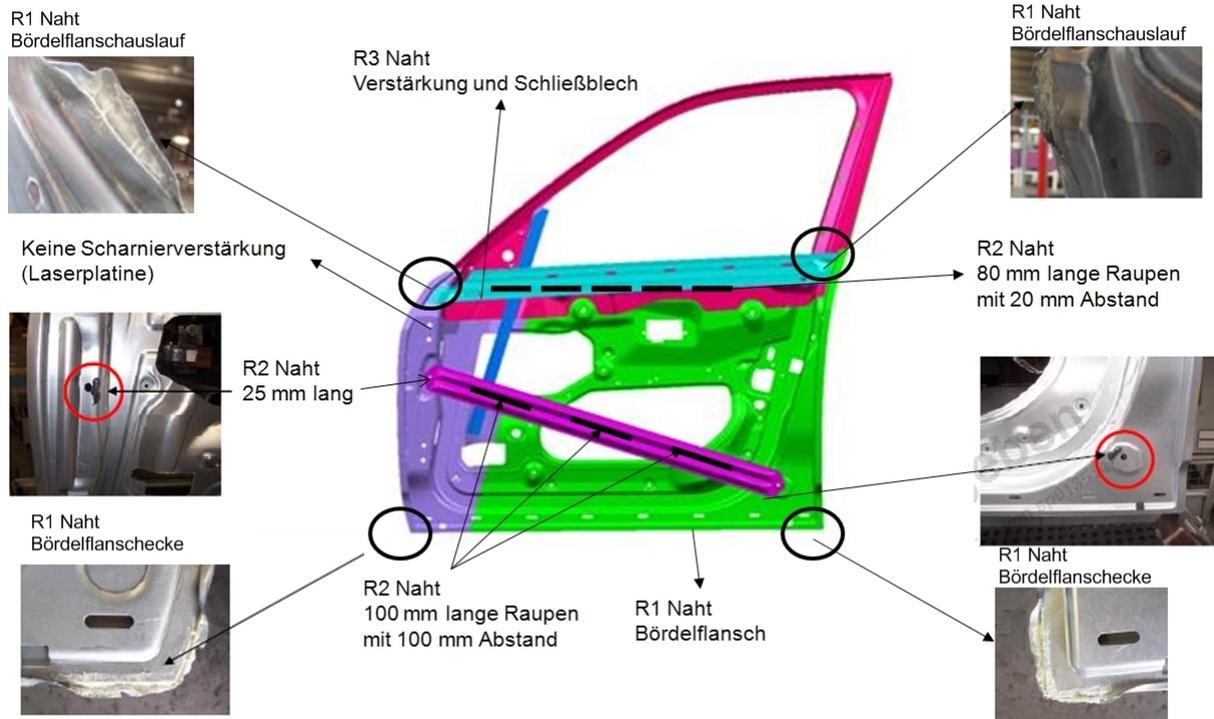


Abbildung 5.1: Schematische Darstellung der Klebeart am E83-Türrohbau [50]

Die Tabelle 5.1 zeigt die Kleberarten und die daraus resultierenden Einflüsse auf die Funktion des Bauteils.

Kleberart	Naht	Auftragungsbereich	Funktion
Falzverbindung	R1	Türaußenblech	Festigkeit Steifigkeit Korrosionsschutz
Unterfütterungskleber	R2	Türaußenblech Türinnenblech Aufprallschutz	Festigkeit Steifigkeit Akustik Akustik
Strukturkleber	R3	Türaußenblech	Festigkeit Steifigkeit

Tabelle 5.1: Kleberart und Einflüsse auf die Funktion des Bauteils [50]

### 5.1.1 Bördelflansch (R1 Naht)

Die Bördelflanschverklebung ist eine Fügetechnologie die das Türinnen- mit dem Türaußenblech verbindet. Durch diese Fügung können maßgeblich die Bauteilfestigkeit- und Steifigkeit, sowie das Dämpfungsverhalten des Türrohbaus beeinflusst werden. Da am Türrohbau korrosiv wirkende Medien (z.B. Spaltkorrosion in Folge Salz) anhaften können, muss die Bördelverbindung innen und außen absolut dicht sein. Die Verbindung wird daher zuerst dicht verklebt, versiegelt und konserviert. Zusätzlich sollte das Wassermanagement so konzipiert sein, dass eine ausreichende Hinterlüftung der Falzverbindung sichergestellt wird, um dauerfeuchte Bereiche zu vermeiden. Die Wasserablauflöcher sind im Nassbereich des Türrohbaus oberhalb (Schwellerbereich) der Bördelverbindung vorzusehen.

#### 5.1.1.1 Konstruktive Auslegung des Bördelflanschs

Im Türrohbau kann das Türaußenblech mit dem Türinnenblech mit einem Flachbördel gefügt werden. Bei der Auslegung des Bördelflanschs sollte überprüft werden, ob es fahrzeugspezifische Verfahrensanweisungen gibt. Sollte das nicht der Fall sein, so können die Abmaße für eine konstruktive Erstausslegung des Bördelflanschs herangezogen werden. Jedoch muss der Bauraum konstruktiv berücksichtigt werden.

Eine Bördelfalzverbindung besteht aus Nahtabdichtung (1), Umbug (2), Falzung (3), Falzkanal (4), Klebeflanschbreite (5), Klebstoff (6), Wachs (7), Kehle (8) und Wasserablaufloch (9) (siehe Abbildung 5.2).

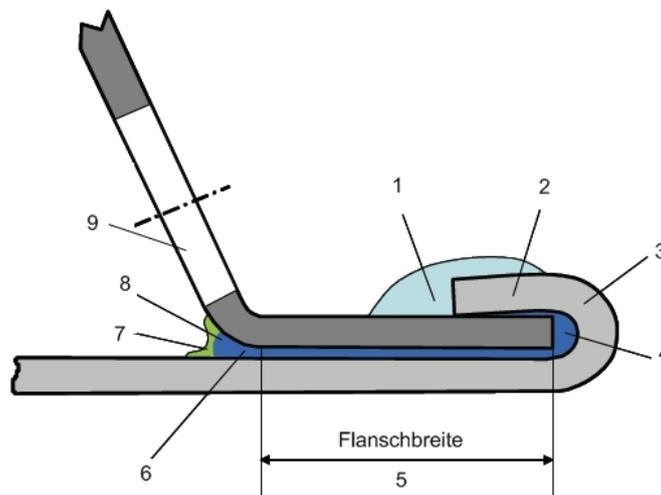


Abbildung 5.2: Definition einer Bördelflanschverbindung [50]

Als Rollfalzwerkzeug kann ein Rollfalzkopf mit zwei hintereinander laufenden Rollen verwendet werden, die von einem Füge-Roboter gesteuert werden. Die erste Rolle falzt den Flansch teilweise um (1), und die zweite Rolle schließt ihn komplett (2) (siehe Abbildung 5.3). Mit einem Durchlauf können zwei Falzschritte durchgeführt werden.

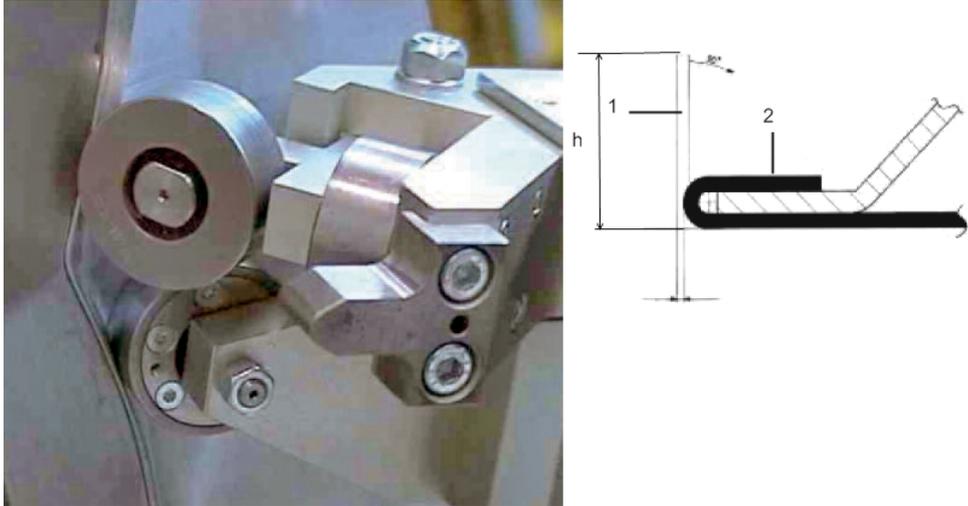


Abbildung 5.3: Herstellung eines Flachbördels [40]

Nachfolgend wird die konstruktive Auslegung der jeweiligen Bereiche, die in Abbildung 5.1 dargestellt sind, erklärt [50].

### 1. Flachbördel

Die maßlichen Vorgaben beziehen sich auf einen Bördelflansch, bei dem das Türinnen- bzw. -außenblech aus Stahl ausgeführt wurde. Die Aluminiumtür unterscheidet sich von der Stahltür in den minimalen Ziehradien und den Toleranzen.

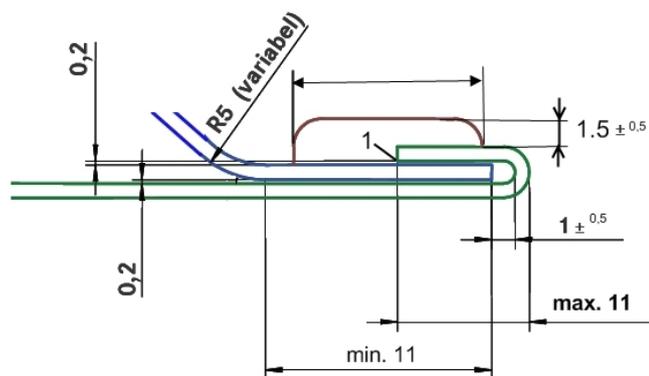


Abbildung 5.4: Auslegung Flachbördel [50]

## 2. Bördelflanschen

Abbildung 5.5 zeigt die Auslegung einer Bördelflanschecke.

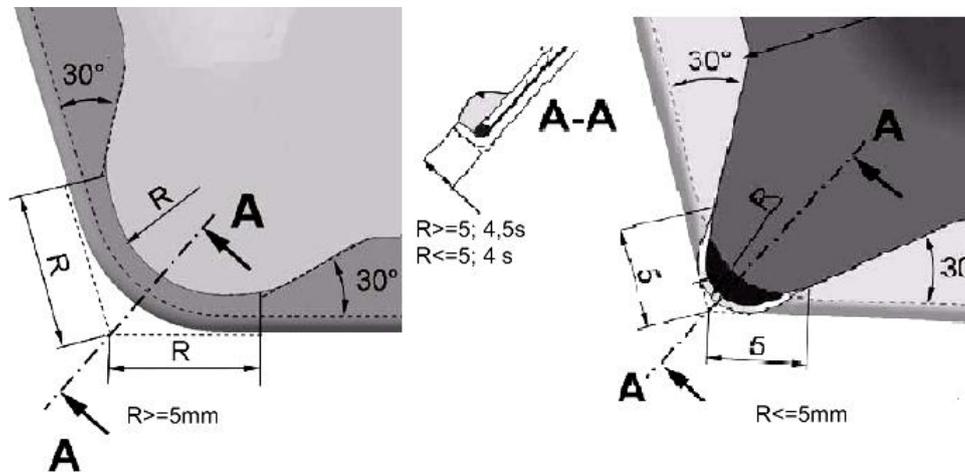


Abbildung 5.5: Auslegung offener Bördecken mit Radius größer und kleiner 5 mm [50]

## 3. Bördelflanschauslauf

In Abbildung 5.6 wird die Auslegung des Bördelflanschauslaufs gezeigt.

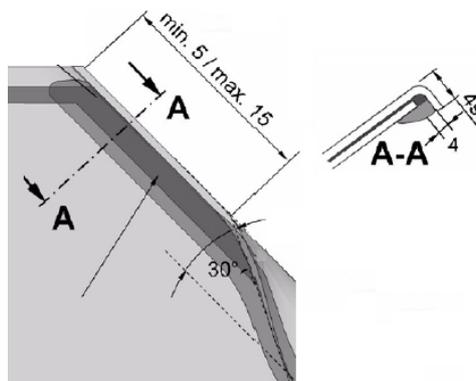


Abbildung 5.6: Auslegung Bördelauslauf [50]

### 5.1.2 Unterfütterungsklebung (R2 Naht)

Der Unterfütterungskleber kann je nach Einsatz zur Verbesserung der Steifigkeits-, Festigkeits- und Akustikeigenschaften verwendet werden.

### 5.1.3 Strukturelle Klebung (R3 Naht)

Mit der Strukturellen Klebung können sowohl mechanische Anforderungen (z.B. Steifigkeit, Festigkeit) als auch Korrosionsschutz- bzw. Dichtheitsanforderungen maßgeblich beeinflusst werden.

#### 5.1.3.1 Auslegung Klebespalt

Da die Klebeschichtdicke maßgeblich die Zug-Scherfestigkeit des gefügten Bauteils beeinflusst, sollte der Klebespalt möglichst klein gehalten werden (siehe Abbildung 5.7). Zusätzlich sollte bei der Klebung berücksichtigt werden, dass die Klebenaht zwischendurch unterbrochen ist, damit Wasser (z.B. Kondenswasser) abfließen kann.

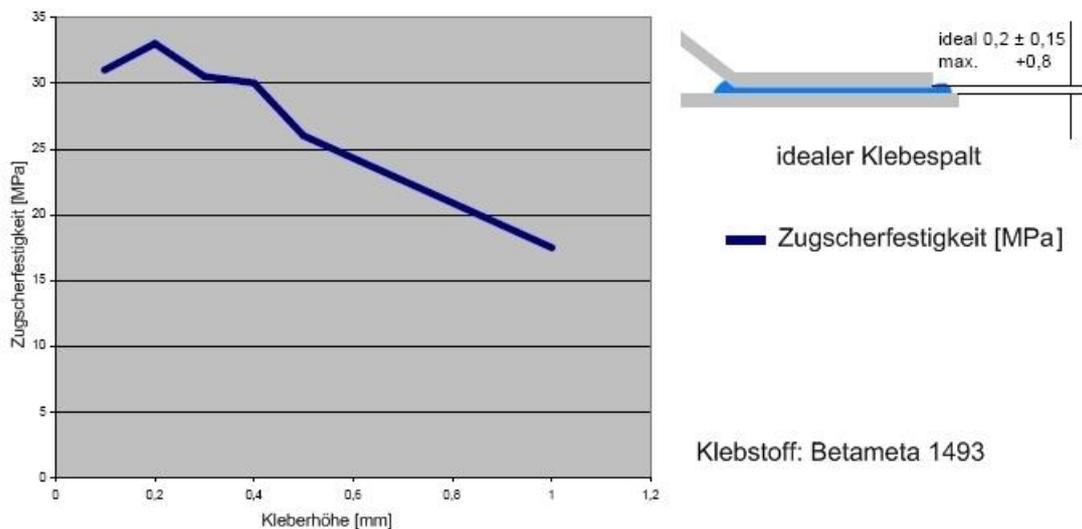


Abbildung 5.7: Einfluss der Klebeschichtdicke auf die Zugscherfestigkeit [50]

## 5.2 Schweißen

Schweißverbindungen sind stoffschlüssige Verbindungen, die durch die Wirkung von Adhäsions- oder Kohäsionskräften zwischen den Füge-teilen entstehen. Die Verbindung ist unlösbar, die Füge-teile werden beim Lösen zerstört. Die Stoffschlüssigkeit geschweißter Verbindungen, die beim Schweißen entstehenden Gefügeänderungen, sowie die oft erheblichen, mehrachsigen Spannungszustände erfordern eine dem Schweißverfahren angepasste Konstruktion [22]. Beim E83 Türrohbau wurden das Widerstandspunktschweißen (WPS) und das Laserstrahlschweißen eingesetzt.

Des Weiteren gibt es noch die Metallinertgas-<sup>1</sup> und das Metallaktivgasschweißen<sup>2</sup>.

### 5.2.1 Widerstandspunktschweißen

Im Türrohbau ist das Widerstandspunktschweißen am weitesten verbreitet. Bei dieser Fügetechnik erfolgt eine Widerstandserwärmung infolge des Stroms in der Fügestelle. Die Fügung kann mittels Schweißzangen, die durch Füge-roboter gesteuert werden, erfolgen. Bei der Auslegung der Schweißstelle am Bauteil muss der Elektrodendurchmesser der Schweißzange bzw. die Mindestflanschbreite (Mindestüberdeckung zwischen zwei Blechen) je nach Verfahrensanweisungen der jeweiligen Auftraggeber berücksichtigt werden. Des Weiteren ist die Zugänglichkeit der zu fügenden Stelle mittels der Schweißzange in der Konstruktion zu berücksichtigen. In der nachfolgenden Tabelle 5.8 wird in Abhängigkeit vom Elektrodendurchmesser die Mindestflanschbreite angegeben [43].

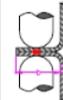
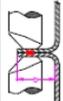
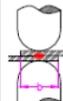
Blechdicke	0,50	0,63	0,8	0,88	1,0	1,15	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	
Mindestlinsen-Durchmesser $d_L$	2,5	2,8	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,3	4,6	5,0	5,3	5,5	5,8	6,1	
Mindestpunktdurchmesser $d_p$	2,9	3,2	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5	4,9	5,3	5,7	6,0	6,3	6,6	7,0	
Mindestrandabstand $v$	4,0	4,0	4,0	4,2	4,4	4,6	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	6,9	7,2	7,6	
 $\varnothing$ - Elektrode Mindestflanschbreite	13	14,0	14,0	14,0	15,5	16,0	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	20,5	21,0
 $\varnothing$ - Elektrode Mindestflanschbreite	16	11,5	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	15,0	16,5	17,5	18,5	19,0	20,0	21,5
 $\varnothing$ - Elektrode Mindestflanschbreite	16	10,0	10,0	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,5	14,0	15,0	16,0	16,5	17,0

Abbildung 5.8: Minimale Flanschbreiten für die Zweiblechschweißung [43]

### 5.2.2 Laserschweißen

Das Laserschweißen gehört zur Gruppe des Schmelzverbindungs-schweißens. Die erforderliche Wärme entsteht durch Umwandlung gebündelter, energiereicher Laser- oder Elektrodenstrahl-

<sup>1</sup>Metallinertgasschweißen wird zum Schweißen von Nichteisenmetallen, Aluminium und für hochlegierte Stähle verwendet. Als Schutzgas wird Argon, Helium oder eine Kombination aus beiden verwendet.

<sup>2</sup>Metallaktivgasschweißen wird zum Schweißen von un- und hochlegierter Stählen verwendet. Als Schutzgas wird eine Kombination aus z.B. Argon, CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> verwendet.

lung beim Auftreffen und Eindringen in das Werkstück. Der Werkstoff schmilzt und bildet beim Erstarren die feine Schweißnaht. Der große Vorteil des Laserschweißens ist, dass hohe Vorschubgeschwindigkeiten bei einem geringen Verzug des Bauteils und einer geringen Beeinflussung des Gefüges erzielt werden. Zur Ansteuerung der Laser können Roboter auf Basis von Lineararm- und Knickarmkinematik verwendet werden [22].

Nach Art der Wärmeinflusszone, die in Abbildung 5.9 (A) und (B) dargestellt ist, unterscheidet man zwischen Wärmeleitungs- (A) und Tiefschweißen (B) [30].

### 1. Wärmeleitungsschweißen

Beim Wärmeleitungsschweißen wird der Werkstoff durch den Laserstrahl nur bis zu einer Tiefe von etwa 0,5 mm aufgeschmolzen. Bei diesem Verfahren reicht die Strahlleistung zwar zum Aufschmelzen, nicht aber zum Verdampfen des Werkstoffs aus. Abbildung 5.9 A zeigt die Wärmeeinbringung durch den Laserstrahl (1) und die jeweiligen Zonen: flüssige Zone (2) und erstarnte Zone (3).

### 2. Tiefschweißen

Beim Tiefschweißen liegt die Energiedichte des Laserstrahls über einem kritischen Schwellenwert von etwa  $10^6 \text{ W/cm}^2$ . Dabei wird der Werkstoff so hoch erhitzt, dass er am Auftreffpunkt des Strahls verdampft. Die durch das Tiefschweißen erzeugten Nähte sind schmal, können aber Tiefen erreichen, die dem 10fachen der Breite entsprechen. Abbildung 5.9 B veranschaulicht die Wärmeeinbringung durch den Laserstrahl (1) und die jeweiligen Zonen: Plasma (2), Flüssige Zone (3), Erstarnte Zone (4) und den Dampfkanal (5). Am E83 Türrohbau wurde dieses Verfahren zum Fügen zweier Bleche mit unterschiedlichen Stärken (Tailored Blank) angewendet.

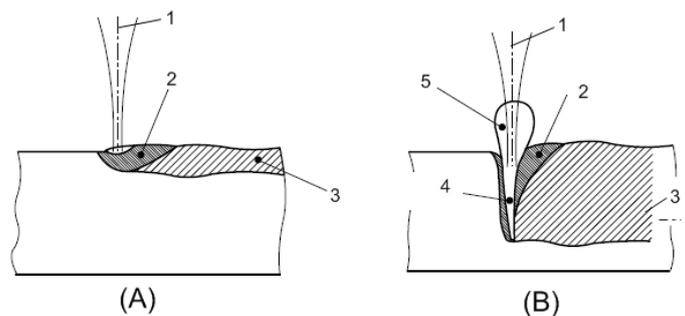


Abbildung 5.9: Wärmeleitungs- und Tiefschweißverfahren [30]

## 5.3 Clinchen

Beim Clinchen handelt es sich um ein umformtechnisches Fügeverfahren, das durch die Einwirkung eines Stempels und einer Matrize die zu fügenden Teile ohne Wärmeeinfluss verbindet. Mittels des Clinchens können unterschiedliche Werkstoffe unter Berücksichtigung des begrenzten Formänderungsverhaltens<sup>3</sup> der jeweiligen Materialien gefügt werden. Sehr oft wird das Clinchen in Verbindung mit Kleben angewandt, da dadurch eine zusätzliche Abdichtung der Fügestelle erzielt werden kann. Je nach Verfahrensart sind diese Werkzeugelemente in Form und Wirkungsweise unterschiedlich ausgeführt.

### 5.3.1 Arten von Clinchverbindungen

Die Clinchverbindungen, die in Abbildung 5.10 dargestellt sind, können hinsichtlich ihres Schneidanteils (schneidend oder nicht schneidend) im Fertigungsverfahren und der geometrischen Form (rund, rechteckig, Sonderformen) des hergestellten Verbindungselements unterschieden werden. In der Automobilindustrie wird das Clinchverfahren mit Schneidanteil nicht verwendet, da es im Umformprozess zu einer Spanbildung kommt und dadurch das Werkzeug und die Fügestelle in Kombination mit Klebstoff verunreinigt wird [44].

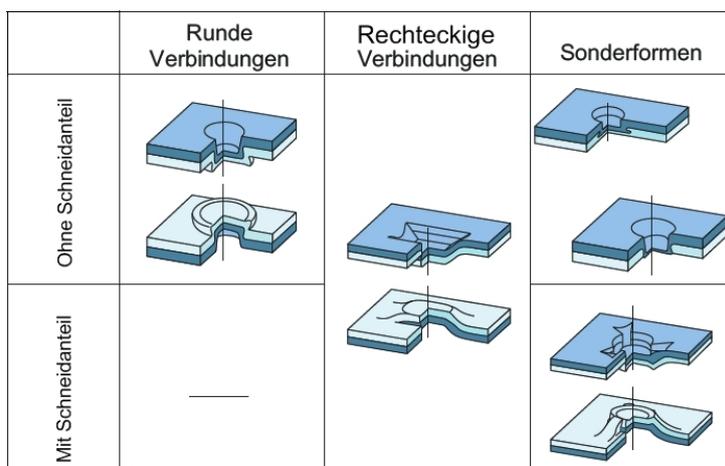


Abbildung 5.10: Arten von Clinchverbindungen [44]

### 5.3.2 Aufbau und Ablauf beim Clinchen

Das Werkzeug besteht aus Stempel (1), Niederhalter (2), Federelement (3), Distanzelement (4), Matrize (5), Matrizelement (6) und den zu fügenden Teilen (7). Beim Clinchen gibt es die

<sup>3</sup>Darunter versteht man die Fähigkeit eines Werkstoffs sich umformen zu lassen.

Prozessschritte Positionieren/Vorspannen, Durchsetzen, Einsenken/Stauchen/Fließpressen und Zurückfahren (siehe Abbildung 5.11).

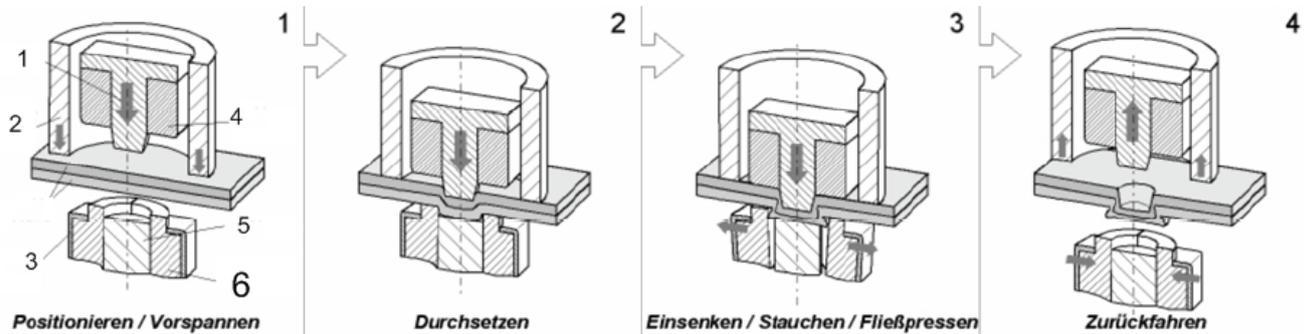


Abbildung 5.11: Aufbau und Prozess beim Clinchen [34]

### 5.3.3 Konstruktive Auslegung der Fügeile

Abbildung 5.12 und Tabelle 5.2 zeigen Bauteilabmessungen, die der Konstrukteur bei der Auslegung des Bauteils bzw. der Fügezonen berücksichtigen kann. Bei der Auslegung der Clinchverbindung (Flanscbreite) ist sicherzustellen, dass die Zugänglichkeit durch die im Werk verwendeten Werkzeuge gewährleistet ist. Beim Clinchen sollte beachtet werden, dass harte in weiche und dicke in dünne Bleche gefügt werden.

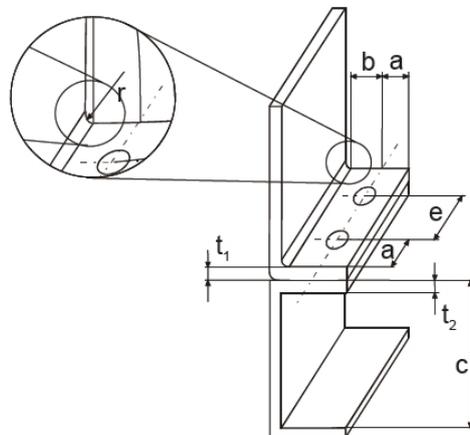


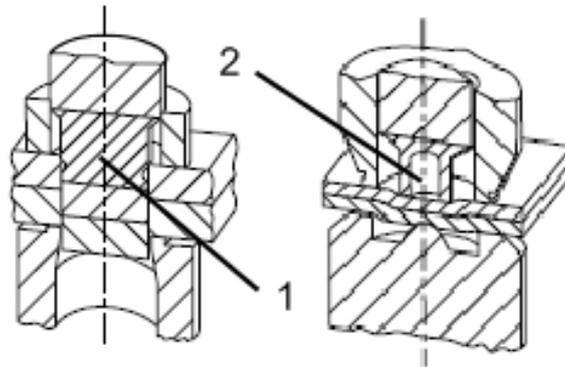
Abbildung 5.12: Schematische Darstellung der Abmaße bei der Clinchverbindung [44]

Außennendurchmesser $d_o$ [mm]	6	8	10
Einzelblechdicke stempelseitig $t_1$	0,5-1,5	0,7-2	1,5-3
Einzelblechdicke matrizenseitig $t_2$	0,5-1,5	0,7-2	1,5-3
Gesamtlechdicke $t_t = t_1 + t_2$	1-3	1,4-4	3-6
Mindestrandabstand $a$	6	7	8
Mindestabstand zur Abkantung $b$	6	7	8
Kleinster zulässiger Fügepunktabstand $e$	14	16	18
Minimaler Freiraum $c$ (matrizenseitig)	25	30	35

**Tabelle 5.2:** Abmessungen bei der Auslegung einer Clinchverbindung [44]

## 5.4 Stanznieten

Das Werkzeug beim Stanznieten wird in Abbildung 5.13 dargestellt. Unter Verwendung eines rotationssymmetrischen Voll- (1) oder Halbhohlriet (2) wird die Bohrung in einem Arbeitsgang vom Niet selbst erzeugt. Dadurch wird eine form- und kraftschlüssige Verbindung hergestellt. Der große Nachteil bei diesem Fügeverfahren ist, dass im Bereich des Niets Spannungsspitzen am Bauteil entstehen. Diese müssen in der Konstruktion berücksichtigt werden. Durch die Stanzung wird auch der tragende Querschnitt reduziert. Durch die zusätzliche Verwendung von Klebstoffen kann aber die Festigkeit bei schwingender und stoßartiger Belastung gesteigert werden [34].



**Abbildung 5.13:** Schematische Darstellung von einem Voll- und einem Hohlriet [34]

### 5.4.1 Aufbau und Prozess beim Stanzen

Aufbau und Fügeprozess beim Stanzen werden in Abbildung 5.14 mittels des Halbhohlriets erklärt. Der Aufbau besteht aus Niethalter (1), Niet (2), Matrize (3), Nietstempel (4) und den zu fügenden Teilen (5). Die Prozessschritte beim Stanzen sind: Positionieren und Vorspannen, Durchstanzen, Stanzniet Setzen und Zurückfahren.

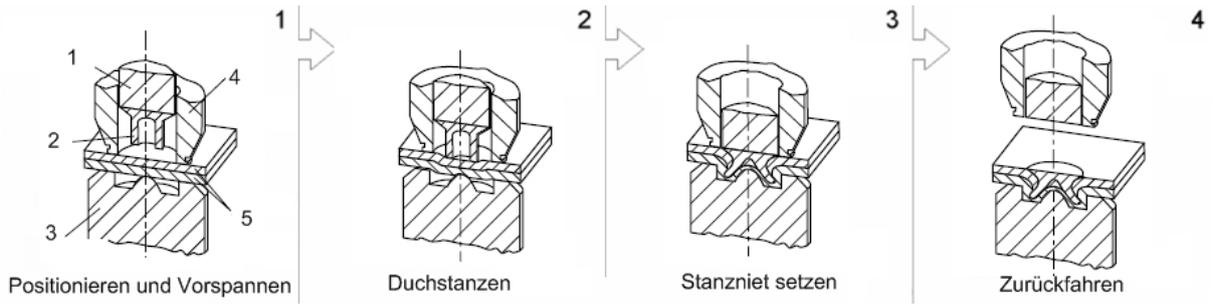


Abbildung 5.14: Aufbau und Prozessablauf beim Stanznieten mit Hohlkern [34]

### 5.4.2 Konstruktive Auslegung von Stanznietverbindungen

Bei der Auslegung der Clinchverbindung (Flanschbreite) werden die in Abbildung 5.15 und Tabelle 5.3 dargestellten Werte verwendet. Beim Stanznieten sollte berücksichtigt werden, dass weiche in harte und dünne in dicke Bleche gefügt werden.

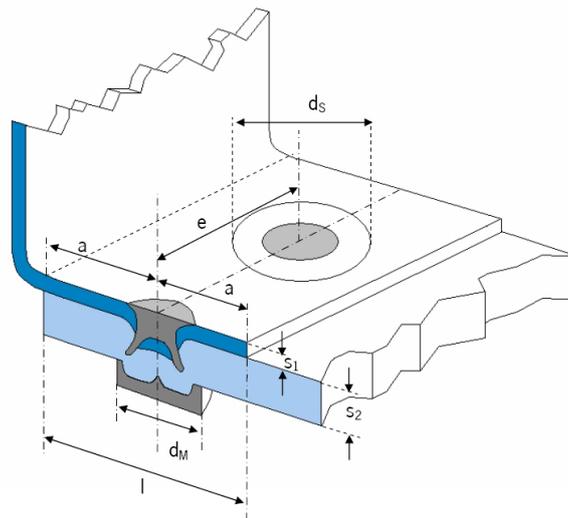


Abbildung 5.15: Schematische Darstellung der Abmaße bei einer Stanzverbindung [49]

Kenngroße Schaftdurchmesser (mm)	3, 3	5, 3
Mindestpunktabstand (e) (mm)	20	30
Randabstand (a) (mm)	8+1 (System Böllhoff) 10+1 (System Böllhoff)	9+1 (System Tucker) 11+1 (System Tucker)
Größe Störkontur Setzkopf (dS)/(8mm)	14 (System Böllhoff) 16 (System Böllhoff)	16 (System Tucker) 18 (System Tucker)
Matrizendurchmesser dM (mm)	16	18
Überlappung $l=2*a$ (mm)	min. >16, besser >18	>20

**Tabelle 5.3:** Abmessungen bei der Auslegung einer Stanzverbindung [49]

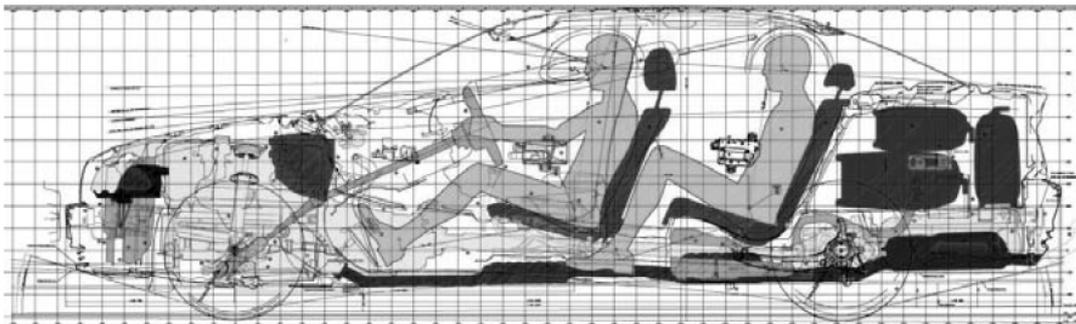
# Kapitel 6

## Anforderungen an die Tür

Eine Fahrzeugtür muss viele Anforderungen erfüllen. Diese betreffen Package, Design, Ergonomie, Struktur sowie gesetzliche und vom jeweiligen OEM vorgegebene Aspekte. Nachfolgend werden die einzelnen Anforderungen beschrieben.

### 6.1 Gesamtfahrzeugpackage

Das präzierte Layout der maßlichen Gesamtfahrzeugdarstellung (siehe Abbildung 6.1) wird als Gesamtfahrzeugpackage bezeichnet. Dieses Package beinhaltet Definitionen und Bezeichnungen von Innen- und Außenabmessungen. Die Abmessungen sind in erster Linie dazu bestimmt, dass Design- bzw. Konstruktionsabsichten innerhalb einer Designumgebung (z.B. Catia) gemessen werden können. Des Weiteren könnten die einzelnen Entwicklungsdisziplinen (Package, Ergonomie, Rohbau, Karosserie usw.) diese Maße für die Beurteilung des vorgeschlagenen Konzepts (z.B. Öffnungswinkel der Türen, Einstiegshöhe, Schwellerhöhe usw.) heranziehen.



**Abbildung 6.1:** Gesamtfahrzeugpackage [53]

Die Maße für das Gesamtfahrzeugpackage werden in den folgenden gesetzlichen Vorgaben und Richtlinien beschrieben:

- SAE J1100 Surface Vehicle Recommended Practice [57] und
- DIN 70020-1 Straßenfahrzeuge, Kraftfahrzeuge [15].

Um einen internationalen Vergleich zwischen verschiedenen Fahrzeugen zu bekommen, wurde eine einheitliche Definition geschaffen. Diese wurde von der „Global Car Manufacturers Information Exchange Group (GCIE)“ [26] niedergeschrieben. Die Standards regeln den Austausch von Maßkonzept und Packageplänen zwischen den Automobilherstellern. Das Maßkonzept dient als Vorgabe für die Prinzipschnitte, der Packageplan wird aus der 3D Geometrie abgeleitet. Folgende Maßkonzepte bzw. Packageschnitte wurden aus der GCIE Richtlinie entnommen und sind in der Türentwicklung relevant:

- Fahrzeugbreite bei geöffneter Tür,
- Schwellerhöhe und maximale Einstiegshöhe,
- Brüstungshöhe,
- Ellbogen- und Schulterfreiheit,
- obere und seitliche Kopffreiheit und
- Rundumsicht.

### 6.1.1 Fahrzeugbreite bei geöffneter Tür

Das Maß W120 wird auch als Garagenmaß bezeichnet und beschreibt den Abstand zwischen zwei gegenüberliegenden, geöffneten Türen. A125 beschreibt den Winkel zwischen geschlossener und geöffneter Türposition (siehe Abbildung 6.2).

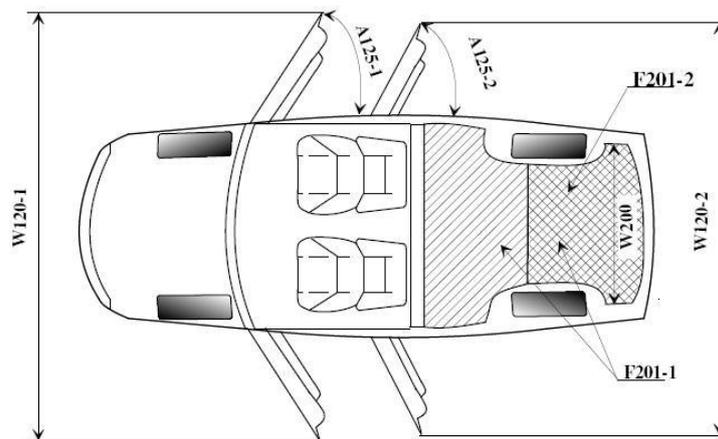


Abbildung 6.2: Garagenmaß [26]

### 6.1.2 Schwellerhöhe und maximale Einstiegshöhe

Die Schwellerhöhe und die maximale Einstiegshöhe werden in Abbildung 6.3 dargestellt. Die Schwellerhöhe H130 beschreibt den Abstand zwischen Boden und Schweller unter Berücksichtigung der Dichtung. Die maximale Einstiegshöhe H50 beschreibt den Abstand zwischen Boden und maximaler Einstiegshöhe.

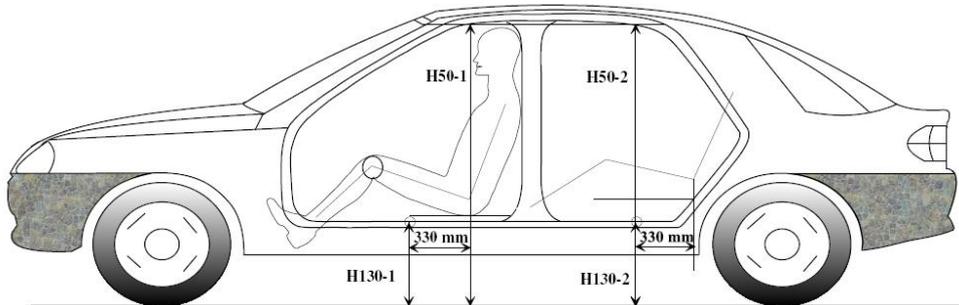


Abbildung 6.3: Einstiegshöhe (H50) u. Schwellerhöhe (H130) [26]

### 6.1.3 Brüstungshöhe

Die in Abbildung 6.4 veranschaulichte Brüstungshöhe H25 beschreibt den minimalen Abstand zwischen Brüstung und Sitzreferenzpunkt.

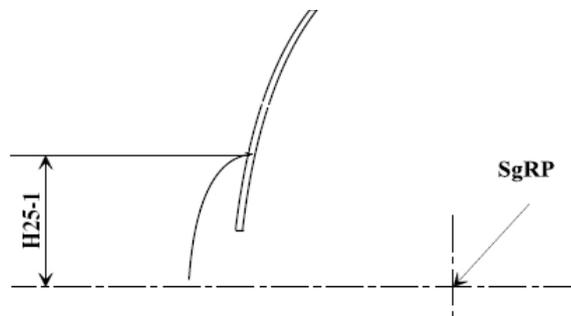


Abbildung 6.4: Brüstungshöhe H25 [26]

### 6.1.4 Ellbogen- und Schulterfreiheit

Die Ellbogen- und Schulterfreiheit wird in Abbildung 6.5 dargestellt. Das Maß W3 beschreibt den Abstand zwischen Schulter und Interieur. W10 bezeichnet das Maß vom Ellbogen zum Interieur.

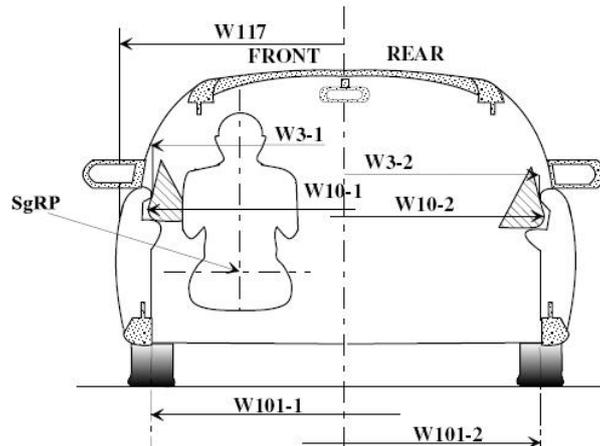


Abbildung 6.5: Ellbogen- (W10) und Schulterfreiheit (W3) [26]

### 6.1.5 Obere und seitliche Kopffreiheit

Das in Abbildung 6.6 gezeigte Maß W42 beschreibt die seitliche Kopffreiheit zwischen Kopf und Außenverkleidung des Seitenrahmens.



Abbildung 6.6: obere und seitliche Kopffreiheit [26]

### 6.1.6 Rundumsicht

Die Rundumsicht, die in Abbildung 6.7 veranschaulicht wird, beschreibt die maximale Verdeckung, die infolge der A-Säule (1), der B-Säule (2), der hinteren Fensterführungsschiene (3), des hinteren Scheibendreiecks (4) und der C-Säule (5) auftreten darf. Im Bereich der Vordertür kommen die A-Säulen und B-Säulen Verdeckungen zum Tragen.

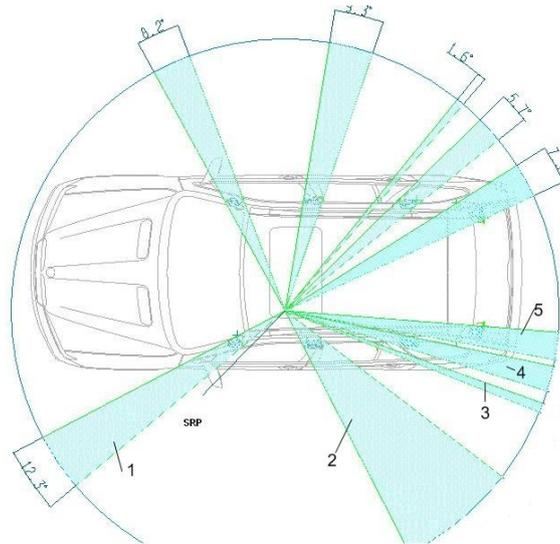


Abbildung 6.7: Rundumsicht [26]

## 6.2 Ergonomie

Um eine optimale Abstimmung zwischen Mensch und Maschine zu gewährleisten, wurden Anforderungen bzgl. Ergonomie an den Arbeitsplatz in der DIN 70010 [16] formuliert. Die Untersuchungen beinhalten Aspekte wie die fahrzeugspezifische Sitzposition, Sichtbedingungen (Felder), Ein- und Ausstiegskomfort, sowie die dazugehörigen Greif- und Bewegungsräume (Türaußengriff, Türinnenbetätigung, Spiegelverstellung) die benötigt werden, um optimale Arbeitsbedingungen für den Fahrer zu schaffen. Zur Darstellung dieser Bereiche kann das Softwarepaket Ramsis<sup>1</sup> Mit Hilfe dieses CAD-Paketes ist es möglich, die gesamten Betätigungseinheiten unter ergonomischen Gesichtspunkten für eine 5 %-Frau<sup>2</sup> oder einen 95 %-Mann<sup>3</sup> auszulegen bzw. eine Analyse des vorgeschlagenen Konzepts vorzunehmen.

## 6.3 Design

Design<sup>4</sup> ist derjenige Nutzwert oder diejenige Qualität einer Produktgestalt, die ihre Betätigbarkeit und Benutzbarkeit sowie ihre Sichtbarkeit und Erkennbarkeit durch den Menschen (Käufer, Benutzer u.a.) beinhaltet [29].

<sup>1</sup>Ramsis steht für Rechnergestütztes Anthropometrisch-Mathematisches System zur Insassen-Simulation.

<sup>2</sup>5 % der Bevölkerung sind kleiner oder gleich diesem Maß und 95 % sind größer.

<sup>3</sup>95 % der Bevölkerung sind kleiner oder gleich diesem Maß und 5 % sind größer.

<sup>4</sup>Der Begriff Design kommt aus dem Lateinischen und bedeutet soviel wie designare d.h. bezeichnen, bestimmen, zeichnen.

Folgende Vorgaben gehen exemplarisch aus dem Strak<sup>5</sup> bzw. Design für die weitere Konstruktion hervor:

- Charakterlinie des Designs,
- Brüstungslinie,
- Scheibenstyling bzw. Scheibengeometrie,
- Scheibenlinie an der A-Säule und an der B-Säule,
- Abzugsschräge der Scheibe,
- Fugenverlauf und
- der Strak.

Diese Vorgaben kann der Konstrukteur für erste Machbarkeitsuntersuchungen heranziehen. Als Beispiel für eine daraus abgeleitete Machbarkeitsuntersuchung kann die Prüfung der Scheibe auf volle Absenkbarkeit unter die Brüstung genannt werden.

## 6.4 Gesetze

Die gesetzgebenden Organe formulieren weltweit sehr unterschiedliche Gesetze mit dem Ziel, die Straßenverkehrssicherheit nachhaltig zu verbessern. Die gesetzlichen Vorschriften müssen die Automobilhersteller in Form von Anforderungen, die das Fahrzeug erfüllen muss, einhalten. Dabei werden genau spezifizierte Anforderungen an bestimmte Fahrzeugbauteile definiert [60]. In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Gesetze aus Österreich (StVZO<sup>6</sup>), Europa (ECE-R<sup>7</sup>) und der USA (FMVSS<sup>8</sup>) beschrieben [21].

### 6.4.1 Anforderungen an die innere Sicherheit (ECE-R 21 und FMVSS 201)

1. ECE-R 21: Dieses Gesetz besagt, dass Insassen vor scharfen Kanten und vorspringenden Ecken durch Mindestradien und energieabsorbierende Materialien geschützt werden sollen.
2. FMVSS 201: Im Bereich des Kopfes sind energieabsorbierende Strukturen und Mindestradien an Befestigungsstellen vorzusehen (z.B. A-Säule und Türahmen).

---

<sup>5</sup>Der strak beschreibt die stylingrelevanten Exterieurs- und Interieursflächen eines Fahrzeugs

<sup>6</sup>Straßenverkehrs-Zulassungsordnung

<sup>7</sup>Economic Commission for Europe

<sup>8</sup>Federal Motor Vehicle Safety Standards

## 6.4.2 Türschlösser und Scharniere

Im Bereich der Türschlösser und Scharniere kommen folgende Gesetze zur Anwendung:

- ECE-R 11 bzw. FMVSS 206
- StVZO 35 e
- ECE-R 32 und 33

### 6.4.2.1 Schlossfestigkeit (ECE-R 11 und FMVSS 206)

Definierte Schlossfestigkeit in Längs- und Querrichtung bei Halb- und Vollschießstellung; Trägheitsanalyse; definierte Scharnierfestigkeit in Längs- und Querrichtung.

### 6.4.2.2 Türen und Verschlüsse (StVZO 35 e)

1. StVZO 35 e(1) Türen und Türverschlüsse müssen so beschaffen sein, dass beim Schließen störende Geräusche vermeidbar sind [28].
2. StVZO 35 e(2) Türverschlüsse müssen so beschaffen sein, dass ein unbeabsichtigtes Öffnen der Türen nicht zu erwarten ist [28].
3. StVZO 35 e(3) Türen müssen während der Fahrt geschlossen sein [28].

### 6.4.2.3 Frontal- und Heckaufprall (ECE-R 32 und 33)

Die Tür muss beim Frontal- ( $v=48-53$  km/h) und Heckaufprall ( $v=35-38$  km/h) gegen eine Barriere in der Schließstellung bleiben. Nach dem Crash muss die Tür zu öffnen sein.

## 6.4.3 Seitenstruktur- und Seitentürfestigkeit (ECE-R 95 und FMVSS-214)

Die Crash-Versuche sind nach der Regelung ECE R 95 (siehe Abbildung 6.8) einerseits gekennzeichnet durch den rechtwinkligen Aufprall eines Schlittens mit deformierbarer Barriere auf den stehenden PKW mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h. Nach dem FMVSS 214 (siehe Abbildung 6.9) bewegt sich hingegen ein schräg laufender Schlitten, ebenfalls ausgestattet mit einer deformierbaren Barriere, gegen den feststehenden PKW mit einer Geschwindigkeit von 54 km/h. Der PKW ist dabei unter einem Winkel von  $27^\circ$  schräg gestellt [55].

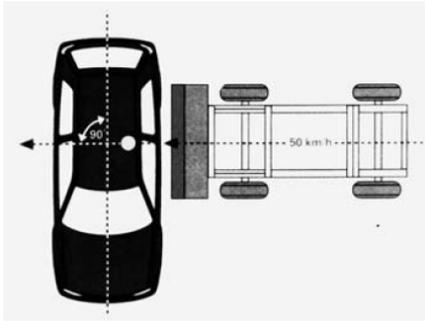


Abbildung 6.8: ECE-R 95 [55]

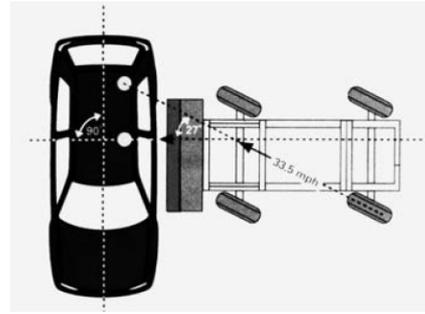


Abbildung 6.9: FMVSS 214 [55]

#### 6.4.4 Dacheindruckschutz (FMVSS 216)

Dieser Versuch nach FMVSS 216 dient zur Überprüfung des Überlebensraums nach einem Überschlag. Dabei wird der Verformungswiderstand der seitlichen Dachecken gegen statischen Druck eines Prüfstempels geprüft (siehe Abbildung 6.10). Ein Cabriolet braucht diese Forderung für die USA nicht zu erfüllen [56].



Abbildung 6.10: Statischer Dacheindrucksversuch nach FMVSS 216 [56]

#### 6.4.5 Statische Türeindrückung (FMVSS 214 a)

Der in Abbildung 6.11 dargestellte Versuch dient zur Sicherstellung der Türsteifigkeit bei Seitenkollision. Diese Prüfung wurde durch den dynamischen Seitenaufprall-Versuch nach FMVSS 214 ersetzt [55].



**Abbildung 6.11:** Statischer Türeindrückversuch nach FMVSS 214 a [55]

#### **6.4.6 Brennbarkeit von Innenraum-Materialien (StVZO 30 bzw. FMVSS 302)**

Die Interieurteile müssen so ausgelegt sein, dass definierte Schwerbrennbarkeitsanforderungen für bestimmte Materialien erfüllt sind.

### **6.5 Strukturelle Anforderungen**

Die Tür muss verschiedenen Belastungen ohne Beeinträchtigung der Betriebsfestigkeit standhalten. Die Belastungen Rahmensteifigkeit, Torsionssteifigkeit der Scharniere, Beulsteifigkeit, Türabsenkung und Türüberdrückung sind bereits im Türrohbau zu berücksichtigen. Die Prüfung des Türrohbaus basiert auf rechnerischen und versuchstechnischen Ansätzen (Prüfstand bzw. Fahrversuch). Die Simulationen bzw. Berechnungen der einzelnen Belastungen können mittels der Finite Elemente Methode (FEM) durchgeführt werden. Als Eingabe können Daten aus den vorherigen Prüfläufen und Projekten verwendet werden. Auf diese Weise können Daten gesammelt werden, die für die Auslegung der Bauteile von größter Bedeutung sind. Des Weiteren kann durch die Simulation eine rasche Überprüfung des Konzepts schon in einem sehr frühen Entwicklungsstadium vorgenommen werden.

Im Folgenden wird ein Überblick über die gängigsten Prüfverfahren gegeben, die bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik (MSF) für die Prototypen angewendet werden:

- Rahmensteifigkeit,
- Beulsteifigkeit,
- Türabsenkung,
- Türüberdrückung und
- Prüfung im Fahrversuch.

### 6.5.1 Rahmensteifigkeit

Im Fahrbetrieb wirken bei höheren Geschwindigkeiten die aerodynamischen Kräfte an der Scheibe und am Türrohbau. Da die Scheibe mit einer Dichtung am Türrahmen geführt wird, können die aerodynamischen Kräfte auf den Türrahmen übertragen werden und somit ein Ablösen des Rahmens von der Karosserie-Dichtung zur Folge haben. Durch dieses Ablösen kann ein störendes Windgeräusch im Fahrzeuginnenraum auftreten. Der Prüfablauf (siehe Abbildung 6.12) im Labor stellt diese Situation nach. Die Tür wird von den beiden Scharnieren und dem Schloss gehalten. Der Rahmen liegt auf der Dichtung auf. Die aerodynamischen Kräfte werden durch definierte Kräfte ( $F_1$  bzw.  $F_2$ ) an definierten Punkten positioniert. Das Ziel dieses Versuches ist die Überprüfung, ob der Rahmen genügend Rahmensteifigkeit aufweist. Bei erhöhter Rahmenauslenkung sollten die Rahmensteifigkeit oder der Dichtungsweg erhöht werden.

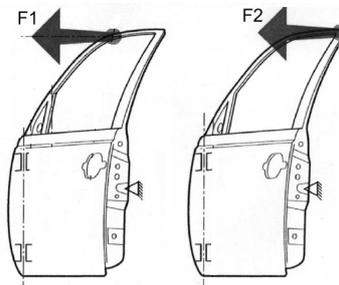


Abbildung 6.12: Prüfung der Rahmensteifigkeit [64]

### 6.5.2 Beulsteifigkeit

Die Beulsteifigkeit beschreibt den Widerstand gegen eine plastische Verformung, die bei Einwirken einer Kraft auf einen Körper auftritt. Im Versuch erfolgt die Kraftaufbringung mittels Druckzylinder oder mit einem Spindeltrieb. Die Prüfung (siehe Abbildung 6.13) erfolgt mittels eines definierten Prüfkörpers. Dieser drückt einmalig mit einer definierten Kraft ( $F$ ) normal auf die Türaußenhaut. Die Außenhaut sollte so ausgelegt sein, dass keine bleibenden Beulen bestehen bleiben.

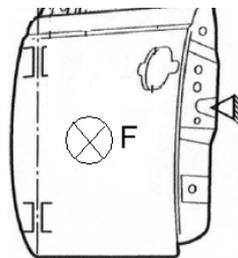


Abbildung 6.13: Prüfung der Beulsteifigkeit [64]

### 6.5.3 Türabsenkung

Die Prüfung der Türabsenkung erfolgt durch die Einleitung einer vertikalen Kraft im Schlossbereich der Tür. Die Anfangsprüflast beträgt dabei 200 N und wird kontinuierlich im Minutentakt auf 1000 N gesteigert. Die Scharnierbereiche sind dabei einmal am starren Bock und einmal an der Karosserie des Fahrzeugs eingespannt. Die Prüfung (siehe Abbildung 6.14) an der Karosserie erfolgt einmal mit beinahe geschlossener Tür (aus der zweiten Schlossraste heraus) und bei vollkommen geöffneter Tür. Nach jedem Prüfschritt wird die plastische Verformung im Bereich der Scharniere bzw. am Rohbau gemessen. Nach Durchführung des Versuchs soll die Tür noch immer über ihre Funktionsfähigkeit verfügen. Die Verformungswerte sollen dabei gewisse Vorgabewerte nicht überschreiten.

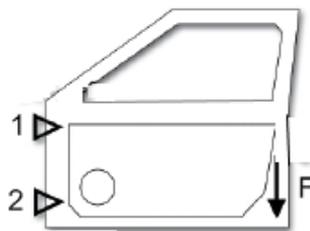


Abbildung 6.14: Prüfung der Türabsenkung [65]

### 6.5.4 Türüberdrückung

Die Türüberdrückung wird beispielsweise beim schräg geparkten Fahrzeug durch das Auffallen der Tür hervorgerufen. Sie kann auch durch das Anschieben eines Fahrzeugs bei geöffneter Tür im hinteren Bereich des Türrahmens auftreten. Die Verformung tritt dabei im Bereich der Tür und A-Säule bzw. an der Türbremse auf. Bei diesem Belastungsfall müssen die Scharniere sowie die Türbremse eine ausreichende Steifigkeit, sowie der Türrohbau eine ausreichende, lokale Steifigkeit in den Anbindungspunkten der Scharniere und der Türbremse aufweisen.

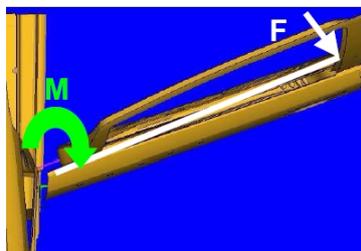


Abbildung 6.15: Prüfung der Türüberdrückung [8]

### 6.5.5 Prüfung im Fahrversuch

Die Prüfung wird in verschiedenen Fahrsituationen (z.B. Überlandstrecke, Stadtverkehr, Autobahn, Schlechtweg) durchgeführt. Während der Fahrt wird eine subjektive Beurteilung des Akustikverhaltens durchgeführt. Es dürfen keine Schwingungen, Störgeräusche wie Klappern und Knarzen auftreten. Deshalb sollte schon bei der Auslegung der Bauteile eine ausreichende Eigensteifigkeit bzw. Dämpfung vorgesehen werden, um Resonanzschwingungen, die im Bereich der Leerlauf Motoreigenschwingungen liegen, zu vermeiden.

## 6.6 Anforderungen an die Dauerfestigkeit

Die Anforderungen an die Dauerfestigkeit beschreiben Belastungen, die infolge von hohen Zyklen während der Lebensdauer des Fahrzeugs auftreten. Ziel ist, dass die Bauteile der Tür eine bestimmte Anzahl von Belastungszyklen unbeschadet überstehen. Um die Dauerfestigkeit nachzuprüfen, werden folgende versuchstechnische Überprüfungen durchgeführt:

- Türdauerlauf und
- Vibrationsprüfung.

### 6.6.1 Türdauerlauf

Der Türdauerlauf erfolgt in einer Karosse mit eingebauten Dichtungen. Die Prüfung erfolgt unter Berücksichtigung von Feuchtigkeits- und Temperatureinflüssen. Es dürfen keine störenden Geräusche, keine Risse und Verformungen an den einzelnen Bauteilen auftreten. Als Beispiele können das Öffnen und Schließen der Tür, der Türzuschlag bei geöffneter, geschlossener und bei halb geöffneter Scheibe genannt werden.

### 6.6.2 Vibrationsprüfung

Bei der Vibrationsprüfung werden die Bauteile bei einer gewissen Frequenz zum Schwingen ange-regt. Dabei darf es zu keinem Loslösen der Bauteile (z.B. Schrauben) in Folge der Schwingungen kommen. Die einwandfreie Funktion der Bauteile muss gewährleistet werden.

## 6.7 Anforderungen an das Dichtungssystem

Um die Dichtheit eines Fahrzeugs zu gewährleisten, werden schon im Vorfeld virtuelle (Finite Elemente Methode) und physische Dichtheitsprüfungen am Dichtbock durchgeführt. Die Resultate der virtuellen Prüfung können schon in der Konzept- oder Konstruktionsphase in die neuen Bauteile einfließen, ohne vorher Versuche und Tests durchführen zu müssen. Die physische Prüfung am Dichtbock ermöglicht die frühzeitige Abstimmung von Bauteilen unter Berücksichtigung von Optik und Toleranzen. Diese Erkenntnisse hinsichtlich Dichtheit können bereits vor dem Bau eines Prototypenfahrzeugs in die Konzeptphase einfließen. Nachfolgend wird auf unterschiedliche Kategorien physischer Prüfungen eingegangen:

- Wasserdichtheit,
- Staubdichtheit und
- Gasdichtheit.

### 6.7.1 Wasserdichtheit

#### 6.7.1.1 Berechnungskammer

In der Berechnungskammer wird das gesamte Fahrzeug mit einer Niederschlagsmenge von 20 bis 25 l Wasser pro Minute beaufschlagt. Die Berechnung des Fahrzeugs erfolgt mit Hilfe verschiedener Düsen, die in unterschiedlicher Baulage montiert sind. Die Düsen sind im oberen und seitlichen Bereich des Fahrzeugs in einem gewissen Winkel angeordnet.

#### 6.7.1.2 Hochdruckreiniger

Der mit einem Hochdruckreiniger durchgeführte Test simuliert den Reinigungsvorgang an einem Fahrzeug mit einer Hochdruck-Lanze. Die wichtigsten Einflussgrößen sind dabei der Abstand zwischen Düse und Außenhaut, der Druck, die Wassertemperatur und der Volumensstrom.

#### 6.7.1.3 Waschstraße

Das Fahrzeug durchläuft dabei eine gewisse Anzahl von Durchgängen in einer Waschstraße. Bei dieser Prüfung darf kein Wasser in den Innenraum des Fahrzeugs gelangen. Des Weiteren dürfen sich in Folge der Reinigung keine Teile lösen.

#### **6.7.1.4 Watversuch**

Ein Fahrzeug muss einen Wasserlauf mit einem definierten Prüfablauf durchqueren. Die veränderlichen Größen sind die Wassertiefe und die Geschwindigkeit. Das Fahrzeug muss so gebaut sein, dass kein Wassereintritt in den Fahrgastraum erfolgt.

#### **6.7.2 Staubdichtheit**

Im Zuge der Versuchsfahrten auf staubiger Fahrbahn wird am Fahrzeug eine Prüfung hinsichtlich der Dichtheit durchgeführt. Dabei wird analysiert, wie effektiv das Dichtungssystem funktioniert bzw. wie viel Staub ins Gesamtfahrzeug eindringt.

#### **6.7.3 Gasdichtheit**

Bei diesem Versuch werden die Immissionen im Innenraum des Fahrzeugs gemessen. Dabei werden im Fahrzeug verschiedene Messungen bei unterschiedlichen Umwelt- und Fahrzeugbedingungen (z.B. Stadtverkehr, Autobahn, Landstraße) durchgeführt. Während der Fahrt darf die CO<sub>2</sub>- bzw. CO-Konzentration im Fahrgastraum bestimmte Vorgabewerte nicht überschreiten.

### **6.8 Korrosionsanforderungen**

Folgende Korrosionsprüfungen werden durchgeführt:

- Korrosion am Türrohbau und
- Korrosion an Türscharnieren.

#### **6.8.1 Korrosion am Türrohbau**

Die Beständigkeit des Türrohbaus mit kathodischer Tauchlackierung (KTL) gegen Korrosion wird im dynamischen Korrosionstest bzw. am Versuchsfahrzeug unter Realbedingungen geprüft. Nach Beendigung der Prüfung wird eine optische Beurteilung hinsichtlich Korrosion und eine Schwachstellenanalyse am Türrohbau durchgeführt.

### 6.8.2 Korrosion an Türscharnieren

Nach DIN 50021 wird ein Salzsprühetest mit einer Dauer von 96 Stunden durchgeführt. Des Weiteren wird nach DIN 50017 eine Kälte-, Feuchte- und Wärmeprüfung in der Zeitdauer von 72 Stunden vorgenommen. Nach Versuchsablauf müssen die Teile korrosionsfrei sein. Des Weiteren dürfen beim Öffnen der Tür keine Drehmomentenänderungen und keine Störgeräusche auftreten.

## 6.9 Klimawechselanforderungen

Folgende Klimawechselprüfungen werden durchgeführt:

- Klimawechseltest,
- Sonnensimulation und
- Vereisungstest.

### 6.9.1 Klimawechseltest

Der Klimawechseltest bezeichnet eine tendenzielle Abkühlung ( $-30\text{ °C}$ ) oder Erwärmung ( $+80\text{ °C}$ ) der Interieurteile bzw. des Innenraums infolge von klimatischen Bedingungen. Infolge der Temperaturschwankungen können Risse und Deformationen an Kunststoffen auftreten. Des Weiteren kann eine gezielte Blasenbildung bzw. ein Ablösen der Oberfläche auftreten. Der Klimawechseltest soll sicherstellen, dass die Interieur- bzw. Exterieurteile den Beanspruchungen standhalten.

### 6.9.2 Sonnensimulation

In einem Sonnensimulator wird die natürliche Sonneneinstrahlung auf die Kunststoffteile nachgestellt. Der Versuch dient zur Überprüfung der UV-Beständigkeit von Interieur- und Exterieurteilen.

### 6.9.3 Vereisungstest

Bei niedrigen Temperaturen muss das Fahrzeug mit vereisten Türen ohne Beschädigung der Dichtungen zu öffnen sein. Das Fahrzeug wird dabei 10 Minuten lang mit 20 l/min beregnet und danach in eine Klimakammer geschoben. Die Tür muss dabei ohne erhöhten Kraftaufwand bzw. ohne Beschädigung der Dichtungsumfänge zu öffnen sein.

## 6.10 Lastenheft

Das Lastenheft beschreibt nach DIN 69005 die Anforderungen des Auftragsgebers an Lieferungen und Leistungen, die der Lieferant erfüllen muss. Auf Basis des Lastenheftes leitet der Auftragnehmer das Pflichtenheft bzw. Komponentenlastenheft für die Türentwicklung ab. Es beschreibt Anforderungen an die Tür, die der Konstrukteur in der Konstruktion berücksichtigen muss. Ein Komponentenlastenheft soll folgendes enthalten:

- Allgemeine Anforderungen,
- Kundenanforderungen,
- Produktionsanforderungen,
- Varianten/Länderausführungen,
- Gesetze, Vorschriften, Richtlinien (z.B. Zertifizierung/Typprüfung/Diebstahlsicherheit),
- Gewichtsziel,
- Toleranzen,
- Ökologie, Materialauswahl, Werkstoffspezifikation,
- Funktionsvorschriften (z.B. Fensterheber),
- Prüfanforderungen (z.B. Fensterheberdauerlauf),
- Sicherheitsanforderungen und
- Prüfungen bzgl. passiver Sicherheit.

# Kapitel 7

## Die Konzeptphase in der Türentwicklung

Die Konzeptphase dient zur Beurteilung der Designvorgaben hinsichtlich der technischen und technologischen Machbarkeit. In der Konzeptphase werden auch zu übernehmende und neue Funktionen sowie die dazugehörigen Geometrien der neuen Tür definiert. Da die Tür einen Teil des Gesamtfahrzeugs darstellt, müssen auch die jeweiligen mitwirkenden Abteilungen (z.B. Design, Package, Ergonomie, Fahrzeugsicherheit usw.) sowie die direkten Schnittstellen (Interieur, Rohbau-Karosserie) koordiniert und iterativ aufeinander abstimmt werden. Die Koordinierung und Abstimmung der einzelnen Abteilungen, Schnittstellen, Funktionen und Geometrien werden anhand von Prinzipschnitten, Untersuchungen, Berechnungen und Simulationen durchgeführt. Dadurch werden Zielkonflikte aufgezeigt, lösungsorientiert betrachtet und abgestimmt. Aus dieser Phase gehen stimmige und abgesicherte Türkonzepte hervor. Die in Abbildung 7.1 dargestellte Konzeptphase geht die Initialphase voran, in der die Vorgaben für die Fahrzeugtür erhoben werden. Die anschließende Zielvereinbarung läutet die Entwicklung des Fahrzeugkonzepts ein. Die Prinzipschnitte werden über die gesamte Konzeptphase hindurch erstellt, abgestimmt und überarbeitet. Eingangs wird das Grobkonzept der Fahrzeugtür erstellt. Anschließend folgen das Fugenkonzept und die Türeindrehung. Das Fahrzeugtürpackage und die Scheibenabsenkung werden als nächstes erarbeitet. Bereits während der Entwicklung der Scheibenabsenkung können das Schloss und die Türbremse ausgearbeitet werden. Parallel zu diesen Auslegungen werden Dichtflansch und Ergonomie untersucht. Im 3D-Modell, in der Berechnung und Simulation werden die zuvor einzelnen Konzepte überprüft, abgestimmt und zuletzt finalisiert. Durch die Konzeptbestätigung werden sämtliche Auslegungen festgelegt und können in die Serienentwicklung Eingang finden. Die Einflussgrößen auf die Türentwicklung und die Werkzeuge der Türentwicklung wurden im Anhang dokumentiert. Des Weiteren wird ein Musterablauf mit Eingabe- und Ausgabegrößen im Anhang dargestellt.

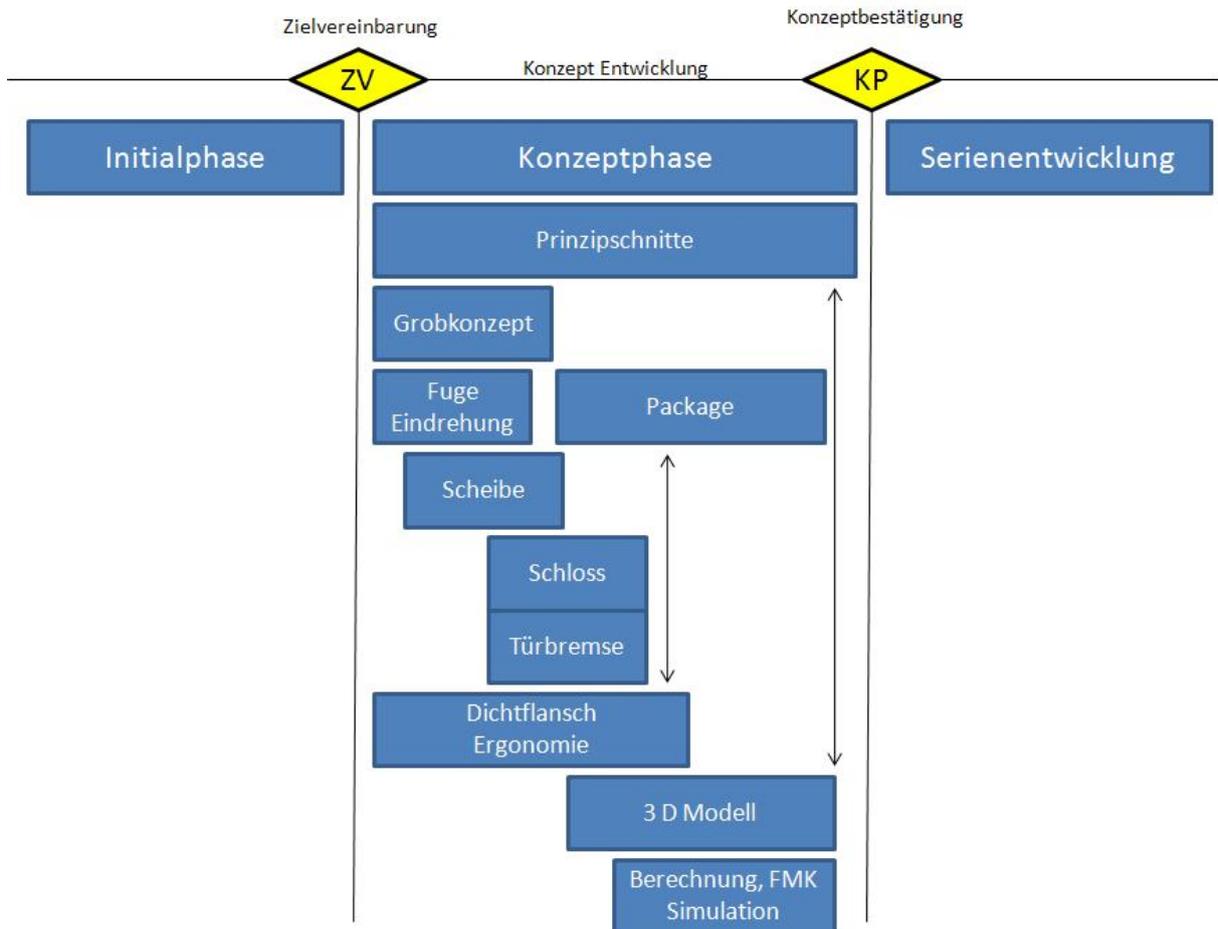


Abbildung 7.1: Die Konzeptphase in der Türentwicklung

Nachfolgend werden die einzelnen Elemente der vorherigen Abbildung beschrieben.

## 7.1 Prinzipalschnitte erstellen

Die Prinzipalschnitte stellen das Zusammenspiel von Komponenten an definierten Schnittstellen in 2-dimensionaler Form dar. Des Weiteren wird mit den Prinzipalschnitten eine Informationsplattform zwischen den einzelnen Bereichen geschaffen. Durch die Darstellung der Soll- und Istzustände wird der Entwicklungsfortschritt dokumentiert und es können Diskrepanzen aufgezeigt und lösungsorientiert abgestimmt werden. Auf diese Art und Weise wird eine saubere Schnittstelle zwischen Türrohbau, Interieur und Rohbau geschaffen. Die jeweiligen Konstrukteure bauen nun ihre Prinzipalschnitte auf und stimmen sich Schnitt für Schnitt mit den beteiligten Abteilungen (Rohbau, Interieur, Styling, Package, Ergonomie, Fahrzeugsicherheit usw.) ab.

## 7.2 Grobkonzept

Im Grobkonzept sind die Vorgaben des Designers bzw. des Straks zu evaluieren. Es sind die Stylingflächen auf ihre Realisierbarkeit zu überprüfen. Als Beispiel für eine Machbarkeitsüberprüfung kann die volle Absenkbarkeit der Scheibe unter die Brüstung genannt werden. In weiterer Folge werden das Türkonzept (z.B. eingeschnittene Rahmentür) und ein Grobkonzept der Türfunktionen ausgearbeitet. Anhand dieser Straks, Türkonzepte und Funktionskonzepte werden Design- und Variantenuntersuchungen durchgeführt, die in groben Zügen die technische und technologische Machbarkeit des Konzepts absichern. Auf diese Vorbereitungsphase sollte besonderes Augenmerk gerichtet werden, da durch diese gezielte Evaluierung und Bewertung früh Probleme aufgegriffen und bereinigt werden können.

## 7.3 Fugenkonzept

Die Türfugen bestimmen maßgeblich das Design des Fahrzeugs. Je nach Entwicklungsstand und Datenqualität des Straks kann die Toleranzlage des Fugenverlaufs vom Designer bzw. vom Konstrukteur vorgeschlagen werden. Erfolgt der Vorschlag vom Konstrukteur, so evaluiert der Designer bzw. die Designkonvergenz<sup>1</sup> den vorgeschlagenen Fugenverlauf. Die Fugenbreite wird vom Designer bzw. von der Designkonvergenz vorgegeben. Die Fuge beeinflusst auch maßgeblich die Eindrehung der Tür. Bei zu klein gewählten Fugen kann es zu Kollisionen zwischen Türaußenhaut und Kotflügel kommen, sodass die technische Machbarkeit der Fuge gefährdet ist. Durch die Abstimmung von Türfuge und Scharnierachse kann eine Annäherung an das optimale Fugenkonzept erzielt werden. Die Evaluierung der Fugenvorgabe unter Berücksichtigung der Bauteiltoleranzen wird in einem späteren Schritt durch die Toleranzkettenrechnung (Funktionsmaßkonzept) durchgeführt.

## 7.4 Eindrehuntersuchungen

Durch die Eindrehuntersuchung der Tür soll sichergestellt werden, dass die Tür im vorgegebenen Eindrehbauraum<sup>2</sup> kollisionsfrei rotieren kann. Dafür müssen Scharnierachse, Abstand der Scharniere, Fugenkonzept und gegebenenfalls angrenzende Flächen unter Berücksichtigung der Toleranzen abgeglichen und angepasst werden. Als Basis dienen Informationen über das verwendete Scharniersystem (aushebendes/eindrehendes und mit oder ohne Türbremse). Durch die Anordnung der Scharnierachse kann maßgeblich der Öffnungs- und Schließkomfort der Tür beeinflusst werden. Aus dieser Teilphase geht eine abgesicherte Scharnierachse (Designvorgabe)

---

<sup>1</sup>Die Designkonvergenz ist die Abteilungsschnittstelle zwischen Design und Technik.

<sup>2</sup>Der Eindrehraum wird durch A-Säule, Kotflügel und Türaußenhaut beschränkt.

hervor, die in weiterer Folge für die weitere Auslegung der Bauteile (z.B. Systemschloss) und Schnitte genutzt werden kann.

## 7.5 Fahrzeugtürpackage

Das Fahrzeugtürpackage wird im Laufe der Entwicklung verfeinert und mit anderen Bereichen (z.B. Rohbau) abgestimmt. Es beschreibt die Anforderungen der Tür an den Bauraum, der benötigt wird, um die Bauteile<sup>3</sup> unterbringen zu können. Die Bauteile können dabei statisch (feststehend) im Raum platziert oder dynamisch bewegt sein. Bei beweglichen Bauteilen legt der Konstrukteur Hüllgeometrie, Mindestabstände und Toleranzen (z.B. zwischen Versenkfenster und Crashstrebe) fest und überprüft die Bauteile auf Kollisionsfreiheit. Die einzelnen Konstrukteure aus den unterschiedlichen Abteilungen legen auf diese Art den für sich benötigten Bauraum fest. Die Evaluierung des Fahrzeugtürpackage erfolgt anhand der Schnitte in den Bauraumbesprechungen und in einem nachfolgenden Prozess am Gesamtfahrzeug mit den angrenzenden Schnittstellen mittels der virtuellen Prüfung (Digital Mock Up<sup>4</sup>).

## 7.6 Scheibenabsenkung

In dieser Untersuchung werden die angenäherte Achse bzw. die Absenkbahn(-en), auf der die Scheibe verfährt, ermittelt. Als Eingabe benötigt der Konstrukteur die Stylingfläche der Scheibe und obere und untere Position der Scheibe. Damit ein kollisionsfreier Scheibenlauf gewährleistet wird, sollte ein Mindestabstand zu feststehenden und beweglichen Bauteilen eingehalten werden. Das Styling wird vom Designer vorgegeben. Des Weiteren muss die Art des Fensterheberkonzepts bekannt sein. Die tatsächliche Auslegung des Hebersystems wird in Zusammenarbeit mit dem Systemlieferanten durchgeführt. Als Output gehen eine abgesicherte Scheibengeometrie, die Absenkbahnen, Anbindungspunkte und Toleranzen hervor.

## 7.7 Auslegung des Schließsystems

Das Schließsystem setzt sich aus Türschloss, Türaußengriff, Türinnenbetätigung und karosserie-seitigem Schließbügel zusammen. Das Schloss soll während der Fahrt in Schließstellung und bei abgestelltem Fahrzeug in Vollschießstellung verweilen. Die Lage des Türaußengriffs wird durch die Ergonomie und das Design beeinflusst. Die Auslegung der Betätigungskräfte des Türaußen-

---

<sup>3</sup>Oft müssen bei der Auslegung des Bauraums vordefinierte Bauteile, z.B. des Vorgängermodells, berücksichtigt werden (z.B. Fensterheber).

<sup>4</sup>Digital Mock UP (DMU) beschreibt ein Produktmodell des Gesamtfahrzeugs in der virtuellen Entwicklungsumgebung.

und -innengriffs sind unter ergonomischen Gesichtspunkten durchzuführen. Als Eingabegrößen werden das Schlosskonzept, die Scharnierachse, die Position des Türaußengriffs und des Schließzylinders benötigt. Als Output gehen Lage und Position von Schloss und Schließbügel, sowie das abgesicherte Schließkonzept hervor.

## 7.8 Auslegung Türbremse

Die Türbremse soll Sicherheit und Komfort bieten. Als Vorgaben müssen Türfeststellerkonzept, Abstand zwischen Scharnier und Haltebandbefestigung, der Türöffnungswinkel und die Öffnungswinkel der Rastposition der Tür bekannt sein. Um eine einwandfreie Verschiebung des Fangbandes gegenüber der Rastvorrichtung zu gewährleisten, ist festgelegt, dass das Fangband tangential in die Rastvorrichtung eintreten soll. Das Fangband ist dabei mit einem Ende entweder an der Tür oder an der A-Säule beweglich gelagert. Diese Untersuchung dient zur Ermittlung der Anbindungspunkte, der Bewegungsbahn des Fangbandes, des Endanschlags und des Bau- raums. Die tatsächliche Auslegung des Haltebandes und dessen Haltepositionen, Rastpositionen, Haltekräfte und Rastkräfte erfolgt erst zu einem späteren Zeitpunkt in Zusammenarbeit mit dem Systemlieferanten.

## 7.9 Festlegung und Abstimmung des Dichtflanschs

Da der Dichtflansch eine wichtige Schnittstelle zwischen Interieur, Rohbau und Türrohbau darstellt, erfolgt die Ermittlung und Festlegung des Dichtflanschs in vielen iterativen Schritten. Bei der Auslegung des Dichtflanschs spielen designtechnische, ergonomische<sup>5</sup>, packagerelevante<sup>6</sup>, fahrzeugsicherheitstechnische<sup>7</sup> und fertigungstechnische Vorgaben (z.B. Entformschrägen) eine Rolle. Als Eingabe für den Dichtflansch fließen die einzelnen, abgestimmten Schnitte und die vorangegangenen Auslegungen und Untersuchungen mit ein. Der Dichtflansch kann für die Erstellung der Türgeometrie und für weitere Untersuchungen verwendet werden.

## 7.10 Erstellung der 3D-Türrohbau Konzeptgeometrie

Als Vorgabe für die Erstellung der 3D-Türrohbaugeometrie dienen die aufgebauten Prinzipschnitte, der Dichtflansch und die bereits durchgeführten Auslegungen und Untersuchungen. Es müssen auch die verschiedenen Anbindungs-, Befestigungspunkte, Verprägungen und Bohrungen be-

---

<sup>5</sup>Die Größe und Lage, sowie die Radien des Einstiegsflanschs beeinflussen maßgeblich den Einstiegscomfort.

<sup>6</sup>Die packagerelevanten Vorgaben kommen vom Gesamtfahrzeugpackage und vom Fahrzeugtürpackage.

<sup>7</sup>Die fahrzeugsicherheitstechnischen Vorgaben für den Dichtflansch werden durch die Schwellerüberdeckung beeinflusst. Die Schwellerüberdeckung ist der Überstand des Schwellers zum Türinnenblech und soll so groß wie möglich gewählt werden.

kannt sein. Weiters müssen fertigungsbedingte Vorgaben wie Mindestradien, Umschlingungsradien, Ziehrichtung und Entformschräge eingehalten werden. Anhand dieser Vorgaben wird nun die erste Konzepttür im 3D-CAD aufgebaut und in iterativen Schritten evaluiert, bewertet und verfeinert.

## 7.11 Berechnung und Simulation

Das Türkonzept kann durch Computer Aided Engineering(CAE, z.B. DMU) und Finite Elemente-Methode (FEM) überprüft und bewertet werden. Mittels DMU werden packagerelevante Ein- und Ausbau-, Kollisions- und Baubarkeitsprüfungen virtuell am Gesamtfahrzeug (z.B. Rohbau, Türrohbau) durchgeführt. Die Evaluierung bezüglich ergonomiegerechter Konstruktion kann mit Hilfe des Softwarepakets Ramsis<sup>8</sup> durchgeführt werden. Mechanische Belastungen können mittels FEM geprüft werden. Die Tiefziehfähigkeit eines Bauteils kann durch die Umformsimulation ermittelt werden. Als Eingabe werden das Türkonzept mit seinen physikalischen Größen (z.B. Material, Streckgrenze), die angrenzenden Schnittstellen und die Erfahrungswerte aus vorangegangenen Simulationen verwendet. Durch die Berechnung und Simulation können Schwachstellen mit Entwicklungspotenzial aufgezeigt werden.

## 7.12 Festlegung Funktionsmaßkonzept

Anhand des Funktionsmaßkonzepts<sup>9</sup> wird die technische Realisierbarkeit des Türkonzepts anhand erster Toleranzaussagen mittels der Toleranzberechnung bewertet. Auf Basis dieser Toleranzaussagen werden kritische Bereiche festgelegt und mit den beteiligten Abteilungen kommuniziert.

## 7.13 Evaluierung der Ergebnisse und Optimierung des Konzepts

Diese oben beschriebenen Untersuchungen werden evaluiert und bewertet. Anhand dieser Bewertungen werden Verbesserungsvorschläge in die Konzeptphase bzw. in die Auslegung der Tür eingearbeitet.

---

<sup>8</sup>Der Begriff Ramsis steht für Rechnergestütztes Anthropometrisch-Mathematisches System zur Insassen-Simulation.

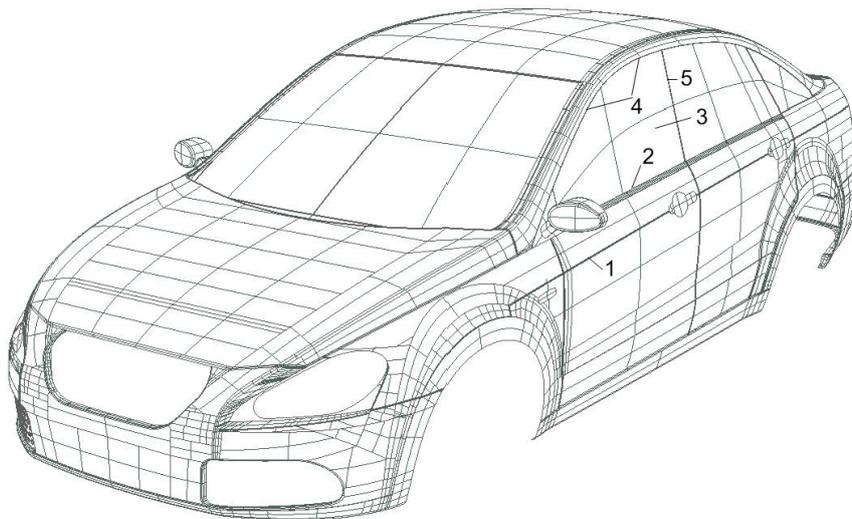
<sup>9</sup>Über das Funktionsmaßkonzept ist eine eindeutige Bestimmung der räumlichen Lage der Bauteile gewährleistet. Es beinhaltet die Lage (z.B. Punktkoordinaten), eine oder mehrere Geometrielemente (z.B. Bohrungen) und die Funktion des untersuchten Bauteils.

# Kapitel 8

## Konzeptionelle Auslegung anhand von Schnitten

### 8.1 Ausgangslage des Konstrukteurs

Zu Beginn der Konzeptphase bekommt der Konstrukteur vom Designer den in Abbildung 8.1 dargestellten Strak<sup>1</sup>.



**Abbildung 8.1:** Vorgaben aus dem Strak

Anhand dieses Straks kann der Konstrukteur vor Auslegungsbeginn folgende Vorgaben ableiten:

1. Charakterlinie des Designs,

---

<sup>1</sup>Der Strak beschreibt die stylingrelevanten Exterieurs- und Interieursflächen eines Fahrzeugs

2. Brüstungslinie,
3. Scheibenstyling bzw. Scheibengeometrie,
4. Scheibenlinie an der A-Säule und am Dachrahmen,
5. Abzugsschräge der Scheibe und
6. Fugenverlauf (Design gibt den gewünschten Fugenverlauf vor und der Konstrukteur überprüft ihn auf seine Umsetzbarkeit. Kann der Fugenverlauf nicht umgesetzt werden, so kann der Vorschlag auch vom Konstrukteur erfolgen.).

## 8.2 Vorbereitende Tätigkeiten vor Auslegungsbeginn

Folgende Vorgaben müssen vor Auslegungsbeginn festgelegt werden:

- Konstruktionskoordinatensystem,
- Schnittmappe mit ihren Schnittebenen am Strak,
- Schnittarten,
- Funktionen,
- Auswahl der Bauteile und
- Ziehrichtung unter Berücksichtigung der Entformschräge.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die einzelnen oben genannten Begriffe erklärt.

### 8.2.1 Konstruktionskoordinatensystem

Abbildung 8.2 zeigt ein Fahrzeugkoordinatensystem nach DIN 70000, bei dem der Ursprung des Koordinatensystems im Schwerpunkt des Fahrzeugs zu liegen kommt. Diese Koordinatenachsen werden mit  $x$ ,  $y$  und  $z$  beschriftet. Da die Lage des Schwerpunkts am Beginn der Fahrzeugentwicklung noch nicht bekannt ist, wird ein Konstruktionskoordinatensystem verwendet. Der Ursprung des Koordinatensystems kann herstellerspezifisch im Bereich des Vorderwagens angeordnet werden. Die Koordinatenachsen werden mit  $Xk$ ,  $Yk$  und  $Zk$  beschrieben. Zur Bestimmung der Lage der Bauteile werden ausgehend von den jeweiligen Koordinatenachsen im Abstand von 100 mm parallele Netzlinien aufgespannt.

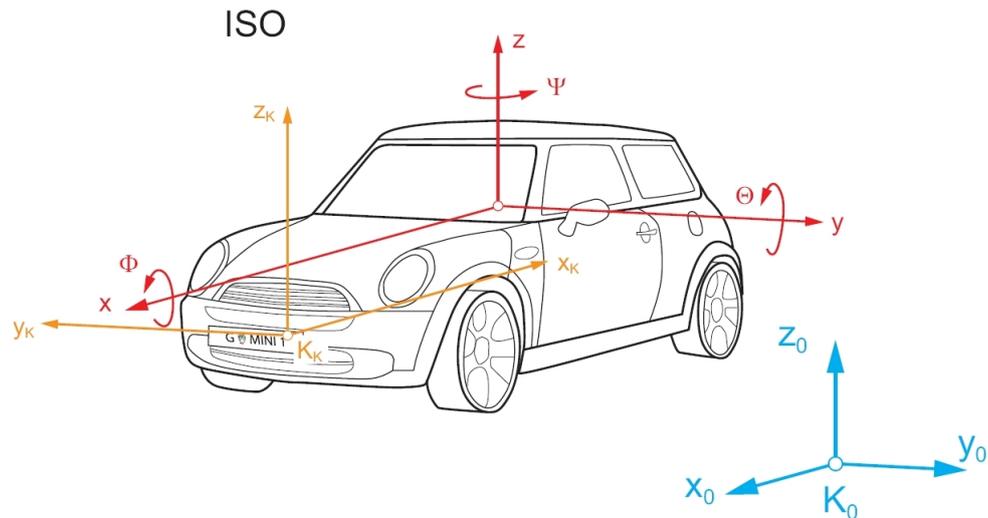
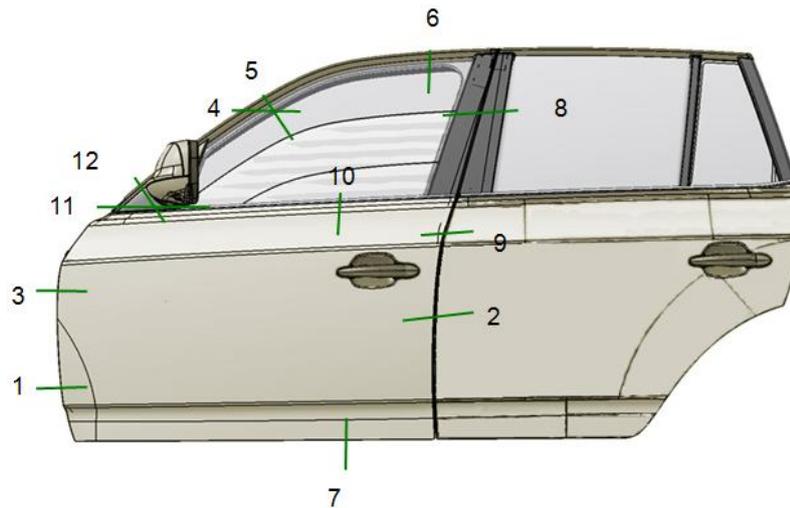


Abbildung 8.2: Fahrzeugkoordinatensystem und Konstruktionskoordinatensystem [53]

### 8.2.2 Schnittebenen am Strak

Die Schnittebenen am Türrohbau werden in Abbildung 8.3 gezeigt und geben einen Überblick über Lage, Position und Anzahl der am Strak zu erstellenden Schnittebenen. Diese Schnittebenen werden durch den jeweiligen Konstrukteur mit 2D-Bauteilgeometrien befüllt. Das Resultat aus den befüllten Schnittebenen liefert die Schnittmappe, die zur Absicherung der technischen Machbarkeit dient. Folgende Schnitte fasst die Schnittmappe zusammen:

1. Scharnierschnitt
2. Schlossschnitt
3. Türbremse
4. A-Säulenschnitt horizontal
5. A-Säulenschnitt normal
6. Dachrahmenschnitt
7. Schwellerschnitt
8. B-Säulenschnitt
9. B-Säulenschnitt
10. Brüstungsschnitt
11. Spiegelfussschnitt horizontal
12. Spiegelfussschnitt normal



**Abbildung 8.3:** Die Schnittmappe bestehend aus 11 charakteristischen Schnitten

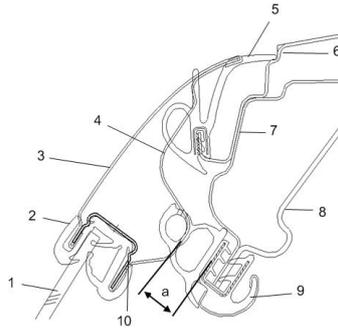
### 8.2.3 Schnittarten

In der Türentwicklung werden viele Schnitte zum Erstellen, Überprüfen und Absichern der Bauteile und ihrer Geometrien verwendet. Folgende Schnittarten werden angewandt:

- Referenzschnitte,
- Packageschnitte und
- Prinzipschnitte.

#### 8.2.3.1 Referenzschnitte

Die Referenzschnitte sind jene Schnitte, die der Konstrukteur als Referenz für die Erstellung der Prinzipschnitte nutzen kann. Diese Schnitte können von einem Vorgänger- oder Vergleichsmodell abstammen. Aus den Referenzschnitten kann der Konstrukteur die Dichtungs- und Schlossabmaße usw. ableiten und für eine erste Grobauslegung des jeweiligen Schnittes verwenden. Als Beispiel kann der einzuhaltende Abstand zwischen Türrahmen und Einstiegsflansch (a) genannt werden. Der Referenzschnitt in Abbildung 8.4 setzt sich aus Scheibe (1), Fensterführungsdichtung (2), äußeren Türrahmen (3), inneren Türrahmen (4), Dachrahmendichtung (5), äußeren Seitenrahmen (6), inneren Seitenrahmen (7), Kantenschutz (8) und Rahmenteil (9) zusammen.



**Abbildung 8.4:** Referenzschnitt im Bereich der A-Säule, Dichtung und des Türrahmens

### 8.2.3.2 Packageschnitt

Die Packageschnitte werden zur Auslegung des Gesamt- und Türpackages verwendet. Die Gesamtpackageschnitte beschreiben den gesamten Bereich oder einen Teilbereich des Fahrzeugs. Der Türpackageschnitt stellt einen Teilbereich des Gesamtfahrzeugschnittes dar. Im Schweller-, A-Säulen- und B-Säulenbereich kommen die Gesamtpackageschnitte am Türrohbaus zur Anwendung. Der Packagekonstrukteur hinterlegt die jeweiligen Packagebezeichnungen mit einer maßlichen Vorgabe, die bei der Auslegung des Türrohbaus berücksichtigt werden sollten. Diese Schnitte können zur Auslegung des Bauraums herangezogen werden. Anhand dieser Schnitte können Untersuchungen bzgl. der Erfüllung von ergonomischen oder gesetzlichen Vorgaben durchgeführt werden. Als Beispiel für einen Packageschnitt kann der in Abbildung 8.5 dargestellte A-Säulenschnitt genannt werden. Dieser Schnitt setzt sich aus Seitenteil (1), Außenteil (2), Spiegeldreieck (3), Seitenscheibe (4), Frontscheibe (5), Kantenschutz (6), Innenteil (7), Scharnierverstärkung (8), Rahmenteil (9) und der Fensterführungsichtung zusammen. Der horizontale Packageschnitt im Bereich der A-Säule dient zur Beurteilung der A-Säulen Sicht, die dem Fahrer zur Verfügung stehen muss. Durch die Gestaltung des Türrahmens kann maßgeblich die A-Säulensicht erhöht werden.

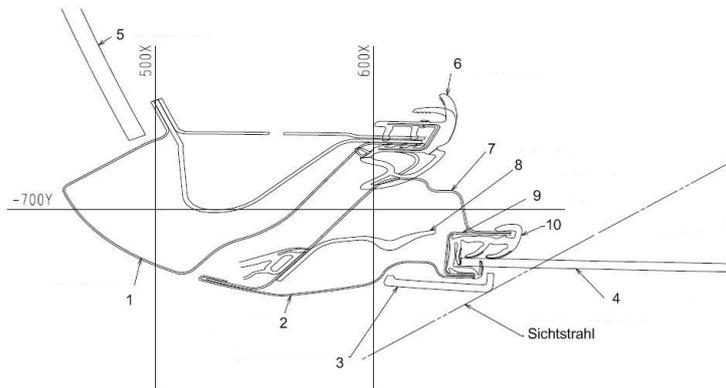


Abbildung 8.5: Packageschnitt im Bereich A-Säule, Dichtung und Türrahmen

### 8.2.3.3 Prinzipschnitte

Die Prinzipschnitte werden auch als Konzeptschnitte bezeichnet und dienen zur Erzeugung der Bauteilgeometrien. Die Prinzipschnitte stellen das Zusammenspiel von Komponenten an definierten Schnittstellen in 2-dimensionaler Form dar. Abbildung 8.6 zeigt einen Konzeptschnitt, der im Bereich der A-Säule, der Dichtung und des Türrahmens liegt. Dieser setzt sich aus Seitenrahmen (1), Fensterführungsdichtung (2), Schließblech (3), Türinnenblech (4), Abdeckung Türfensterrahmen (5), Kantenschutz (6) und Seitenscheibe (7) zusammen.

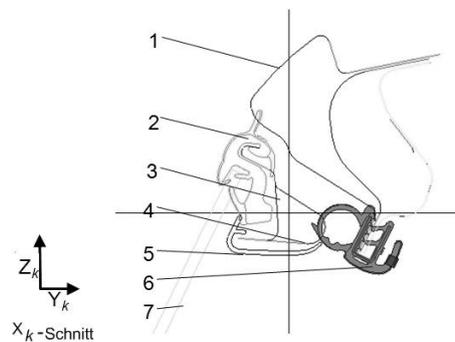


Abbildung 8.6: Konzeptschnitt im Bereich A-Säule, Dichtung und Türrahmen

### 8.2.4 Festlegung der Funktionen und Auswahl der Bauteile

Bevor mit der Auslegung des Türrohbaus begonnen werden kann, sollten die Funktionen festgelegt werden und die daraus resultierenden Bauteile unter Berücksichtigung des Kostenrahmens

ausgewählt werden. Anhand dieser Vorgaben werden nun in einem Benchmark verschiedene Bauteilkonzepte verglichen, evaluiert, bewertet und basierend darauf die möglichen Bauteile ausgewählt. Sehr oft müssen auch kundenspezifische Bauteile wie Scharniere, Schlösser usw. in der Auslegung berücksichtigt werden, da diese den benötigten Bauraum bzw. die Geometrie der Tür beeinflussen.

### **8.2.5 Festlegung der vorläufigen Tiefziehrichtung und Berücksichtigung der Entformschräge**

Beim Aufbau von Schnitten sind die jeweiligen Entformschrägen und Tiefziehrichtungen bei der Auslegung zu berücksichtigen. Die jeweiligen Einflussgrößen werden im Abschnitt 4.1.2 beschrieben.

## **8.3 Auslegung und Erstellung der Schnitte**

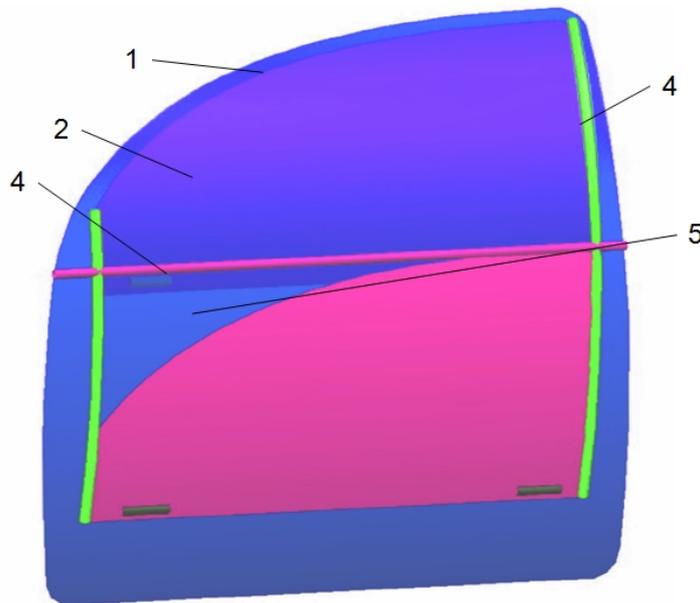
Für eine möglichst konfliktfreie Auslegung wurde folgende Reihung bei der Erstellung der Schnitte erarbeitet:

1. Scheibenabsenkung
2. Türeindrehung
3. Auslegung des Schlosses
4. Türbremse
5. A-Säulen- und Dachrahmen
6. Schweller
7. B-Säule
8. Brüstung
9. Spiegelfuss

Je nach Projekt, Projektfortschritt und Konstrukteur kann die Reihenfolge durchaus variieren.

### 8.3.1 Scheibenabsenkung

Die Untersuchung der Scheibenabsenkung dient zur Absicherung des Stylings der Scheibenfläche, der Scheibenform, der Abzugsschräge der Scheibe und zur Ermittlung der Absenkbahn(-en). Die Absenkbahnen sollen so ausgelegt sein, dass das Absenken und Schließen der Scheibe unter minimaler Deformation aller umlaufenden Dichtungen erfolgt. Ein weiteres Kriterium bei der Auslegung der Scheibe ist die volle Absenkbarkeit unter die Brüstung. Der Konstrukteur bekommt vom Styling die in Abbildung 8.7 dargestellten Vorgaben. Diese Vorgaben beinhalten die Scheibenlinie an der A-Säule und am Dachrahmen (1), die Stylingfläche der Scheibe (2), die Brüstungslinie (3), die Abzugsschräge der Scheibe (4) und die Form des Straks (5).



**Abbildung 8.7:** Darstellung der Vorgaben zur Scheibenabsenkung vgl. [64]

Bevor mit der Auslegung der Absenkbahnen begonnen werden kann, sollte das Fensterheberkonzept bekannt sein. Die verschiedenen Fensterheberkonzepte wurden in Kapitel 2.5.4 beschrieben. Je nach Fensterheberkonzept kann das Verfahren der Scheibe mit einem Ein- oder Zweischienensystem mit einem umlaufenden Seil erfolgen. Beispielhaft wird hier das Zweischienensystem beschrieben. Das Zweischienensystem stellt die Absenkung auf einer Kreisbahn dar. Um ein Kippen der Scheibe beim Zweischienensystem zu vermeiden, müssen die jeweiligen Absenkbahnen die gleiche Weglänge zurücklegen. Folgende Schnittmethode wird bei Magna Steyr Fahrzeugtechnik angewandt:

### 8.3.1.1 Absicherung des Scheibenstylings nach Bauraumauslegung

Die Absicherung des Scheibenstylings nach Bauraumauslegung durch Ermittlung der Absenkbahnen, ist in Abbildung 8.8 veranschaulicht. Ein wichtiges Kriterium ist, dass die Scheibe (1) im vorgegebenen Bauraum Platz findet. Das fahrerseitige Scheibenstyling wird im Schnitt  $X_{k1}$  durch den Punkt P1 an der Scheibenlinie und durch den Punkt P2 an der Brüstung (2) beschrieben. Das Scheibenstyling wird nun als Offset (8) in  $Y_k$  Koordinatenrichtung verschoben, sodass sich die Punkte P1' und P2' ergeben. Die untere Position der Scheibe wird durch den begrenzten Bauraum zwischen Türaußenhaut (3), Türaußengriff (4) und Crashstrebe (5) bei einer voll absenkbarer Scheibe durch den Punkt P3 beschrieben. Des Weiteren müssen auch Anbauteile wie Lautsprecher (6), Schloss (7) usw. berücksichtigt werden. Kritische Bereiche ergeben sich bei abgesenkter Scheibe im Bereich des Schlosses und an der Türbremse. Durch die Punkte P1', P2' und P3' wird ein Kreis gelegt. Der Mittelpunkt dieses Kreises ergibt die Achse S1. Die weitere Vorgehensweise erfolgt wie bei der oben genannten Absicherung des Scheibenstylings vor Bauraumauslegung. Durch die vorherige Positionierung der Bauteile im Bauraum kann es jedoch bei der nachherigen Auslegung der Absenkbahnen zu Überschneidungen mit der Scheibe kommen. Da das Styling der Scheibe nur schwer geändert werden kann, müssen die kollidierenden Bauteile neu in ihrer Lage ausgerichtet werden.

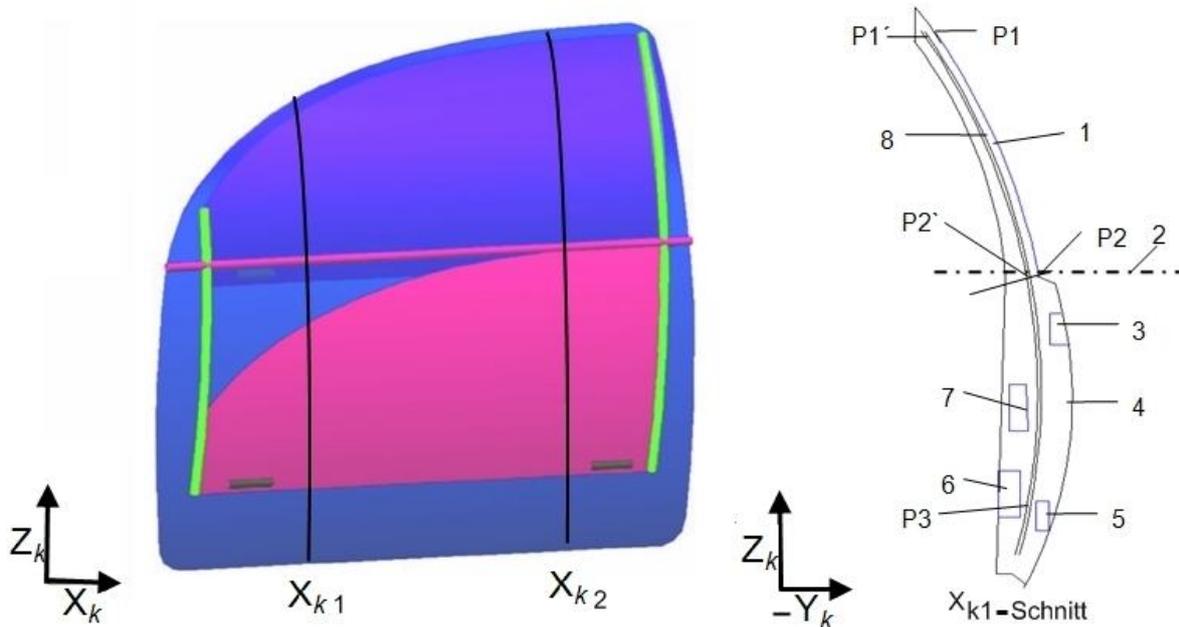


Abbildung 8.8: Absicherung des Stylings der Scheibe nach Bauraumauslegung - linkes Bild aus [64]

Eine bewährte Vorgehensweise ist, mit der Absicherung der Scheibe zu beginnen und die Daten

als Vorgabe für die Auslegung des Bauraums zu nutzen. Dadurch können im Vorfeld Kollisionen und aufwändige Nacharbeiten vermieden werden. Da die Schnittenmethode sehr aufwändig sein kann, wird an dieser Stelle auf das **Auslegungsprogramm zu Scheibenabsenkung der Abteilung EAT-T** [41] verwiesen. Mit diesem Programm kann sehr rasch das Styling der Scheibe überprüft und die optimalen Absenkbahnen ermittelt werden. Da die tatsächliche Auslegung der Absenkbahnen bzw. des Hebersystems üblicherweise von einem Systemlieferanten durchgeführt wird, kann er parallel dazu das Styling der Scheibe absichern. Die Lage der Scheibe in abgesenkter und geschlossener Position dient als Vorgabe für die Auslegung des Bauraums der Tür. Kritische Bereiche können auf diese Weise gezielt bei der Positionierung der Bauteile bzw. bei der Erstellung der Schnitte beachtet, abgestimmt und vermieden werden.

### 8.3.2 Türeindrehung

Die Untersuchung der Türeindrehung soll sicherstellen, dass sich die Tür kollisionsfrei im Bauraum unter Berücksichtigung aller Toleranzen eindrehen lässt. Folgende Vorgaben werden für die Auslegung benötigt:

- **Design**

Das Design vom Strak gibt die Fuge zwischen Kotflügel und Tür an der A-Säule und den Verlauf bzw. die Krümmung der Außenhaut vor. Der Konstrukteur kontrolliert die Fuge auf seine Realisierbarkeit. Wird die Fuge nicht vom Design vorgegeben, so kann der Vorschlag auch durch den Konstrukteur erfolgen.

- **Scharnierkonzept**

Je nach Scharnierkonzept wird zwischen eindrehender und aushebender Türkinematik und zwischen Scharnier mit integrierter und separater Türbremse unterschieden. Dieses Konzept wurden im Abschnitt 2.5.2.2 beschrieben. Die Verwendung eines Scharnierkonzepts mit integrierter Türbremse bietet den Vorteil, dass kein zusätzlicher Bauraum für die Türbremse aufgebracht werden muss. Die verschiedenen Scharnierkonzepte werden in Abschnitt 2.5.2 beschrieben. Die Auswahl des Konzepts kann vom Konstrukteur bzw. vom Kunden erfolgen.

- **Eindrehbauraum**

Da die Position der A-Säule in dieser Phase oft noch nicht bekannt ist, wird der Eindrehbauraum erst durch die Auswahl des Scharniers und die Eindrehuntersuchung ermittelt. Das bedeutet, dass durch die vom Scharnier benötigten Abmaße der Raum zwischen Anbindungspunkt an der Tür und an der A-Säule beschrieben wird.

- **Winkel der Türöffnung und Neigung der Scharnierachse**

Als Vorgabe für die Auslegung der Scharnierachse benötigt der Konstrukteur den Türöffnungswinkel und die in Abbildung 8.12 dargestellte Neigung der Scharnierachse um  $Yk$  und  $Xk$ . Die Werte können je nach Auftraggeber variieren. Durch eine Verschiebung der Scharnierachse nach innen oder außen ( $Yk$  Koordinatenrichtung) bzw. nach vorne oder hinten ( $Xk$  Koordinatenrichtung) kann der Öffnungswinkel der Tür unter Berücksichtigung der Toleranzlagen (z.B. Bördelradius der Türvorderkante zu Kotflügel) beeinflusst werden.

- **Abstand der Scharniere zueinander**

Als Vorgabe für die Scharnierachsenauslegung ist ein Mindestabstand von ca. 300 mm zwischen den Scharnieren vorzusehen, damit die zulässigen Kräfte am Türrohbau nicht überschritten werden. Zusätzlich werden durch die Erhöhung des Scharnierabstands die Torsionssteifigkeit und Absenksteifigkeit des Türrohbaus erhöht.

- **Toleranzen für Türaushub**

Die Toleranzen für den Türaushub müssen aus Gründen der Montierbarkeit bei der Auslegung berücksichtigt werden.

### 8.3.2.1 Auslegung der Scharnierachse

Die Auslegung der Scharnierachse erfolgt nach folgender Vorgehensweise:

1. Festlegung der Fuge

Die Fuge ist der Abstand zwischen der Türvorderkante und dem Kotflügel. Bei der Auslegung der Fuge muss die Bördelflanschverbindung der Türaußenhaut nach Abschnitt 5.1.1.1 gestaltet werden.

2. Festlegung der Toleranzen und Prüfung des Freigangs

Durch eine Verschiebung der Scharnierachse nach innen oder außen ( $Yk$  Koordinatenrichtung) bzw. nach vorne oder hinten ( $Xk$  Koordinatenrichtung) kann der Winkel der Türöffnung unter Berücksichtigung der Toleranzlagen beeinflusst werden. Die Toleranzlagen werden in Abbildung 8.9 im  $Zk$  Schnitt dargestellt und zeigen den Fugenverlauf bzw. den Abstand ( $X$ ) zwischen Türvorderkante (1) und Kotflügel (2). Des Weiteren darf der Versatz (3) zwischen Türaußenhaut und Kotflügel einen festgelegten Wert (z.B. 0,5 mm) nicht unterschreiten. Mit dieser Untersuchung soll sichergestellt werden, dass der minimale Freigang (4) zwischen Kotflügel und Türvorderkante (Bördelradius) im schlechtesten Fall mindestens 1,5 mm beträgt. Diese Maße sind Erfahrungswerte einiger Konstrukteure im Türenbereich und können projektspezifisch variieren. Der minimale Freigang wird durch die Worst-Case-Drehpunkte (5) beschrieben. Der Worst-Case-Drehpunkt berücksichtigt die

Scharnier-, Rohbau- und Montagetoleranzen. Die nominale Fuge wird durch die nominale Drehachse (6) beschrieben.

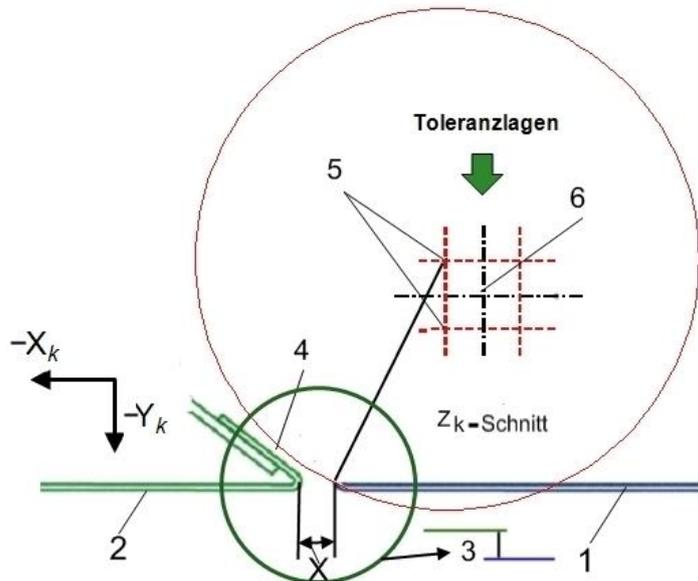


Abbildung 8.9: Darstellung der Toleranzlagen im  $Z_k$  Schnitt

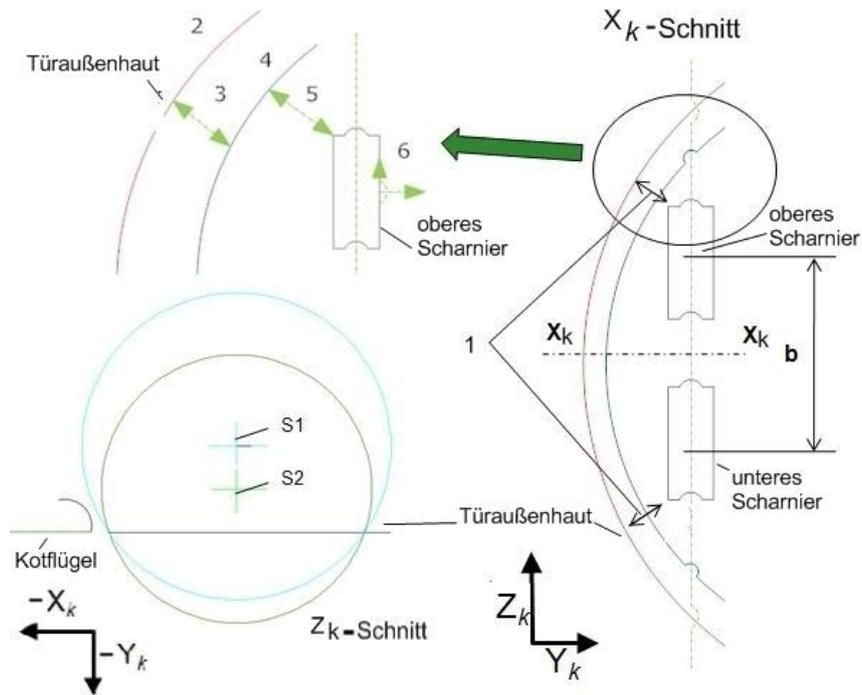
### 3. Festlegung von Packmaß und Mindestabstand der Scharniere

Abbildung 8.10 zeigt, dass das Packmaß (1) der Normalabstand zwischen Türaußenhaut und Scharnier ist. Es muss bei der Auslegung des Scharniers berücksichtigt werden. Das Packmaß (1) setzt sich aus der Wandstärke des Türaußen- (2) und des Türinnenblechs (4), dem Freigang (3) zwischen Türaußen- und Türinnenblech, dem Abstand (5) zwischen Innenblech und Scharnier und dem Verstellbereich (6) des Scharniers zusammen. Durch Verringerung des Packmaßes wandert das Scharnier näher an die Türaußenhaut. Bei Vergrößerung des Packmaßes entfernt sich das Scharnier von der Türaußenhaut. Dadurch kann der Freigang zwischen Türvorderkante und Kotflügel beim Eindrehen beeinflusst werden. Im Beispiel in Abbildung 8.10 kann durch eine Verschiebung der Scharnierachse an die Position S1 ein größerer Freigang zwischen Türvorderkante und Kotflügel erreicht werden als bei der Position S2. Bei der Auslegung des Scharnierabstands soll ein Abstand (b) von 300 mm zwischen den Scharnieren nicht unterschritten werden. Die aus Abbildung 8.11 abgeleiteten Gleichungen zeigen,

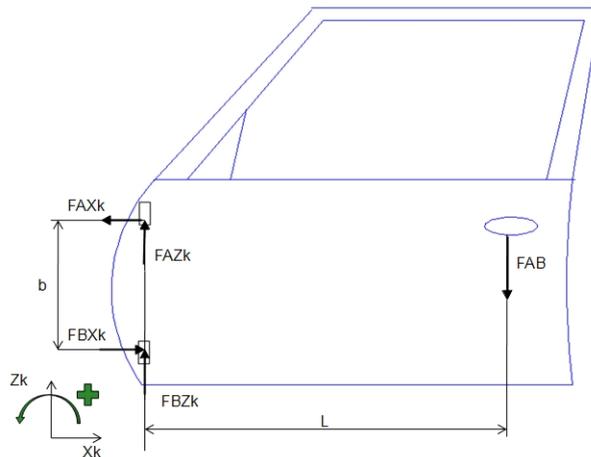
$$FAZ_k = FBZ_k = FAB/2$$

$$FAX_k = FBX_k = FAB * (L/b)$$

dass bei Vergrößerung des Scharnierabstands und gleich bleibender Absenkkraft im Schlossbereich die Kräfte im Scharnierbereich reduziert werden. Die Variablen  $FAZ_k$  und  $FBZ_k$  beschreiben die vertikalen und  $FAX_k$  und  $FBX_k$  die horizontalen Auflagerkräfte am Scharnier. Die Variable  $L$  beschreibt den horizontalen Abstand zwischen Scharnierachse und der Absenkkraft  $FAB$ . Die Variable  $b$  beschreibt den Abstand zwischen den Scharnieren. Da der Scharnierabstand durch Türaußenhaut und Packmaß beschränkt ist, kann er nicht beliebig vergrößert werden.



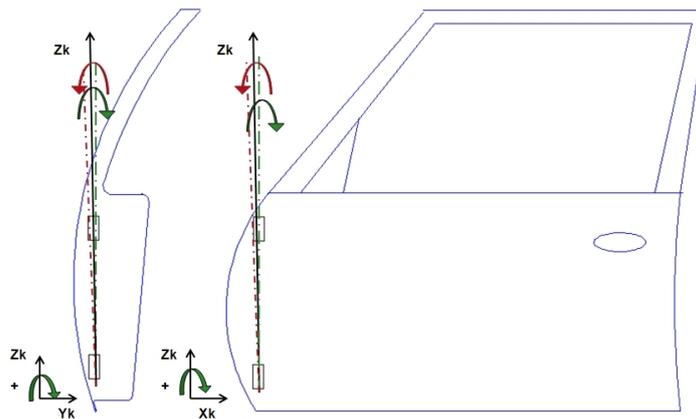
**Abbildung 8.10:** Darstellung des Packmaßes in Abhängigkeit von Scharnierabstand und Türaußenhautkrümmung



**Abbildung 8.11:** Kräfte am Türrohbau

4. Einhaltung der Scharnierachsenneigung

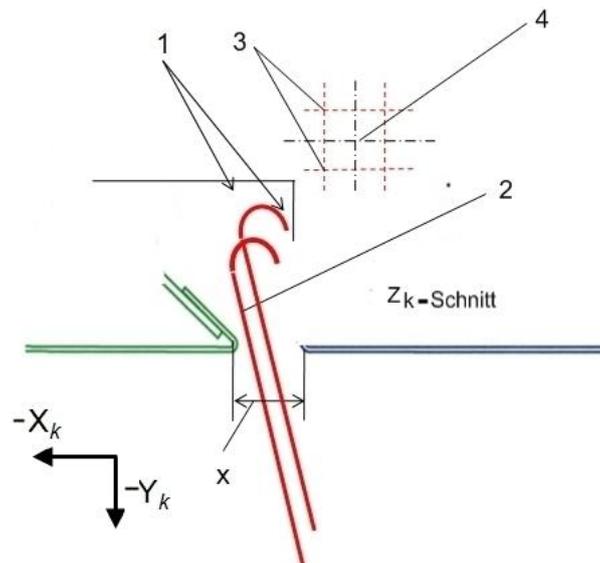
Abbildung 8.12 stellt die Scharnierachsenneigung in Abhängigkeit der Vorzeichendefinition dar. Die Festlegung der Neigung der Scharnierachse um die Koordinatenachsen  $Y_k$  und  $X_k$ , der Türöffnungswinkel, der Vorzeichensinn und die einzuhaltenden Toleranzen können projektspezifisch bzw. von Magna Steyr durchgeführt werden. Durch eine Neigung der Scharnierachse nach vorne oder hinten wird beim Öffnen eine Anhebung oder Absenkung der Türunterkante erreicht. Durch die Neigung der Achse nach innen oder außen kann das Schließen oder Öffnen der Tür erleichtert werden.



**Abbildung 8.12:** Darstellung der Scharnierachsenneigung in Abhängigkeit vom Vorzeichensinn

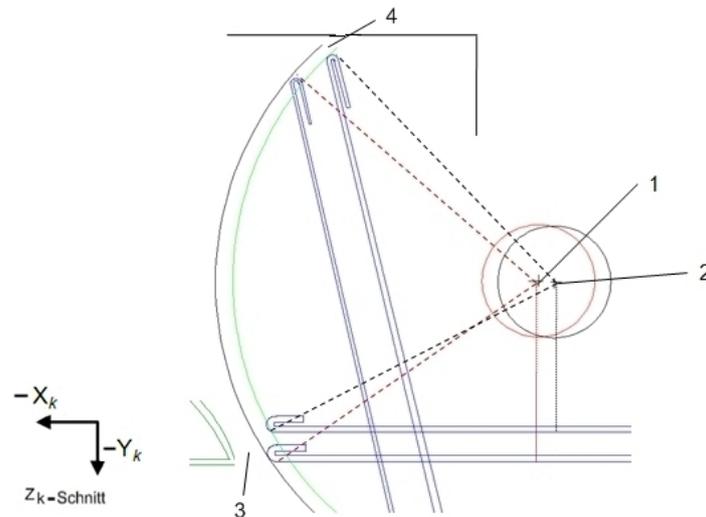
5. Prüfen des Freigangs beim Eindrehen zur A-Säule, zum Scharnier und zum Kotflügel

Mit dieser Untersuchung, die in Abbildung 8.13 dargestellt ist, soll sichergestellt werden, dass der minimale Freigang (1) der Türvorderkante (2) zur A-Säule und den Scharnieren bei maximalem Türöffnungswinkel und Worst-Case-Drehpunkt (3) mindestens 3 mm beträgt. Der Freigang beim Nominaldrehpunkt (4) soll bei maximalem Türöffnungswinkel mindestens 5 mm betragen. Diese Werte sind Erfahrungswerte einiger Konstrukteure und können projektspezifisch variieren.



**Abbildung 8.13:** Darstellung des Freigangs im eingedrehten Zustand zur A-Säule oder zum Scharnier

Abbildung 8.14 zeigt ein Beispiel, bei dem die Türvorderkante einmal um die Worst-Case-Achse (1) und einmal um die Nominalachse (2) gedreht wird. Bei einer Drehung um die Nominalachse wird ein größerer Freigang zwischen Kotflügel und Türvorderkante (3) erreicht. Außerdem muss gewährleistet sein, dass der Freigang zwischen Türvorderkante (4) und A-Säule bzw. Scharnier eingehalten wird.



**Abbildung 8.14:** Darstellung des Freigangs im eingedrehten Zustand zum Kotflügel, zur A-Säule oder zum Scharnier

#### 6. Türaushub

Aus Gründen der Einstellbarkeit und Montierbarkeit ist am Scharnier ein Toleranzausgleich in alle drei Richtungen vorzusehen. Für Montagezwecke muss der Bauraum so konzipiert sein, dass die obere Scharnierhälfte ohne Kollision mit den angrenzenden Bauteilen (z.B. Kotflügel) aus- und eingehängt werden kann.

#### 8.3.2.2 Scharnierschnitt 1

Folgende Vorgaben werden für die Gestaltung dieses Schnittes benötigt:

- Fugenbreite,
- Scharnierachse,
- Anbindungspunkte des Scharniers an der A-Säule und an der B-Säule,
- Raum für den Freigang des vorderen Türblattes,
- Mindestentformschrägen und Mindestradien für die Auslegung des Türinnenblechs und
- Dichtungskonzept<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>Je nach Dichtungskonzept kann der Kantenschutz mit einem Ein- bzw. Zweikammersystem umgesetzt werden. Durch die Auswahl des Dichtungskonzepts wird der einzuhaltende Bauraum zwischen Türinnenblech und Dichtflansch beschrieben.

Der Scharnierschnitt 1 wird in Abbildung 8.15 im  $Z_k$  Schnitt gezeigt. Der Schnitt setzt sich aus Türaußenblech (1), Bördelradius (2), Kotflügel (3), Türinnenblech (4), Anbindung Scharnier ans Türinnenblech (5), Scharnier (6), Seitenrahmen (7), Raum für den Freigang des vorderen Türblattes (8) und Scharnierbefestigungsschraube an der A-Säule (9) zusammen.

Die Anbindungspunkte bzw. die Positionen des Scharniers am Türinnenblech (a) und an der A-Säule (b), sowie die Fugenbreite (c) werden durch die im Abschnitt 8.3.2 beschriebene Eindrehuntersuchung ermittelt. Für die Gestaltung der Mindeststradien (d, e, g) und der Entformschräge (f) können die in Abschnitt 4.1.2 beschriebenen Werte verwendet werden. Die vorläufige Lage des Dichtflanschs in diesem Schnitt wird durch den benötigten Bauraum der Dichtung (h) bzw. durch das Dichtungskonzept beschrieben. Je nach Projekt und Art des Dichtungskonzepts wird ein Abstand (i) zwischen 13 und 16 mm zwischen Türinnenblech und Seitenrahmen eingehalten. Aus dem Scharnierschnitt gehen die Anbindungspunkte des Scharniers am Türinnenblech, die abgesicherte Scharnierachse und ein abgesichertes Styling hervor. Des Weiteren können die Daten für die Auslegung des Schließsystems, der Türbremse und für die Erstellung der Schnitte verwendet werden.

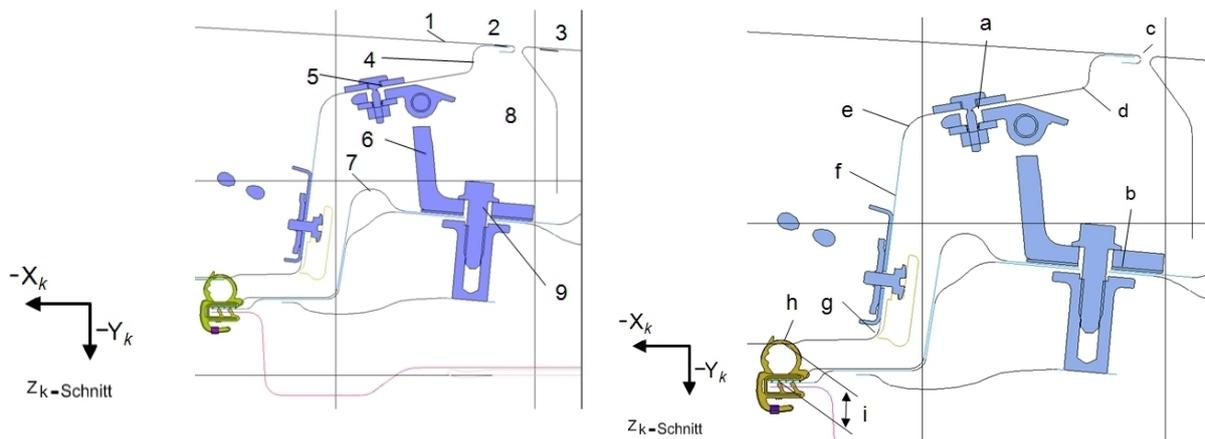


Abbildung 8.15: Bauteile und Aufbau des Scharnierschnittes 1

### 8.3.3 Schließsystem

Durch die Auslegung des Schließsystems wird sichergestellt, dass das Schloss unter Berücksichtigung der angrenzenden Bauteile und deren Toleranzen kollisionsfrei im Türrohbau positioniert ist. Damit die Schließfunktion des Schlosses nicht beeinträchtigt wird, soll das Schloss optimal zum Schließbügel ausgerichtet sein. Folgende Vorgaben werden für die Auslegung des Schlosses benötigt:

- Schließkonzept,
- Fahrzeugtürpackage,

- Scharnierachse,
- Tangentenstetiger Eintritt des Schlosses in den Schließbügel und
- Rückdrehwinkel um ein Verhacken des Schlosses im Crashfall zu verhindern.

### 8.3.3.1 Auslegung des Schlosses

Die Auslegung des Schlossschnittes wird in Abbildung 8.16 gezeigt. Das Schloss beeinflusst durch seine Abmaße die Tiefe des Türinnenblechs (a). Deshalb sollte bei der Gestaltung des Fahrzeugtürpackages die Tiefziehfähigkeit beachtet werden. Die  $Y_k$  Koordinatenrichtung wird ausgehend vom Türaußenblech durch den benötigten Bauraum (b) beschrieben. Bei der Positionierung des Schließsystems sollte ein Freigang (c) zwischen Schloss und Scheibe eingehalten werden. Die Lage des Schlosses in  $X_k$  Koordinatenrichtung wird durch den Schrägabzug der Scheibe bzw. durch die verlängerte Scheibenlinie festgelegt. Außerdem sollte noch ein Freigang zwischen Seitenscheibe und Türschloss (d) eingehalten werden. Die Scharnierachse (SA) wird benötigt weil sie zugleich auch Rotationsachse (e) des Schlosses ist. Bei der Auslegung des Schlosses wird gefordert, dass das Schloss mittig (f) und tangential (g) in den Schließbügel eintritt. Zusätzlich muss das Schloss in der angeführten Richtung (g) verdreht werden, um ein Verhacken des Schlosses mit dem Schließbügel im Crashfall zu vermeiden. Aus Gründen der Einstellbarkeit und Montierbarkeit muss am Schließsystem ein Toleranzausgleich vorgesehen werden. Der Toleranzausgleich wird durch einen Freigang (h) zwischen Schließbügel und B-Säule und durch eine in  $Z_k$  und  $Y_k$  verschiebbare Gewindeplatte gewährleistet, die an der B-Säule montiert ist.

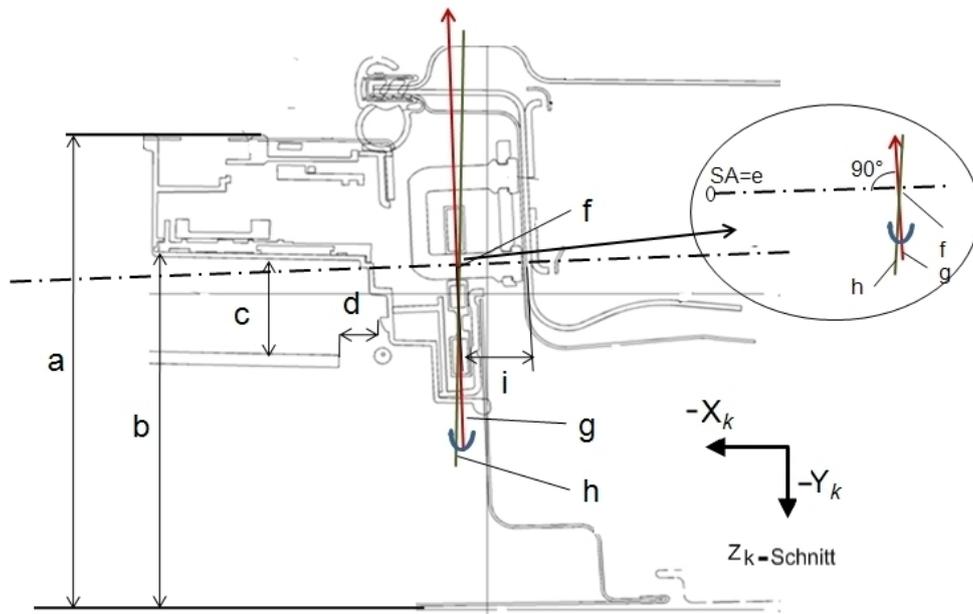


Abbildung 8.16: Auslegung des Schlossschnittes 2

### 8.3.3.2 Schlossschnitt 2

Folgende Vorgaben werden für die Erstellung dieses Schnittes benötigt:

- Fuge Vordertür zu Hintertür,
- Lage und Position des Schlosses und des Schließbügels,
- Mindestentformschrägen und Mindestradien für die Auslegung des Türinnenblechs und
- Dichtungskonzept.

Das Schließsystem wird im Schnitt 2 in Abbildung 8.17 im  $Z_k$  Schnitt dargestellt. Der Schnitt setzt sich aus Kantenschutz (1), Systemschloss (2), Schließbügel (3), Drehfalle (4), Gewindeplatte (5), Verstärkung B-Säule (6), Seitenrahmen (7), Türinnenblech (8), Türaußenblech (9), Bowdenzug für Türöffner (10) und Seitenscheibe (11) zusammen.

Der Schlossschnitt 2 wird ausgehend von der Türfuge (a) vom Türaußenblech weg aufgebaut. Die Position des Schlosses bzw. des Schließbügels wird in der vorherigen Auslegung des Schlosses festgelegt. Der Mindestradius (b) und die Entformschräge (c) sind nach Abschnitt 4.1.2 zu gestalten. Durch die Grobgestaltung des Türinnenblechs in diesem Schnitt ergeben sich die vorläufige Lage und Position der Dichtung am Innenblech (d). Der Abstand (e) zwischen Türinnenblech und Karosserie wird durch den vom Kantenschutz benötigten Bauraum beschrieben. Projektspezifisch und nach Art der Dichtung sollte ein Abstand zwischen 13 mm und 16 mm eingehalten werden. Aus diesem Schnitt gehen die abgesicherte Schlossposition und eine Designvorgabe hervor.

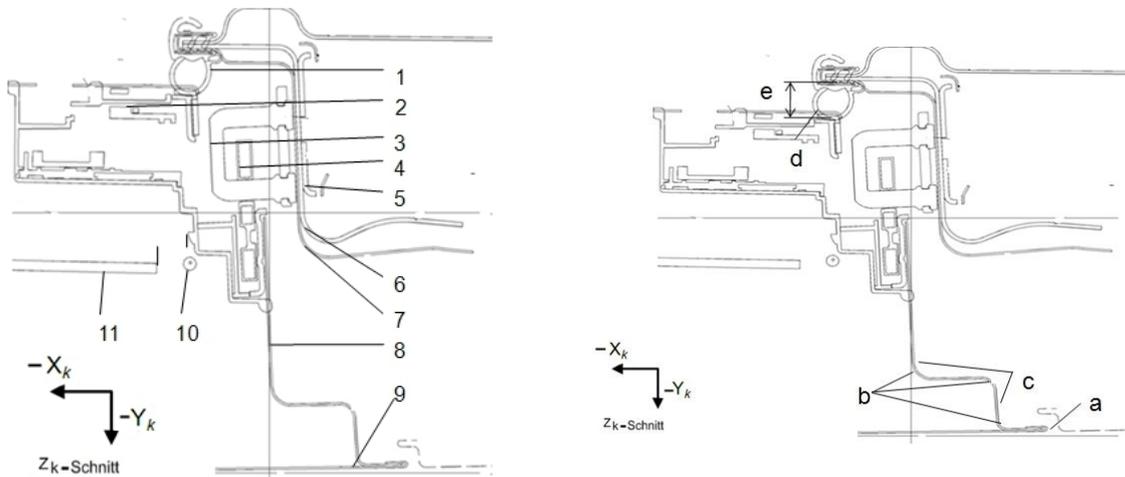


Abbildung 8.17: Bauteile und Aufbau des Schlossschnittes 2

### 8.3.4 Türbremse

Durch die Auslegung der Türbremse sollen die Anbindungspunkte an der A-Säule und am Türinnenblech unter Berücksichtigung der Bewegungsbahn des Türbremsenfangbands ermittelt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Türbremse mit der Karosserie und das Fangband mit den angrenzenden Bauteilen unter Berücksichtigung der Freigänge und Toleranzen keine Kollisionen erfahren. Für die Auslegung werden folgende Vorgaben benötigt:

- Konzept des Haltebocks und der Rastvorrichtung der Türbremse,
- Lage und Position der A-Säule,
- Befestigungskonzept des Haltebocks und des Klemmbocks,
- Öffnungswinkel der Tür,
- tangentialer Eintritt des Fangbands in die Rastvorrichtung<sup>3</sup>,
- Lage und Position der kritischen Bereiche (z.B. Scheibe).

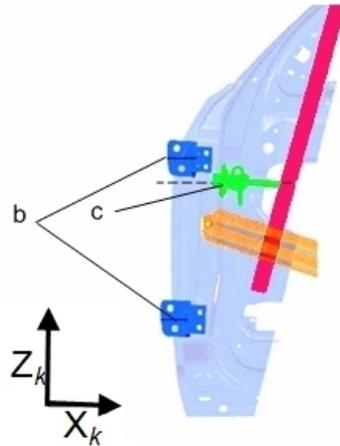
#### 8.3.4.1 Auslegung einer separaten Türbremse

Die Auslegung der Türbremse wird in Abbildung 8.19 veranschaulicht. Bei dieser Untersuchung wird zunächst einmal die vorläufige Form des Haltebandes<sup>4</sup> unter Berücksichtigung der angrenzenden Bauteile, ohne Haltemomente, Haltepositionen, Rastmomente und Rastpositionen ermittelt. Die Grobauslegung des Haltebandes wird nachfolgend erklärt. Dafür muss zunächst das Türinnenblech grob aufgebaut werden. Danach sollten die Platzverhältnisse abgeklärt werden. Unter Berücksichtigung der Platzverhältnisse wird danach ein Lager für das Halteband und eine Rastvorrichtung ausgewählt. Das Lager (a) wird vorerst unter Einhaltung der Toleranzen an der A-Säule positioniert. Das Lager sollte mittig zwischen den Scharnieren (b) in  $Zk$  Koordinatenrichtung angeordnet werden. Sehr oft lässt sich diese Position der Türbremse (c) aus Platzgründen (z.B. Kabelbaum) nicht halten und muss daher wie in Abbildung 8.18 dargestellt außermittig montiert werden.

---

<sup>3</sup>Der tangentialer Eintritt des Fangbands in die Rastvorrichtung wird gefordert um ein Verkleben zwischen Fangband und Haltevorrichtung zu vermeiden. Diese Forderung betrifft Bauarten mit dem Fangband umschließende Gehäuse

<sup>4</sup>Die tatsächliche Form des Haltebandes wird in Zusammenarbeit mit dem Systemlieferanten zu einem späteren Zeitpunkt entwickelt.



**Abbildung 8.18:** Anordnung der Rastvorrichtung in  $Z_k$  Koordinatenrichtung am Beispiel des E83

Die  $Y_k$  Richtung wird durch die Lage des Kantenschutzes am Türinnenblech definiert. Bei der Auslegung sollte die Rastvorrichtung möglichst weit in die  $Y_k$  Richtung (d) verschoben werden, um eine möglichst günstige Hebelwirkung  $H_1$  bei maximalem Öffnungswinkel zu erzielen. Da das Moment [Nm] durch die Gleichung

$$M = F * r$$

beschrieben wird, kann infolge des größeren Hebelarms  $r$  das gleiche Moment  $M$  mit einer geringeren Kraft  $F$  gehalten werden. Durch die vorhergehende Ausrichtung des Lagers in  $Z_k$  Koordinatenrichtung und durch die Positionierung der Rastvorrichtung können unter Annahme des geforderten tangentialen Eintritts des Fangbands in die Rastvorrichtung Lage und Position der Lagerstelle zur Rastvorrichtung bzw. der vorläufige Drehpunkt des Fangbands ermittelt werden. Des Weiteren wird die vorläufige Bewegungsbahn (e) unter Berücksichtigung der kritischen Bereiche (f) (z.B. Fensterführungsschiene) ermittelt. Dabei wird die vorläufige Bewegungsbahn eingezeichnet und durch eine Öffnung der Tür bzw. durch Verschieben der Rastvorrichtung die Bewegungsbahn ermittelt, korrigiert und angepasst. Die Endposition (g) der Bewegungsbahn wird durch die geöffnete Tür bzw. durch den maximalen Öffnungswinkel (h) der Tür beschrieben.

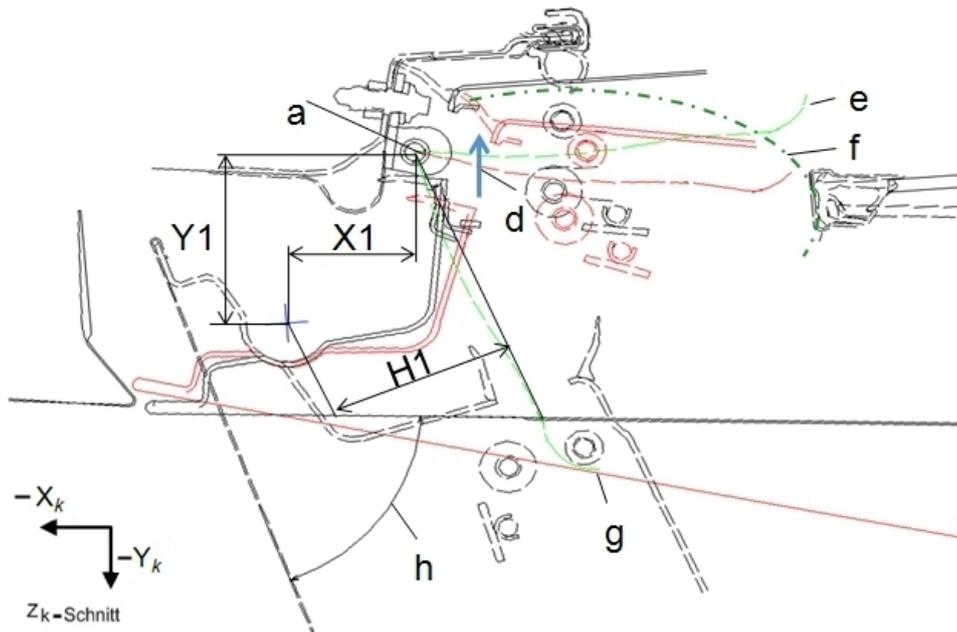


Abbildung 8.19: Auslegung der Türbremse

### 8.3.4.2 Türbremsenschnitt 3

Folgende Vorgaben werden für die Erstellung dieses Schnittes benötigt:

- Außenstrak,
- Bördelflansch,
- Fuge zwischen Vordertür und Kotflügel,
- maximaler Öffnungswinkel,
- Lage und Position der Scharnierachse,
- Lage und Position der Türbremse zur A-Säule und zum Türinnenblech,
- Mindestentformschrägen und Mindestradien für die Auslegung des Türinnenblechs und
- Dichtungskonzept.

Der Bereich der Türbremse mit seinen Bauteilen und die Auslegung werden in Abbildung 8.20 im Schnitt 3 dargestellt. Der Schnitt setzt sich aus Türaußenhaut (1), Kotflügel (2), Fuge zwischen Kotflügel und Türaußenhaut (3), Bördelflansch (4), Scharnierachse (5), Türinnenblech (6), Lager an der A-Säule (7), Befestigungsschraube für Lager an der A-Säule (8), Dichtungen für Türbremse (9), Rastvorrichtung (10), Fangband Türbremse (11), Fensterführungsschiene (12), Seitenrahmen (13) und Kantenschutz (14) zusammen.

Der Türbremsenschnitt 3 wird ausgehend von der Fuge zwischen Vordertür und Kotflügel (a) vom Türaußenblech weg aufgebaut. Der Bördelflansch (b) kann wie in Abschnitt 5.1.1 beschrieben gestaltet werden. Die Position der Rastvorrichtung (c) und der Lagerstelle (d, e) wurde in der vorhergehenden Auslegung der Türbremse festgelegt. Die Mindestradien (d, e) und die Entformschräge (f) können wie in Abschnitt 4.1.2 beschrieben, gestaltet werden. Durch die Auslegung des Türinnenblechs kann die Position und Lage der Dichtung am Türinnenblech (g) ermittelt werden. Das Maß (h) zwischen Türinnenblech und Karosserie wird durch den vom Kantenschutz benötigten Bauraum beschrieben. Projektspezifisch sollte je nach der Art der Dichtung ein Abstand zwischen 14 bis 16 mm eingehalten werden. Aus diesem Schnitt gehen vorläufige Lage und Position der Türbremse am Türinnenblech und an der A-Säule hervor. Des Weiteren können mögliche kritische Bereiche zwischen Fangband, Türbremse, Fensterführungsschiene, Türinnenblech usw. ermittelt und beseitigt werden.

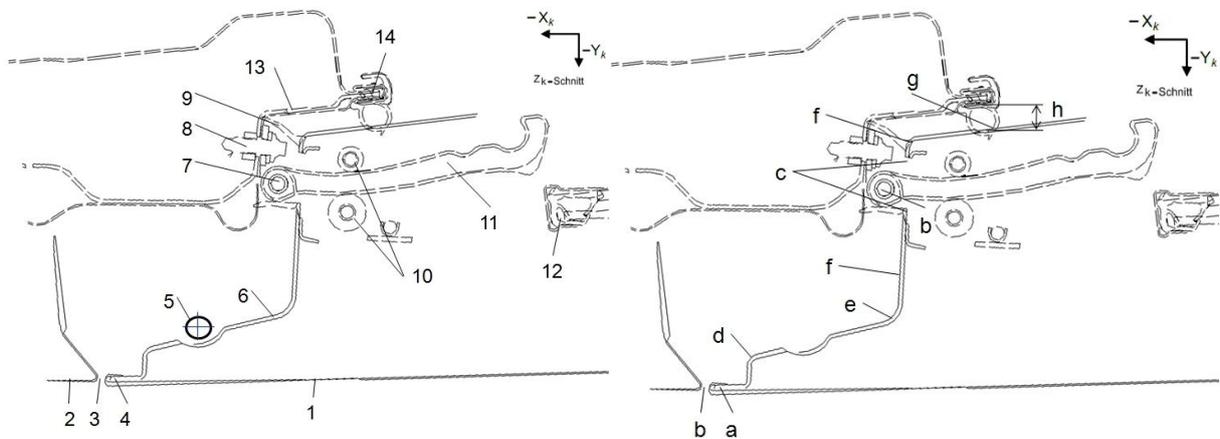
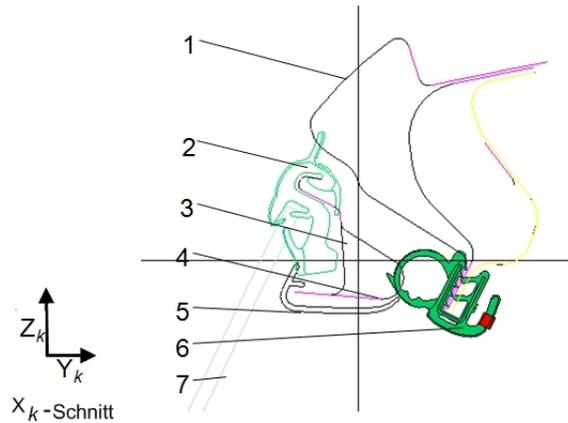


Abbildung 8.20: Bauteile und Aufbau des Türbremsenschnittes 3

### 8.3.5 A-Säulen- und Dachrahmenschnitt

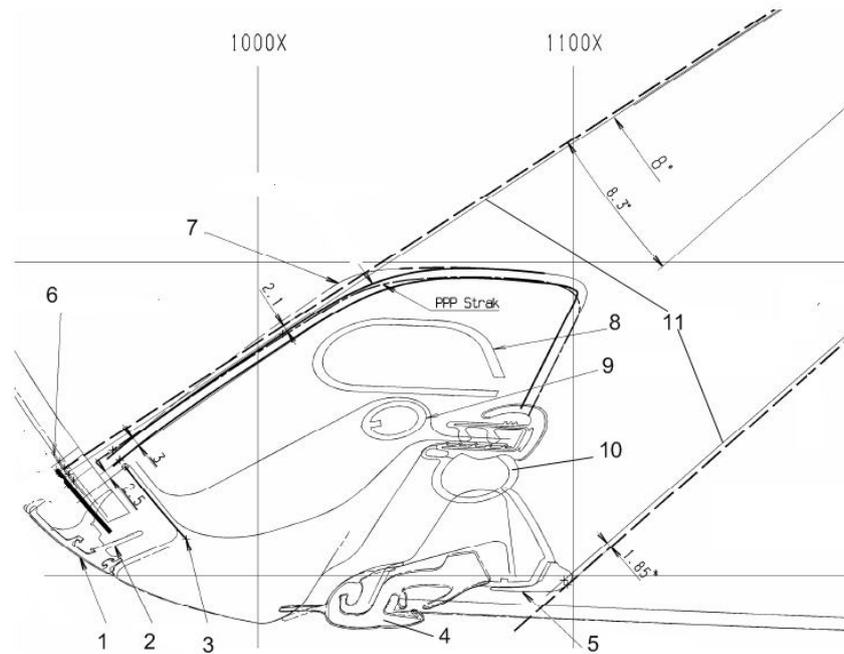
Da die Bereiche der A-Säule und des Dachrahmens sehr ähnlich aufgebaut sind, werden zusammenfassend die Bauteile dieser Schnitte in Abbildung 8.21 in einem A-Säulenschnitt dargestellt. Der Schnitt setzt sich aus Seitenrahmen (1), Fensterführungsdichtung (2), Schließblech (3), Türinnenblech (4), Abdeckung Türfensterrahmen (5), Kantenschutz (6) und Seitenscheibe (7) zusammen. Da beim Aufbau des jeweiligen Schnittes aber unterschiedliche Vorgaben eingehalten werden müssen, werden nachfolgend der A-Säulen- und Dachrahmenschnitt separat beschrieben.



**Abbildung 8.21:** A-Säulenschnitt 3

#### 8.3.5.1 A-Säulenschnitt 4

Der horizontale A-Säulenschnitt 4 wird in Abbildung 8.22 dargestellt und zählt zu den im Kapitel 6.1 beschriebenen Gesamtpackageschnitten. Dieser Schnitt setzt sich aus Blende (1), Wasserfangeleiste (2), A-Säule (3), Fensterführungsdichtung (4), Abdeckung Fensterrahmen (5), Scheibe (6), Blende an der B-Säule (7), Airbag (8), Wasserablaufschlauch (9), und aus dem Kantenschutz (10) zusammen. Dieser Schnitt dient zur Beurteilung des Sichtverhältnisses im Bereich der A-Säule (11). Der Packagekonstrukteur evaluiert und bewertet die Sichtverhältnisse bzw. die Verdeckung, die durch den Türrahmen auftritt. Anhand dieser Bewertung werden Verbesserungsvorschläge erarbeitet und durch den jeweiligen Konstrukteur in den Türrahmenschnitt eingearbeitet.



**Abbildung 8.22:** Packageschnitt 4 zur Untersuchung der Sichtverhältnisse im Bereich der A-Säule

### 8.3.5.2 A-Säulenschnitt 5

Folgende Vorgaben werden für die Gestaltung des A-Säulenschnittes benötigt:

- Strak,
- Rahmenkonzept,
- Dichtungskonzepte,
- Packemaß für Sichtwinkel,
- Bauraum,
- Fuge Türrahmen zur A-Säule,
- Mindestentformschrägen, Mindestradien für die Auslegung des Türinnenblechs und
- Lage und Position der Scheibe im geschlossenen Zustand.

Der Aufbau des A-Säulenschnittes 5 wird in Abbildung 8.23 dargestellt. Ausgehend von der Türfuge zwischen Türrahmen und Dachrahmen (a) kann der A-Säulenschnitt aufgebaut werden. Die Lage der vorläufig ausgewählten Fensterführungsdichtung (b) wird einerseits durch die geschlossene Position der Scheibe und andererseits durch die Fuge zwischen Türrahmen und Dachrahmen

beschrieben. Durch die Form der Dichtung kann auch das Schließblech (c) unter Beachtung der Mindeststrahlen (e, f) und der Entformschrägen (h, i) gestaltet werden. Da das Schließblech mit dem Türrahmen in diesem Fügeverfahren durch eine Widerstandspunktschweißung gefügt wird, muss auch die Zugänglichkeit für die Schweißelektroden bei der Auslegung des Schließblechs bzw. des Schweißflanschs (h, i) beachtet werden. Anschließend kann das Türinnenblech bzw. der Türrahmen unter Beachtung der Entformschrägen (j, k) und des Mindestradius (l) ausgelegt werden. Das Maß zwischen Türinnenblech und Seitenrahmen (m) wird durch den vom Kantenschutz benötigten Bauraum beschrieben. Projektspezifisch sollte je nach Art der Dichtung ein Abstand zwischen 12 und 15 mm eingehalten werden. Bei der Auslegung sollte zudem beachtet werden, dass der Aufsteckflansch des Kantenschutzes am Seitenrahmen (n) normal auf die Seitenscheibe (o) der Fahrzeugtür steht. Aus diesem Schnitt gehen vorläufige Lage und Position des Kantenschutzes bzw. der Sichtwinkel hervor, der für eine weitere Bewertung (z.B. Sichtwinkel) durch den Packagekonstrukteur herangezogen werden kann. Des Weiteren können die Türrahmengometrien für weiterführende Steifigkeits-, Festigkeitsberechnungen und für eine Abstimmung des Bauraums mit anderen Abteilungen verwendet werden.

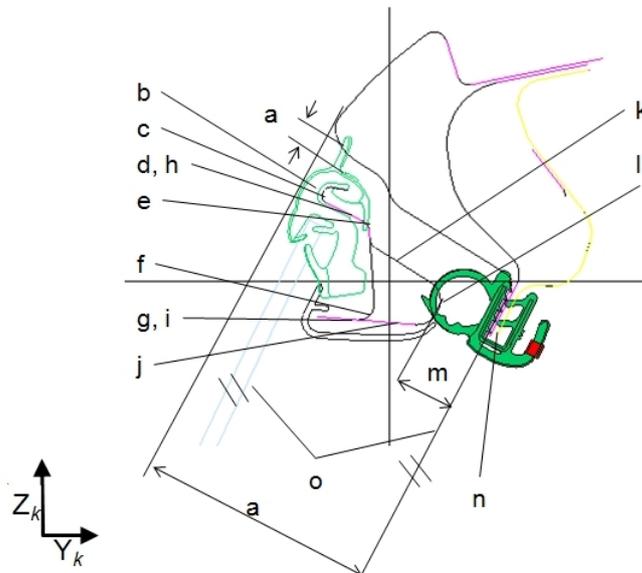


Abbildung 8.23: Aufbau des A-Säulenschnittes 5

### 8.3.5.3 Dachrahmenschnitt 6

Die nachfolgenden Vorgaben werden für den Aufbau des Dachrahmenschnittes benötigt:

- Strak,
- Rahmenkonzept,

- Dichtungskonzepte,
- Packagemaße der Einstiegshöhe und der seitlichen Kopffreiheit,
- Fuge Türrahmen zum Dachrahmen,
- Mindestentformschrägen und Mindestradien für die Auslegung des Türinnenblechs und
- Lage und Position der Scheibe im geschlossenen Zustand.

Der Aufbau des Dachrahmenschnittes 6 wird in Abbildung 8.24 dargestellt. Die Grobauslegung des Bauraums (a) für den Türrahmen wird einerseits durch die einzuhaltenden Maße für die seitliche Kopffreiheit (b) und durch den Strak beschrieben. Oft stellt die Einhaltung der seitlichen Kopffreiheit bei Klein- oder Sportwagen ein Problem dar, weil der seitliche Rahmen sehr nahe an die Kopfkantur heranragt.

Danach kann ausgehend von der Fuge zwischen Türrahmen und Dachrahmen (c) dieser Schnitt aufgebaut werden. Die Lage der vorläufig ausgewählten Fensterführungsschiene (d) wird einerseits durch die geschlossene Position der Scheibe und durch die Fuge zwischen Türrahmen und Dachrahmen beschrieben. Durch die Form der Dichtung kann auch das Schließblech (e) unter Beachtung der Mindestradien (g, h) und der Entformschrägen (f, i) gestaltet werden. Da das Schließblech mit dem Türrahmen in diesem Fügeverfahren durch eine Widerstandspunktschweißung gefügt wird, muss auch die Zugänglichkeit für die Schweißelektroden bei der Auslegung des Schließblechs bzw. des Schweißflanschs (k, l) beachtet werden. Anschließend kann das Türinnenblech bzw. der Türrahmen unter Beachtung der Entformschrägen (m, n) und des Mindestradius (o) ausgelegt werden. Das Maß zwischen Türinnenblech und Seitenrahmen (h) wird durch den vom Kantenschutz benötigten Bauraum beschrieben. Projektspezifisch sollte nach der Art der Dichtung ein Abstand zwischen 12 und 15 mm eingehalten werden. Die Lage des Kantenschutzes wird durch die minimal einzuhaltende Einstiegshöhe beschrieben. Zusätzlich sollte bei der Auslegung noch beachtet werden, dass der Aufsteckflansch des Kantenschutzes am Seitenrahmen (r) normal auf die Seitenscheibe (s) der Fahrzeugtür steht. Aus diesem Schnitt gehen vorläufige Lage und Position des Kantenschutzes bzw. die maximale Einstiegshöhe hervor, die für eine weitere Bewertung durch den Packagekonstrukteur herangezogen werden kann. Des Weiteren können die Türrahmengenometrien für weiterführende Steifigkeits-, Festigkeitsberechnungen und für eine Abstimmung des Bauraums mit anderen Abteilungen verwendet werden.

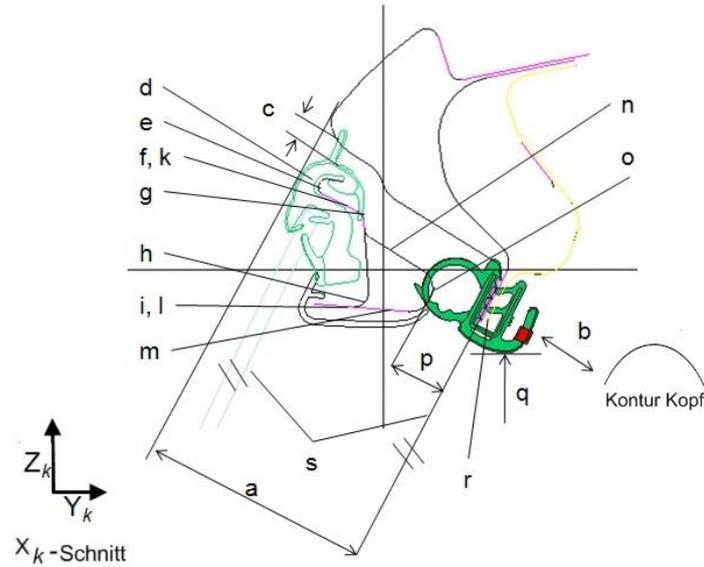


Abbildung 8.24: Aufbau des Dachrahmenschnittes 6

### 8.3.6 Schwellerschnitt 7

Folgende Vorgaben werden für die Gestaltung des Schwellerschnittes benötigt:

- Strak,
- Dichtungskonzept,
- Fuge Vordertür zu Schweller,
- Crashüberdeckung,
- benötigter Bauraum,
- Verfahrensweg der Scheibe in  $Y_k$  Richtung beim Öffnen und Schließen der Scheibe und
- Packemaß für die Schwellerhöhe.

Der Schwellerschnitt 7 wird in Abbildung 8.25 gezeigt. Er setzt sich aus Seitenscheibe (1), Crashstrebe (2), Türaußenhaut (3), Türfugendichtung (4), Bördelflansch (5), Türinnenblech (6) und Kantenschutz (7) zusammen. Durch den hinteren Schwellerschnitt wird der benötigte Bauraum im Schwellerbereich in  $Y_k$  Koordinatenrichtung beschrieben. Ausgehend von der Fuge zwischen Türaußenhaut und Schweller (a) wird der Schnitt vom Türaußenblech weg aufgebaut. Der Bördelflansch (b) kann wie in Abschnitt 5.1.1 beschrieben gestaltet werden. Bei der Auslegung des Türinnenblechs im Schwellerbereich muss eine Mindestüberdeckung (c) aus Gründen der Crashperformance eingehalten werden. Die Werte für die Mindestüberdeckung werden vom Fahrzeugsicherheitsexperten vorgegeben. Die Positionen der Scheibe und der Crashstrebe wurden in den

vorherigen Auslegungen ermittelt. Der Abstand (d) zwischen Türaußenhaut und Kantenschutz wird durch den von den Bauteilen benötigten Bauraum beschrieben. In diesem Fall wird noch zusätzlich ein Abstand (e, f) zwischen Türaußenhaut und Crashstrebe eingehalten. Damit die Kollisionsfreiheit beim Verfahren der Scheibe mit feststehenden Teilen (Crashstrebe, usw. gewährleistet wird, sollten die Abstände (g) und (h) eingehalten werden. Des Weiteren muss auch der Verstellweg (i) der Scheibe bei der Auslegung berücksichtigt werden. Beim E83 wurde ein Abstand (g) von 21 mm und ein Verstellweg von 10 mm eingehalten. Die vorläufige Lage und Position der Dichtung am Türinnenblech (d) wird in  $Y_k$  Koordinatenrichtung durch den benötigten Bauraum und in  $Z_k$  Koordinatenrichtung durch das Packemaß der Schwellerhöhe (j) beschrieben. Das Maß (k) zwischen Türinnenblech und Karosserie wird durch den vom Kantenschutz benötigten Bauraum beschrieben. Projektspezifisch sollte nach der Art der Dichtung ein Abstand zwischen 12 und 14 mm eingehalten werden. Durch die vorläufige Auslegung des Türinnenblechs in diesem Schnitt ergeben sich die vorläufige Lage und Position der Dichtung am Innenblech. In weiterer Folge kann die Schwellerhöhe für eine Beurteilung des Packageabmaßes und für fahrzeugsicherheitstechnische Untersuchungen herangezogen werden.

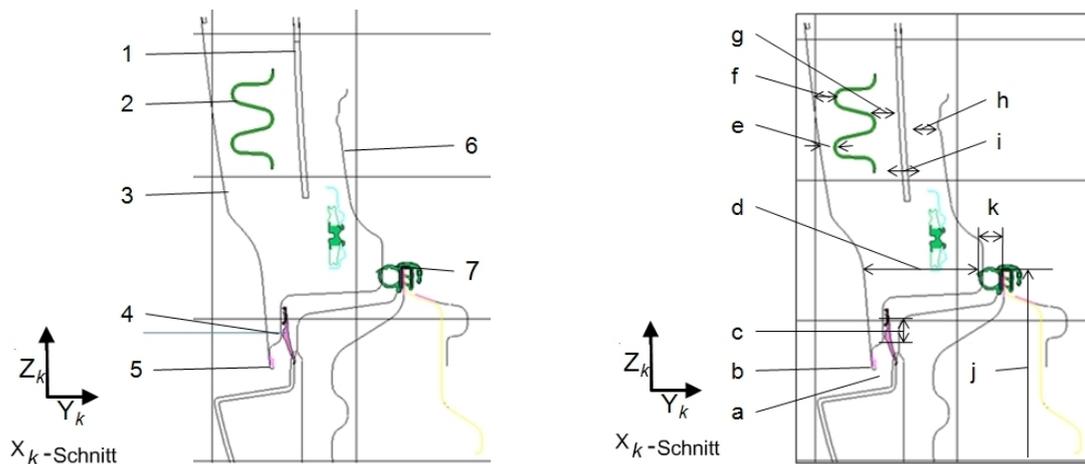


Abbildung 8.25: Bauteile und Aufbau des Schwellerschnittes 7

### 8.3.7 B-Säulenschnitte

Der Bereich der B-Säule wird durch die Schnitte 8 und 9 beschrieben. Nachfolgend werden Aufbau und Auslegung dieser Schnitte behandelt.

#### 8.3.7.1 B-Säulenschnitt 8

Für die Auslegung des B-Säulenschnittes 8 werden die folgenden Vorgaben benötigt:

- Außenstrak,

- Packemaß für Sichtwinkel,
- Fuge Vordertür zu Hintertür,
- Mindestentformschrägen und Mindestradien für die Auslegung des Türinnenblechs und
- Dichtungskonzepte.

Abbildung 8.26 zeigt, dass sich der B-Säulenschnitt 8 aus Fensterrahmenblende (1), Seitenscheibe (2), Fensterführungsdichtung (3), Schließblech (4), Abdeckung Türfensterrahmen (5), Fixierung der Fensterrahmenblende (6), Türinnenblech (7), Kantenschutz (8) und B-Säule (9) zusammensetzt.

Von der Türfuge (a) weg wird der B-Säulenschnitt aufgebaut. Durch Position und Lage der Scheibe (b) und der Fensterführungsdichtung (c) können die Linien (d) ermittelt werden. Da die Blende in diesem Schnitt mit einem Clip (e) und einer Senkschraube am Schließblech fixiert wird, ergibt sich durch die Stärke des Clips die Linie (f) am Schließblech. Damit die Fensterrahmenblende an der Türfuge am Schließblech und am Türinnenblech fixiert werden kann, muss ein Abstand (h) eingehalten werden. In diesem Schnitt wurde ein Abstand von 4,5 mm gewählt. Durch den Radius der Blende ergibt sich die Lage der Fugendichtung (i) am Türrahmen. Schließblech und Türinnenblech werden an der Stelle (j) durch die Widerstandspunktschweißung gefügt. Das Schließblech kann unter Beachtung des Mindestradius (k) und der Entformschrägen gestaltet werden. Da das Schließblech mit dem Türrahmen in diesem Fügeverfahren durch eine Widerstandspunktschweißung gefügt wird, muss auch die Zugänglichkeit für die Schweißelektroden bei der Auslegung des Schließblechs bzw. des Schweißflanschs (l) beachtet werden. Nachfolgend kann das Türinnenblech bzw. der Türrahmen unter Beachtung der Entformschräge (m) und des Mindestradius (o) ausgelegt werden. Das Maß zwischen Türinnenblech und Seitenrahmen (n) wird durch den vom Kantenschutz benötigten Bauraum beschrieben. Je nach Projekt und der Art der Dichtung sollte ein Abstand zwischen 12 und 16 mm eingehalten werden. Dieser Schnitt kann vom Packagekonstrukteur für weitere Sichtwinkeluntersuchungen herangezogen werden.

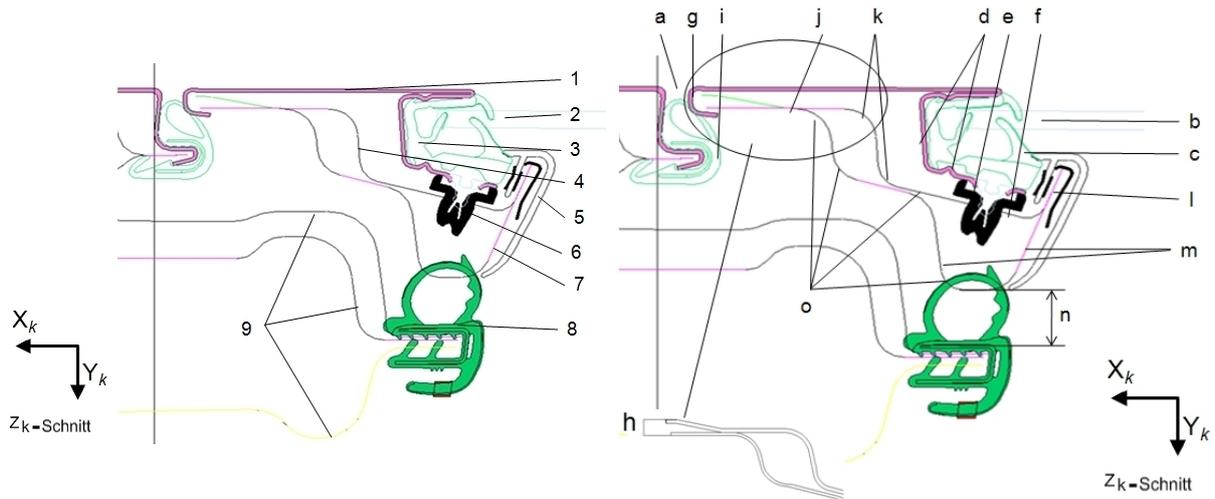


Abbildung 8.26: Bauteile und Aufbau des B-Säulenschnittes 8

### 8.3.7.2 B-Säulenschnitt 9

Folgende Vorgaben werden für die Erstellung dieses schnittes benötigt:

- Außenstrak,
- Bördelflansch,
- Fuge Vordertür zu Hintertür,
- Lage und Position des Türgriffs,
- Mindestentformschrägen, Mindestradien für die Auslegung des Türinnenblechs und
- Dichtungskonzepte.

Der B-Säulenschnitt 9 wird in Abbildung 8.27 dargestellt und setzt sich aus Kantenschutz (1), B-Säule (2), Bördelflansch hinten (3), Türinnenblech hinten (4), Vorderkante Türaußenhaut hinten (5), Hinterkante Bördelflansch vorne (6), Türinnenblech vorne (7), Türaußenhaut vorne (8), Bowdenzug für die Betätigung des Schlosses (9), Türschloss (10) und Seitenscheibe (11) zusammen.

Ausgehend von der Türfuge (a) wird der Schnitt vom Türaußenblech weg aufgebaut. Die Positionen des Türgriffs und der Scheibe (c), sowie der Bauraum (d) wurden in einer vorherigen Auslegung ermittelt. Der Mindestradius (e) und die Entformschräge (f) sind nach Abschnitt 4.1.2 zu gestalten. Durch die Grobgestaltung des Türinnenblechs in diesem Schnitt ergeben sich vorläufige Lage und Position der Dichtung am Innenblech. Der Abstand (g) zwischen Türinnenblech und Karosserie wird durch den vom Kantenschutz benötigten Bauraum beschrieben.

Dieser Schnitt kann zur Abstimmung mit den Bereichen Rohbau, Fahrzeugsicherheit usw. genutzt werden. Da die Fugen zwischen Kotflügel und Vordertür sowie zwischen Vordertür und Hintertür sich gegenseitig beeinflussen, können diese in weiterer Folge für Untersuchung und Abstimmung der vorderen und hinteren Scharnierachse genutzt werden. Aus diesem Schnitt gehen der Fugenverlauf und die Lage der Dichtung am Türinnenblech hervor. Für Fahrzeugsicherheitsuntersuchungen kann die Crashüberdeckung zwischen Türinnenblech und B-Säule herangezogen werden.

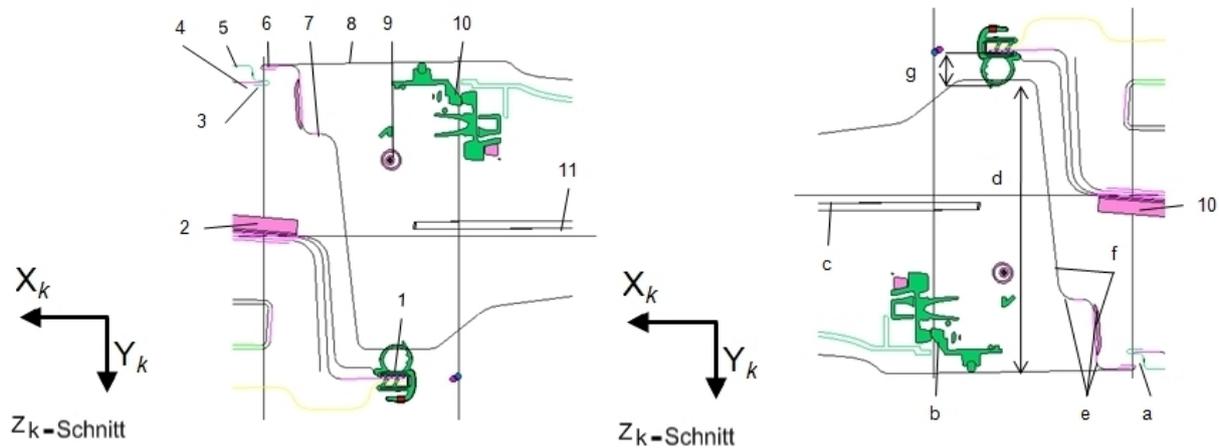


Abbildung 8.27: Benennung und Auslegung des B-Säulenschnittes 9

### 8.3.8 Brüstungsschnitt 10

Die nachfolgenden Vorgaben werden für die Auslegung des Brüstungsschnittes 10 benötigt:

- Strak,
- Schachtabdeckungskonzept und
- Lage und Position der Scheibe.

Der Brüstungsschnitt 10 in Abbildung 8.28 setzt sich zusammen aus äußerer Schachtabdeckung (1), Türaußenhaut (2), Verstärkung Türaußenhaut (3), Seitenscheibe (4), innerer Schachtabdeckung (5), Schließblech (6) und Türinnenblech (7).

Ausgehend vom Türaußenstrak (a), der bis zur Brüstung reicht, wird der Brüstungsschnitt aufgebaut. Aus der Scheibenauslegung gehen Lage, Position und Verstellwege der Scheibe (b) in  $Y_k$  Richtung hervor. Durch die vorläufige Auswahl des Schachtabdeckungskonzepts (c) ergibt sich das Schachtmaß (d). Die Linien (e) und (f) dienen zur Befestigung und zur Führung der Schachtabdeckung am Türaußenblech bzw. an der Brüstungsverstärkung. Das Schachtabdichtungskonzept gibt auch die Form des Radius (g) vor. Zur zusätzlichen Versteifung des Türrohbaus wird eine Brüstungsverstärkung (h) bei der Auslegung integriert. Die Brüstungsverstärkung wird im Falle

des E83 mit der Türaußenhaut und mit dem Schließblech verklebt. Dieses Fügeverfahren wurde im Abschnitt 5.1 behandelt. Die innere Schachtabdichtung (i) gibt das innere Schachtmaß (j) vor. Die Schachtabdichtung wird auf die Linie (k) am Türinnenblech (m) und auf die Linie (l) am Schließblech (n) aufgesteckt. Projektspezifisch sollte nach der Art der Schachtabdichtung (o) ein Schachtmaß zwischen 28 und 29 mm eingehalten werden. Aus diesem Schnitt gehen Lage und Position der Schachtabdeckung zur Seitenscheibe hervor.

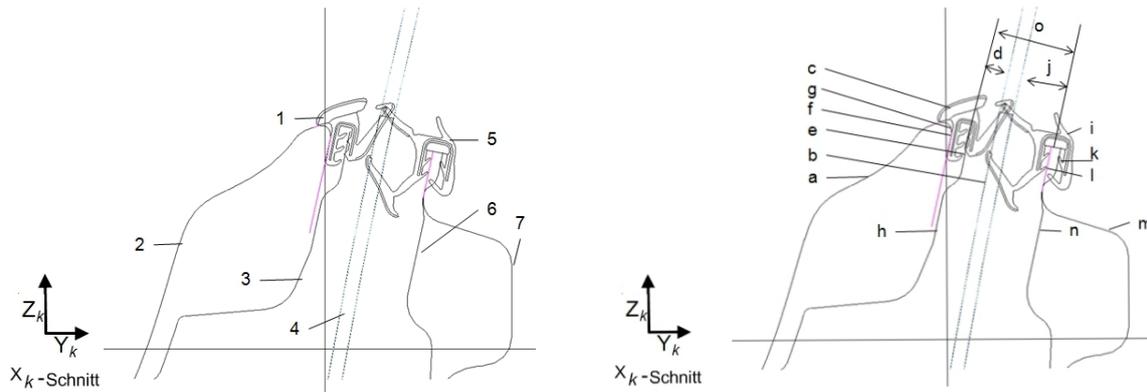


Abbildung 8.28: Bauteile und Aufbau des Brüstungsschnittes 10

### 8.3.9 Spiegelfussschnitte

Durch die Spiegelfussschnitte werden die Schnitte 11 und 12 im Bereich des Spiegeldreiecks und der B-Säule beschrieben. Nachfolgend werden Aufbau und Auslegung dieser Schnitte behandelt.

Für die Auslegung der Spiegelfussschnitte werden folgende Vorgaben benötigt:

- Außenstrak,
- Rahmenkonzept,
- Fuge zwischen Türrahmen und A-Säule,
- Lage und Position der A-Säule,
- Spiegelkonzept,
- Dichtungskonzepte und
- Mindestentformschragen und Mindestradien für die Auslegung des Türinnenblechs.

### 8.3.9.1 Spiegelfusschnitt 11

Abbildung 8.29 zeigt, dass sich der horizontale Spiegelfusschnitt 11 aus Türinnenblech (1), Abdichtung Spiegeldreieck (2), Abdeckung Fensterrahmen (3), Seitenscheibe (4), hinterer Fensterführungsdichtung (5), Fensterführungsschiene (6), Schließblech (7), Spiegelfuss (9) und vorderer Fensterführungsdichtung (10) zusammensetzt.

Der horizontale Spiegelfusschnitt wird ausgehend von der Türfuge zwischen Türrahmen und Fensterrahmen (a) aufgebaut. Nach Auswahl der Dichtung (b) kann das Schließblech (c) an die Kontur der Dichtung angepasst werden. Das Türinnenblech und das Schließblech werden im Punkt (d) mittels der Widerstandspunktschweißung gefügt. Bei der Auslegung des Schweißflanschs muss die Zugänglichkeit für die Schweißelektroden beachtet werden. Im nächsten Schritt wird das Türinnenblech unter Berücksichtigung des Mindestradius (e) und der Entformschräge (f) ausgelegt. Der vom Kantenschutz benötigte Bauraum zwischen Türinnenblech und Seitenrahmen wird durch das Maß (g) beschrieben. Je nach Projekt und Art der Dichtung sollte ein Abstand zwischen 12 und 15 mm eingehalten werden. Die Linie am Schließblech (i) wird durch die Form und Lage des Spiegels (h) ausgelegt. Durch Position und Lage der Scheibe (j) wird die Lage der ausgewählten Dichtung (k) bestimmt. Ausgehend von der Fensterführungsdichtung kann die dazugehörige Fensterführungsschiene konstruiert werden, die durch die Linien (l) beschrieben werden. Dieser Schnitt kann für die Sichtbereichsuntersuchung des Spiegels verwendet werden.

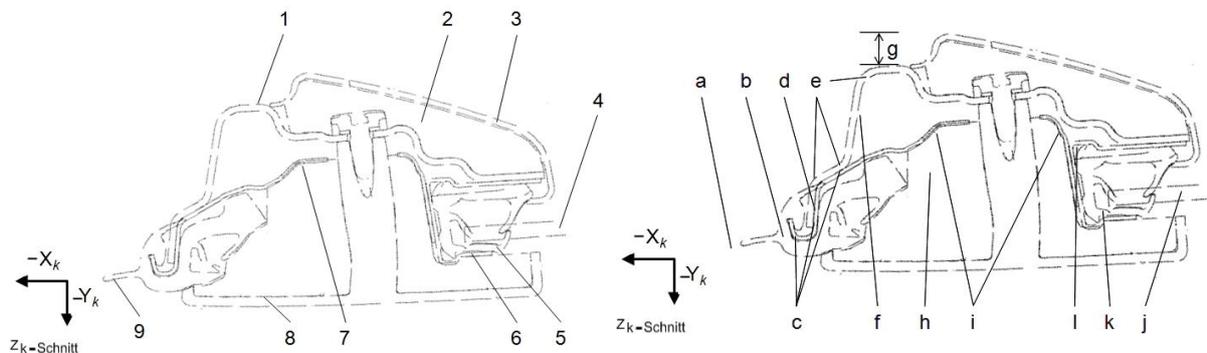


Abbildung 8.29: Benennung und Auslegung des Spiegelfusschnittes 11

### 8.3.9.2 Spiegelfusschnitt 12

Der Spiegelfusschnitt 12 wird in Abbildung 8.30 dargestellt und setzt sich aus Seitenrahmen (1), Fensterführungsdichtungen (2, 9), Abdichtung Spiegeldreieck innen (3), Spiegelfuss (4), Spiegelfussbefestigung (5), Türaußenhaut (6), Verstärkung Türaußenhaut (7), Fensterführung (8), Seitenscheibe (10), Kantenschutz (11), Spiegelabdeckung (12), Türinnenblech (13) und Schließblech (14) zusammen.

Ausgehend von der Türfuge zwischen Türrahmen und A-Säule (a) kann der Spiegelschnitt aufgebaut werden. Durch die Auswahl und Positionierung der Dichtung (b) kann das Schließblech (c) an die Kontur der Dichtung angepasst werden. Da das Schließblech mit dem Türrahmen in diesem Fügeverfahren durch eine Widerstandspunktschweißung gefügt wird, muss auch die Zugänglichkeit für die Schweißelektroden bei der Auslegung des Schließblechs bzw. des Schweißflanschs (d) beachtet werden. Anschließend kann das Türinnenblech bzw. der Türrahmen unter Beachtung des Mindestradius (e) und der Entformschräge (f) ausgelegt werden. Das Maß (g) zwischen Türinnenblech und Seitenrahmen wird durch den vom Kantenschutz benötigten Bauraum beschrieben. Projektspezifisch sollte nach der Art der Dichtung ein Abstand zwischen 12 und 15 mm eingehalten werden. Durch die Form und Lage des Spiegels (h) kann die Linie am Schließblech (i) ausgelegt werden. Die Lage der vorläufig ausgewählten Dichtung (j) wird durch die Position der Scheibe (k) bestimmt. Ausgehend von der Fensterführungsdichtung kann die dazugehörige Fensterführungsschiene konstruiert werden, die durch die Linien (l) beschrieben werden. Dieser Schnitt kann für die Sichtbereichsuntersuchung des Spiegels verwendet werden. Des Weiteren können die Türrahmengemetrien für weiterführende Steifigkeits-, Festigkeitsberechnungen usw. verwendet werden.

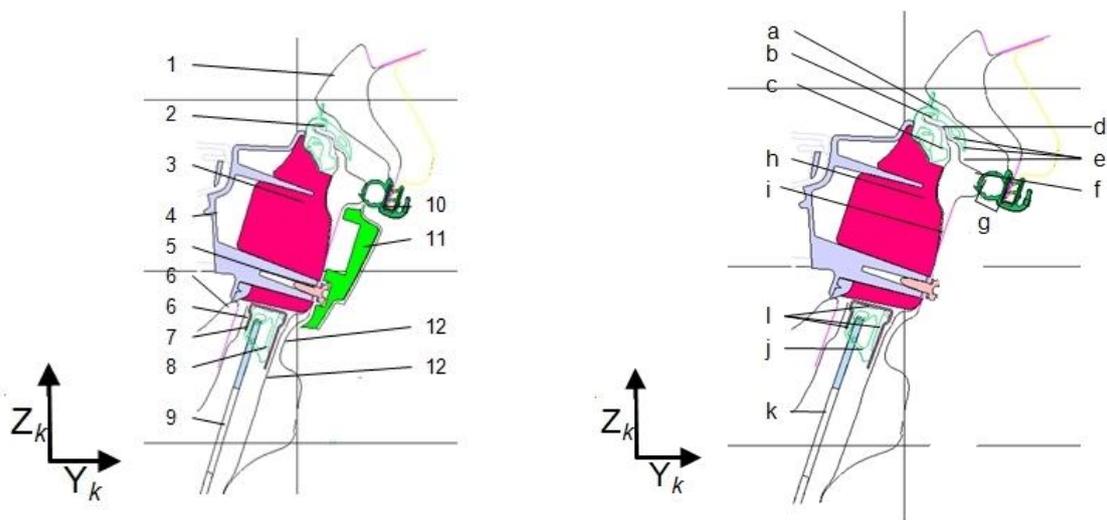


Abbildung 8.30: Benennung und Auslegung des Spiegelfusschnittes 12

# Kapitel 9

## Zusammenfassung

Diese Diplomarbeit untersucht die Konzeptphase in der Fahrzeugtürentwicklung. Das Ziel der Arbeit ist die nachhaltige Sicherung von Wissen über die Konzeptphase in der Türentwicklung. Dabei sollen die einzelnen Entwicklungsschwerpunkte dokumentiert und Schnittstellen zu anderen Bereichen aufgezeigt werden. Durch die Analyse der konzeptionellen Auslegung einer Fahrzeugtür und der Prinzipschnitte wird eine fundierte Wissensbasis für die Abteilung geschaffen. Durch die eingangs erfolgte Literaturrecherche wird die Basis für die weitere Arbeit geschaffen. Zur Informationsbeschaffung dienten außerdem kontextuelle Interviews, informelle Gespräche und Diskussionen mit den Konstrukteuren. Aus diesen Informationen werden die beteiligten Bereiche identifiziert und die daraus hervorgehenden Vorgaben erfasst. Anhand dieser Vorgaben werden Untersuchungen bzgl. der auszulegenden Bereiche durchgeführt. Des Weiteren werden aus den Informationen, Untersuchungen und Auslegungen die für die Erstellung der Schnitte notwendigen Vorgaben erfasst.

Die Konzeptphase dient zur Bewertung und Abstimmung der Designvorgaben. Anhand dieser Designvorgabe führt der Konstrukteur seine Untersuchungen hinsichtlich der technischen Realisierbarkeit durch. Da bei der konzeptionellen Auslegung aber nicht nur eine, sondern eine Vielzahl von Personen beteiligt sind, wird ein Werkzeug zur Abstimmung benötigt. Dieses Werkzeug sind die Prinzipschnitte, welche das Zusammenspiel von Komponenten an definierten Schnittstellen in 2-dimensionaler Form darstellen. Sie zeigen mögliche Zielkonflikte am Gesamtfahrzeug und zwischen den Fachbereichen und Modulen auf. Anhand der Prinzipschnitte wird eine Diskussionsbasis bereitgestellt, in die sich die Fachbereiche einbringen und lösungsorientiert abstimmen können. Des Weiteren bietet der Prinzipschnitt die Möglichkeit, den jeweiligen Entwicklungsstand zu dokumentieren und daraus den angestrebten Soll-Zustand ableiten zu können.

Die Tür stellt einen wichtigen Teil des Gesamtfahrzeugs dar. Deshalb muss der Konstrukteur auch die Vorgaben aus den jeweiligen Abteilungen und Fachbereichen in der Auslegung und im Aufbau der Schnitte berücksichtigen. Des Weiteren müssen auch die Wünsche des Auftraggebers berücksichtigt werden.

Um den von den Bauteilen benötigten Grobbauraum abschätzen zu können, werden anfangs unterschiedliche Türkonzepte und Anbauteile betrachtet, verglichen und beschrieben. Zudem werden die Vor- und Nachteile der jeweiligen Rohbauausführungen untersucht und dokumentiert. Für diese Recherche stehen verschiedene Benchmarkseiten zur Verfügung, die viele Fahrzeugtypen listen. Basierend auf dem Türkonzept, dem abgeschätzten Grobbauraum der Tür und der Geometrie des Außenstraks können die technologischen Rahmenbedingungen abgeleitet werden. Die technologischen Rahmenbedingungen setzen sich zusammen aus Werkstoffen, Umformverfahren und Füge-technologien.

Die Auswahl der in der Tür verwendeten Werkstoffe nimmt heutzutage einen wichtigen Stellenwert ein, um die Berücksichtigung sowohl sicherheitsspezifischer als auch umweltrelevanter Aspekte in der Automobilentwicklung zu gewährleisten. Denn eine gezielte Anwendung der Werkstoffe kann maßgeblich das Gewicht reduzieren und durch die Anwendung gewisser Materialien kann die Steifigkeit des Türrohbaus und somit die Crashesicherheit verbessert werden. Diese Arbeit bietet Anhaltspunkte für die Auswahl der verwendeten Werkstoffe und ihrer Anwendungsgebiete für einen Erstaufbau der oben angeführten Schnitte.

Für den Aufbau des Schnitts sind umformtechnische Einflussgrößen zu berücksichtigen, um später eine einwandfreie Umformung der Bauteile sicherzustellen. Für eine erste Vorauslegung der Schnitte werden verschiedene firmeninterne Anhaltswerte erfasst und dokumentiert. Da die Werte jedoch werkstoffspezifisch abweichen können, muss die Umformbarkeit durch eine Simulationrechnung abgesichert werden.

Zum Aufbau des jeweiligen Schnittes soll in Abhängigkeit vom Grundmaterial und der verwendeten Technologien das richtige Fügeverfahren ausgewählt werden. Diese vorliegende Arbeit erläutert die gängigsten Fügeverfahren im Türrohbau und beinhaltet Richtwerte, die der Konstrukteur bei der Auslegung der Bauteile bzw. der Fügezonen berücksichtigen kann.

Es werden die für die Auslegung benötigten Vorgabegrößen erfasst und dokumentiert. Diese Vorgabegrößen bilden die Basis für die weiteren Auslegungen. Da sich diese gegenseitig beeinflussen, geht der Konstrukteur hier in einer gewissen Reihenfolge vor, sodass Ausgabegrößen von bereits abgeschlossenen Auslegungen als Eingabegrößen in weitere miteinbezogen werden können und so eine weitgehend konfliktfreie Abstimmung ermöglicht wird. In dieser Arbeit werden des Weiteren kritische Bereiche dargestellt, die infolge der Bauraumbedingungen und Bewegungsabläufe auftreten können. Hier werden auch die Vorgaben für den Aufbau der Schnitte festgelegt.

Die zuvor festgelegten Vorgaben, technologischen Rahmenbedingungen und Auslegungen fließen direkt in den Aufbau der Schnitte ein. Der Aufbau der Schnitte wird beschrieben und erläutert. Da die Schnitte sich gegenseitig beeinflussen, wird eine gewisse Reihung bei der Erstellung der Schnitte vorgeschlagen. Des Weiteren stellt die vorher definierte Ausgabe eine mögliche Eingabegröße für einen neu zu erstellenden Schnitt dar. Das Resultat der einzelnen, abgestimmten Schnitte der Konzeptphase wird durch die Schnitttemaple dokumentiert.

In dieser Arbeit werden die bereits am Beginn der Konzeptphase feststehenden Eingangsdaten wie kundenspezifische Anforderungen und gesetzliche Regelungen dokumentiert. Zudem werden die in der Konzeptphase notwendigen Schritte erläutert, um ausgehend vom Außenstrak ein Türkonzept auslegen zu können. Diese Dokumentation bietet unerfahrenen Mitarbeitern die Möglichkeit sich an dieser zu orientieren und so einen leichteren Einstieg in die konzeptionelle Auslegung einer Fahrzeugtür zu finden.



# Literaturverzeichnis

- [1] *Automotive Applications-Produktinformation Mittal Steel*. Mittal Steel. <http://www.mittalsteel.com>. – Datum des Zugriffs: 16.Jän. 2010
- [2] *BMW Webseite* <http://www.bmw.at>. – Datum des Zugriffs: 10. Dez 2009
- [3] *Peugeot* <http://www.autotouring.at>. – Datum des Zugriffs: 10. Dez 2009
- [4] *Porsche Webseite*. <http://www.porsche.com>. – Datum des Zugriffs: 7. Jän. 2010
- [5] *Webseite Pagenstecher* <http://http://static.pagenstecher.de>. – Datum des Zugriffs: 4. Dez. 2010
- [6] A2MAC(HRSG.): *Benchmark Webseite für den Vergleich von verschiedenen Fahrzeugtypen* <http://www.a2mac1.com>. – 8. Nov. 2009
- [7] BALZERT H.: *Lehrbuch der Software-Technik* . Balzert Verlag, 2000
- [8] BLAZEVIC F.: *Aluminium Türbauweisen*, FH Würzburg, Diplomarbeit, 2007
- [9] BMW-NORM GS 93005-1: *Stähle für Karosseriebau, Normenübersicht, Bezeichnungssystem, Zeichnungseintrag und Beschichtung*. 2009. – BMW Group Standard
- [10] BMW-NORM GS 93005-17: *Stähle für Karosseriebau; Warmgewalzte martensitische Stähle, Gütenorm, Technische Lieferbedingungen*. 2009. – BMW Group Standard
- [11] BMW-NORM GS 93005-2: *Stähle für Karosseriebau, Kaltgewalzte Tiefziehstähle, Gütenorm, Technische Lieferbedingungen*. 2009. – BMW Group Standard
- [12] BMW-NORM GS 93005-8: *Stähle für Karosseriebau, Höherfeste Stähle, Bezeichnungssystem, Zeichnungseintrag und Beschichtung*. 2009. – BMW Group Standard
- [13] BMW-NORM GS 96009 : *Fügetechnik: Falzverbindung; Funktion, Konstruktion, Material, Verfahrenstechnik und Qualitätssicherung*. 2009. – BMW Group Standard
- [14] BMW PRÜFVORSCHRIFT 201: *PR Türrohbau mit Scharnieren*. 2007. – BMW Prüfvorschrift
- [15] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: *DIN 70020 - Straßenfahrzeuge-Kraftfahrzeugbau*. 1993. – DIN-Paper 70020

- [16] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: *DIN 70010 - Systematik der Straßenfahrzeuge; Begriffe für Kraftfahrzeuge, Fahrzeugkombinationen und Anhängerfahrzeuge*. 2001. – DIN-Paper 70010
- [17] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: *DIN 8583 - Fertigungsverfahren Biegeumformen - Einordnung, Unterteilung, Begriffe*. 2003
- [18] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: *DIN 8584-7 - Fertigungsverfahren Zugdruckumformen - Teil 3: Tiefziehen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe*. 2003
- [19] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: *DIN 8585 - Fertigungsverfahren Druckumformung - Teil 6: Durchdrücken; Einordnung, Unterteilung, Begriffe*. 2003
- [20] ENZINGER, N.: *Entwicklung moderer Stähle*. TU Graz, 2003. – Forschungsbericht
- [21] F., Kramer: *Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen; Biomechanik-Simulation; Sicherheit im Entwicklungsprozess*. 2006
- [22] FRITZ A. ; SCHULZE G.: *Fertigungstechnik*. Springer, 2004
- [23] G., Dröder: *Untersuchungen zum Umformen von Feinblechen aus Magnesiumknetlegierungen*, Universität Hannover, Diss., 1999
- [24] GAERTNER D.: *Strak im Automobilbau*. MAGNA Steyr Fahrzeugtechnik; Abteilung EAS, 2008
- [25] GEIGER B.; LONCARIC; FRITZL: *Leitfaden für Dichtungsauslegung*. Magna Steyr Fahrzeugtechnik-Fachbereich Dichtungen. – Interne Schulungsunterlage
- [26] GLOBAL CAR MANUFACTURERS INFORMATION EXCHANGE GROUP (GCIE): *Package Drawing Exchanges*
- [27] GRABNER J. ; NOTHAFT R.: *Konstruieren von PKW Karosserien* . Springer Verlag, 2006
- [28] GRAZ, Verkehrsportal: *Straßenverkehrsordnung*. <http://www.verkehrsportal.at/stvzo/stvzo{-}35e.php>. – 2009
- [29] H., Seeger: *Design technischer Produkte, Produktprogramme und -systeme*. Springer Verlag, 2003
- [30] HANS J. FAHRENWALDT, VOLKMAR SCHULER: *Praxiswissen Schweißtechnik; Werkstoffe, Prozesse, Fertigung*. Praxiswissen Vieweg Verlag, 2006
- [31] HEINRICH W.: *Neue Technologien für rollformintensive Fahrzeugstrukturen aus Aluminium und Stahl*. <http://www.dreistern.com>. Dreistern GmbH und CO.KG. – Forschungsbericht

- [32] HIRSCHBERG W. ; WASER H.: *Kraftfahrzeugtechnik Teil 1*. Technische Universität Graz Institut für Fahrzeugtechnik, 2008/09. – Skript zur Vorlesung
- [33] KELLER E. ; KILGUS R. ; KLEIN W.: *Metalltechnik - Der Werkzeugbau*. Europa Lehrmittel Verlag, 1997
- [34] KLOCKE F. ; KÖNIG W.: *Fertigungstechnik 4 - Umformen*. Springer Verlag, 2006
- [35] KORVES L ; MOHRBACHER H.: *Tailored Blanks- optimierte Blech für den Türrohbau*. TyssenKrupptechforum, 2003. – Seite 30 S.
- [36] KRACHLER G.: EAT-Türen Vortrag . . – Entwicklung Aufbau-Ausbildungsprojekt
- [37] KRACHLER G.: *EA Ausbildungsprojekt 2009 - EAT Türen Vortrag*. 2009. – Magna Steyr Fahrzeugtechnik- Interne Schulungsunterlage
- [38] KROPF M.: *Analyse von Fahrzeugseitentüren in technischer und kaufmännischer Hinsicht*, FH Joanneum, Diplomarbeit, 2004
- [39] LANGE K.: *Umformtechnik-Band 3; Blechbearbeitung*. Springer Verlag, 1990
- [40] MAIER R.: *Rollfalzen, Rollerhemming, EDHS 130°, Twinstep*. 2010
- [41] MAYR J., HIRZ M.: *Unterstützte Auslegung einer Scheibenabsenkung - Im Rahmen des Forschungsprojekt Parametrische Geometrierzeugung*. TU Graz; Institut für Fahrzeugtechnik, 2009. – FSI-ParamGeo-P7
- [42] MERCEDES.: *Darstellung*. <http://www.globalmotors.net/>. – 2009
- [43] MERCEDES NORM: MBN 10 382: *Widerstandspunktschweißen von Stahl bis 3 mm Blechdicke*. 2005. – Technische Norm
- [44] MERCEDES NORM: MBN 10 453: *Clinchen im Karosserierohbau*. 2009. – Technische Norm
- [45] MSF INTRANET: *Material Auswahlmatrix*. [MSFIntranet](#)
- [46] NEGES J.: *Grundlagen der Blechumformung / Technical Services and Materials Engineering MAGNA STEYR*. 2009. – Magna Steyr Schulungsunterlage
- [47] OSTERMAN F.: *Anwendungstechnologie Aluminium*. Springer Verlag, 1998
- [48] POESTGENS U.: *Karosseriedichtsysteme für Kraftfahrzeuge*. Verlag Moderne Industrie, 2001
- [49] PORSCHE NORM: PN 1100: *Fertigungsverfahren Fügen; Umformen Stanznieten mit Halbhohlnoten*. 2008. – Technische Norm
- [50] PROZESSVORSCHRIFT 3 403 991: *Prozessvorschrift-Rohbauklebung, Bürstung im Türrohbau und Blähformteile*. 2001. – Das Team BMW X3

- [51] R.-A. SCHMIDT; FRANZ BIRZER: *Umformen und Feinschneiden*. Hanser Verlag, 2007
- [52] RIVCLINCH: *Allgemeine Grundlagen; Verbindung von Blechen und Profilen ohne Hilfsfügeteil* <http://www.boellhoff.cz>. – Allgemeine Grundlagen: 6780/05.01
- [53] ROETH T.: *Leichtbau und Karosserietechnik*. FH Aachen, 2003. – Skript zur Vorlesung
- [54] RUBAN: *Fahrzeugtechnik und Sicherheit*. FH Joanneum Graz, 2006. – Skript zur Vorlesung
- [55] SAE INTERNATIONAL: *Passenger Car Door System Crush Test Procedure-On-Highway Vehicles and Off-Highway Machinery*. 2003. – SAE Handbook J367
- [56] SAE INTERNATIONAL: *SAE J374 - Vehicle Roof Strength Test Procedure-On-Highway Vehicles and Off-Highway Machinery*. 2003. – SAE Handbook, Vol. 3
- [57] SAE INTERNATIONAL: *SAE J1100 - SURFACE VEHICLE RECOMMENDED PRACTICE*. 2005. – SAE-Paper J1100 JULI 2005
- [58] SCHINDLER V. ; SIEVERS I.: *Forschung für das Auto von Morgen, Aus Tradition entsteht Zukunft*. Springer Verlag, 2008
- [59] SCHMIEDHOFER J.: *Presswerk, Rohbau und Montagetechnik; Teil 1 Presswerk*. FH Joanneum, 2005. – Skript zur Vorlesung
- [60] SCHÖNEBURG R.: *Passive Safety the Influence of new Legislation and Rating Systems on Vehicle Development*. In: *1st Sicherheit im Automobil* (2001)
- [61] STAHLINFORMATIONSZENTRUM: *Stahlsorten für oberflächenveredeltes Feinblech*. Mitglieder der Stahlinformationsgruppe, 2006. – Merkblatt 109
- [62] STRECKO F.: *Blechwerkzeuge Konstruktionsauslegung - Konstruieren von Blechteilen*. 2009. – MAGNA-COSMO-International Schulungsunterlage
- [63] T., Schröder: *Ausgekochter Stahl für das Auto von morgen*. 2006. – Seite 36–41 S.
- [64] TECKLENBURG G.: *Fahrzeigtüren und Klappen*. In: *Haus der Technik* 1 (2008). – Seminar
- [65] THYSSEN KRUPP STAHL: *Türenbenchmark 2006-Analyse, Bewertung, Ergebnisse*. ThyssenKrupp, 2006
- [66] THYSSENKRUPP STAHL: *Höherfester Stahl im Automobil Leichtbau*. [www.thyssenkrupp-stahl](http://www.thyssenkrupp-stahl.com). – 1995
- [67] THYSSENKRUPP STAHL: *ThyssenKrupp techforum*. ThyssenKrupp AG, 2004
- [68] U., Braess H. ; S.: *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. Vieweg Verlagsgesellschaft, 2007
- [69] ULSAC(HRSG.): *Ultraleichte Automobil-Anbauteile aus Stahl*. In: *ULSAC* 1 (2000), S. 10

- [70] W., Kolleck R.; W.: *Grundlagen der Blechumformung - Simulation*. 2009. – Interne Schulung der Magna Steyr Fahrzeugtechnik Mitarbeiter

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Explosionszeichnung einer Tür [6] . . . . .	4
2.2	Verwendete Verstärkungsbleche . . . . .	5
2.3	Der als Tailored Blank ausgeführte Türrohbau des E83 . . . . .	6
2.4	Profilbauweise [38] . . . . .	6
2.5	Rahmenlose Tür und Rahmentür [64] . . . . .	7
2.6	Integrierte Rahmen u. Steckrahmen [64] . . . . .	8
2.7	Aufgelegte und eingeschnittene Tür Golf 4 und Golf 1 [64] . . . . .	9
2.8	Schnitt durch eine aufgelegte und eine eingeschnittene Tür [38] . . . . .	9
2.9	Schiebe- und Rotationstür [3] . . . . .	10
2.10	Innen- und außenliegende Scharnierachse [64] . . . . .	11
2.11	Eindrehende und aushebende Türkinematik [64] . . . . .	12
2.12	Blech- und Profilscharnier [64] . . . . .	12
2.13	Schmiede- und Gusscharnier [64] . . . . .	12
2.14	Scharnier ohne und mit Türbremse [64] . . . . .	13
2.15	Stufenlose und gestufte Türbremse [64] . . . . .	13
2.16	Zugmittelgetriebe [53] . . . . .	14
2.17	Einbausituation eines Ein- bzw. Zweischiensystems [64] . . . . .	14
2.18	Schließsystem E83 [45] . . . . .	15
2.19	Dichtungen in der E83 Seitentür [45] . . . . .	16
2.20	Dichtungskonzept mit zwei und drei Dichtlinien [64] . . . . .	17
3.1	BH-Effekt [53] . . . . .	23
3.2	Höherfeste Stähle [53] . . . . .	24
3.3	Kostenvergleichsstudie am Beispiel einer PKW Vordertür [35] . . . . .	27
3.4	VW Polo Türinnenblech [58] . . . . .	31
4.1	Prozesskette beim Tiefziehen [70] . . . . .	33
4.2	Aufbau eines Tiefziehwerkzeugs [53] . . . . .	34
4.3	Spannungs-Dehnungs-Diagramm nach EN 10002 [51] . . . . .	35
4.4	Schematische Darstellung von $R$ und $R_{\min}$ [62] . . . . .	38
4.5	Festlegung der Ziehrichtung bei einem Türinnenblech [62] . . . . .	39
4.6	Umformsimulation von ThyssenKrupp-Stahl [62] . . . . .	39

4.7	Schematische Darstellung des Voll-Vorwärts-Strangpressens [33]	41
4.8	Verfahrensablauf beim Strangpressen [33]	41
4.9	Werkzeug zum Rollformen [33]	42
4.10	Umformstufen beim Rollformen [54]	42
5.1	Schematische Darstellung der Klebeart am E83-Türrohbau [50]	44
5.2	Definition einer Bördelflanschverbindung [50]	45
5.3	Herstellung eines Flachbördels [40]	46
5.4	Auslegung Flachbördel [50]	46
5.5	Auslegung offener Bördelecken mit Radius größer und kleiner 5 mm [50]	47
5.6	Auslegung Bördelauslauf [50]	47
5.7	Einfluss der Klebeschichtdicke auf die Zugscherfestigkeit [50]	48
5.8	Minimale Flanschbreiten für die Zweiblechschweißung [43]	49
5.9	Wärmeleitungs- und Tiefschweißverfahren [30]	50
5.10	Arten von Clinchverbindungen [44]	51
5.11	Aufbau und Prozess beim Clinchen [34]	52
5.12	Schematische Darstellung der Abmaße bei der Clinchverbindung [44]	52
5.13	Schematische Darstellung von einem Voll- und einem Hohlriet [34]	53
5.14	Aufbau und Prozessablauf beim Stanznieten mit Hohlriet [34]	54
5.15	Schematische Darstellung der Abmaße bei einer Stanzverbindung [49]	54
6.1	Gesamtfahrzeugpackage [53]	56
6.2	Garagenmaß [26]	57
6.3	Einstiegshöhe (H50) u. Schwellerhöhe (H130) [26]	58
6.4	Brüstungshöhe H25 [26]	58
6.5	Ellbogen- (W10) und Schulterfreiheit (W3) [26]	59
6.6	obere und seitliche Kopffreiheit [26]	59
6.7	Rundumsicht [26]	60
6.8	ECE-R 95 [55]	63
6.9	FMVSS 214 [55]	63
6.10	Statischer Dacheindruckversuch nach FMVSS 216 [56]	63
6.11	Statischer Türeindruckversuch nach FMVSS 214 a [55]	64
6.12	Prüfung der Rahmensteifigkeit [64]	65
6.13	Prüfung der Beulsteifigkeit [64]	65
6.14	Prüfung der Türabsenkung [65]	66
6.15	Prüfung der Türüberdrückung [8]	66
7.1	Die Konzeptphase in der Türentwicklung	73
8.1	Vorgaben aus dem Strak	78
8.2	Fahrzeugkoordinatensystem und Konstruktionskoordinatensystem [53]	80

8.3	Die Schnittmappe bestehend aus 11 charakteristischen Schnitten . . . . .	81
8.4	Referenzschnitt im Bereich der A-Säule, Dichtung und des Türrahmens . . . . .	82
8.5	Packageschnitt im Bereich A-Säule, Dichtung und Türrahmen . . . . .	83
8.6	Konzeptschnitt im Bereich A-Säule, Dichtung und Türrahmen . . . . .	83
8.7	Darstellung der Vorgaben zur Scheibenabsenkung vgl. [64] . . . . .	85
8.8	Absicherung des Stylings der Scheibe nach Bauraumauslegung - linkes Bild aus [64]	86
8.9	Darstellung der Toleranzlagen im <i>Zk</i> Schnitt . . . . .	89
8.10	Darstellung des Packmaßes in Abhängigkeit von Scharnierabstand und Türaußen- hautkrümmung . . . . .	90
8.11	Kräfte am Türrohbau . . . . .	91
8.12	Darstellung der Scharnierachsenneigung in Abhängigkeit vom Vorzeichensinn . .	91
8.13	Darstellung des Freigangs im eingedrehten Zustand zur A-Säule oder zum Scharnier	92
8.14	Darstellung des Freigangs im eingedrehten Zustand zum Kotflügel, zur A-Säule oder zum Scharnier . . . . .	93
8.15	Bauteile und Aufbau des Scharnierschnittes 1 . . . . .	94
8.16	Auslegung des Schlossschnittes 2 . . . . .	95
8.17	Bauteile und Aufbau des Schlossschnittes 2 . . . . .	96
8.18	Anordnung der Rastvorrichtung in <i>Zk</i> Koordinatenrichtung am Beispiel des E83 .	98
8.19	Auslegung der Türbremse . . . . .	99
8.20	Bauteile und Aufbau des Türbremsenschnittes 3 . . . . .	100
8.21	A-Säulenschnitt 3 . . . . .	101
8.22	Packageschnitt 4 zur Untersuchung der Sichtverhältnisse im Bereich der A-Säule .	102
8.23	Aufbau des A-Säulenschnittes 5 . . . . .	103
8.24	Aufbau des Dachrahmenschnittes 6 . . . . .	105
8.25	Bauteile und Aufbau des Schwellerschnittes 7 . . . . .	106
8.26	Bauteile und Aufbau des B-Säulenschnittes 8 . . . . .	108
8.27	Benennung und Auslegung des B-Säulenschnittes 9 . . . . .	109
8.28	Bauteile und Aufbau des Brüstungsschnittes 10 . . . . .	110
8.29	Benennung und Auslegung des Spiegelfussschnittes 11 . . . . .	111
8.30	Benennung und Auslegung des Spiegelfussschnittes 12 . . . . .	112
9.1	Einflussgrößen auf die Türentwicklung . . . . .	126
9.2	Werkzeuge in der Türentwicklung . . . . .	127
9.3	Musterablauf der Konzeptphase in der Türentwicklung 1.1 . . . . .	128
9.4	Musterablauf der Konzeptphase in der Türentwicklung 1.2 . . . . .	129
9.5	Musterablauf der Konzeptphase in der Türentwicklung 1.3 . . . . .	130
9.6	Parameter für die Auslegung [25] . . . . .	131

# Tabellenverzeichnis

3.1	Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften von Metallen [53]	18
3.2	Vor- und Nachteile von Stahl [54]	19
3.3	Aufbau der Bezeichnung [9]	20
3.4	Materialkennwerte für weiche Stähle [9]	20
3.5	Bauteile aus weichen Stählen	20
3.6	Höherfeste Stähle [9]	21
3.7	Materialkennwerte für den Isentropen Stahl [12]	22
3.8	Bauteile aus Isentropen Stählen	22
3.9	Bauteile aus Isentropen-Ferritischen Stählen	22
3.10	Bauteile aus IF-Stählen [38]	23
3.11	Bauteile aus phosphorlegierte Stählen [38]	23
3.12	Bauteile aus mikrolegierten Stählen	24
3.13	Höchstfeste Stähle [9]	25
3.14	Bauteile aus MS-Stählen	26
3.15	Mechanische Eigenschaften von Aluminium und Stahl [54]	28
3.16	Zusammensetzung der Aluminium-Knetlegierung [46]	29
3.17	Legierungen für Innenbleche [47]	29
3.18	Legierungen für Außenhautteile [47]	29
4.1	Werkstoffkennwerte [66]	37
5.1	Kleberart und Einflüsse auf die Funktion des Bauteils [50]	44
5.2	Abmessungen bei der Auslegung einer Clinchverbindung [44]	53
5.3	Abmessungen bei der Auslegung einer Stanzverbindung [49]	55

## A Anhang

### Einflussgrößen der Konzeptphase in der Türentwicklung

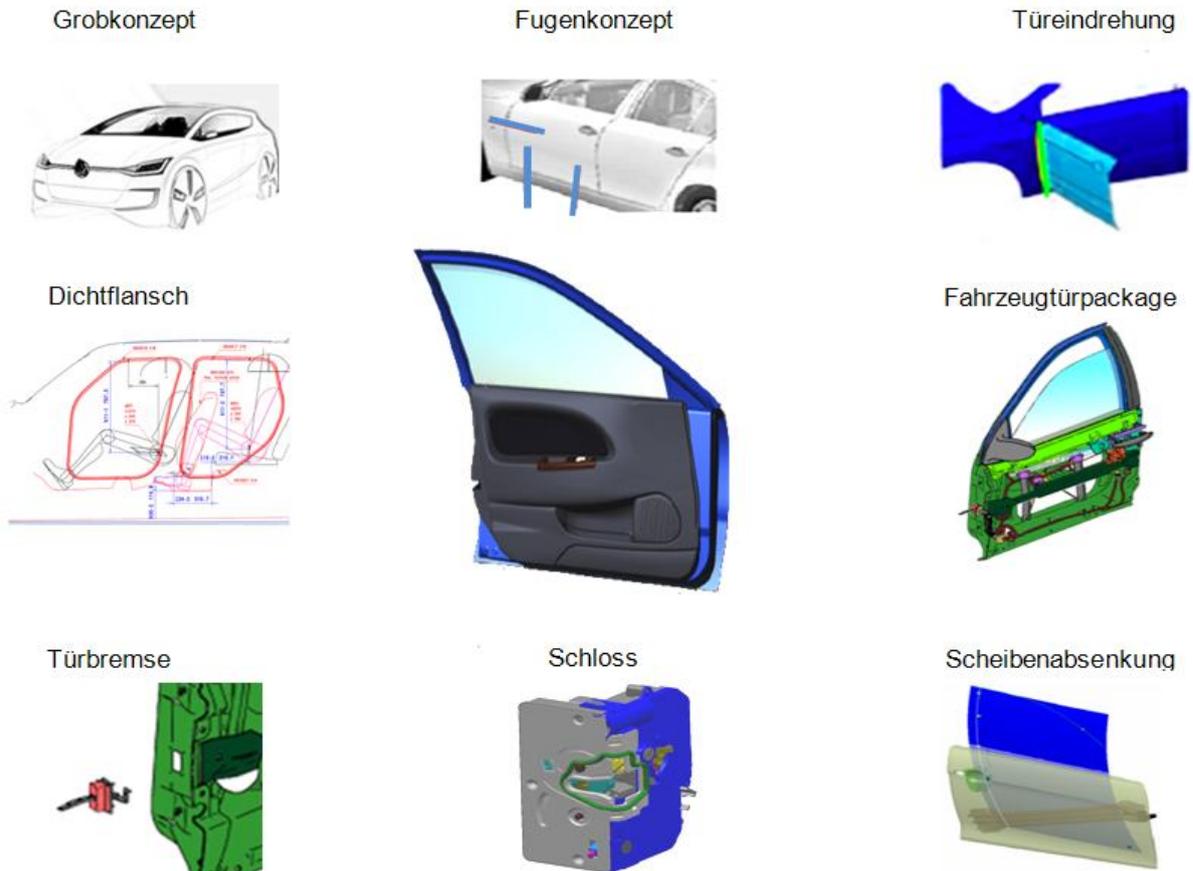


Abbildung 9.1: Einflussgrößen auf die Türentwicklung

### Werkzeuge der Konzeptphase in der Türentwicklung

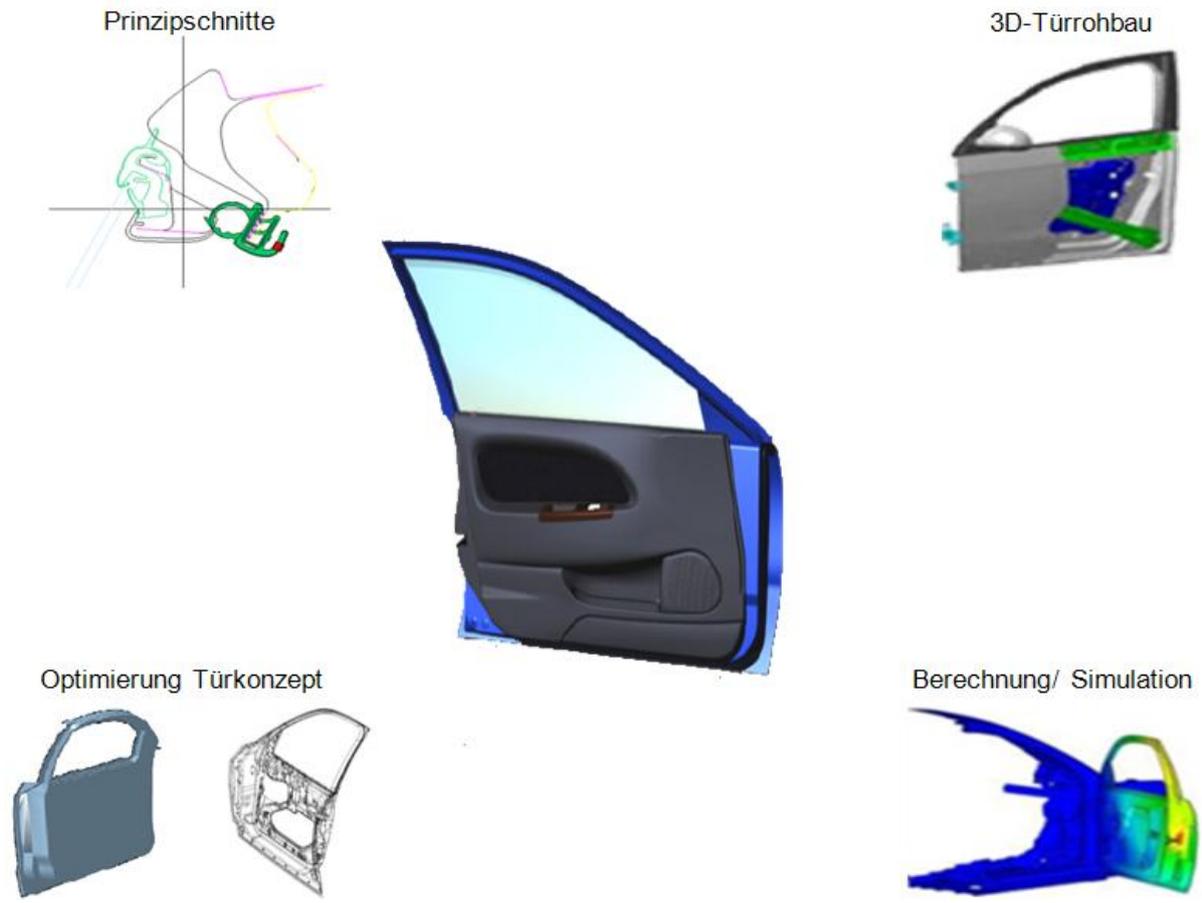


Abbildung 9.2: Werkzeuge in der Türentwicklung

## Musterablauf der Konzeptphase in der Türentwicklung

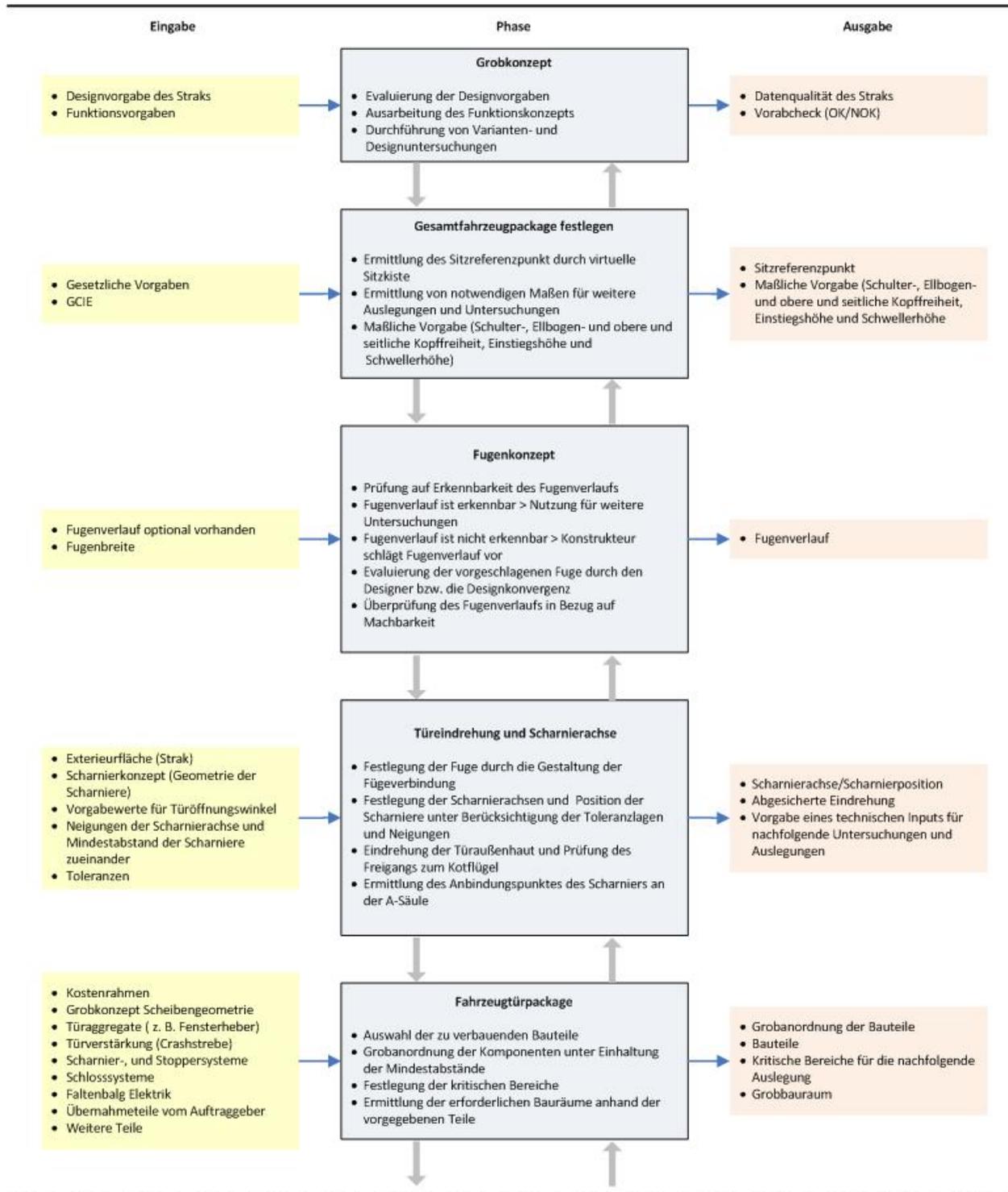


Abbildung 9.3: Musterablauf der Konzeptphase in der Türentwicklung 1.1

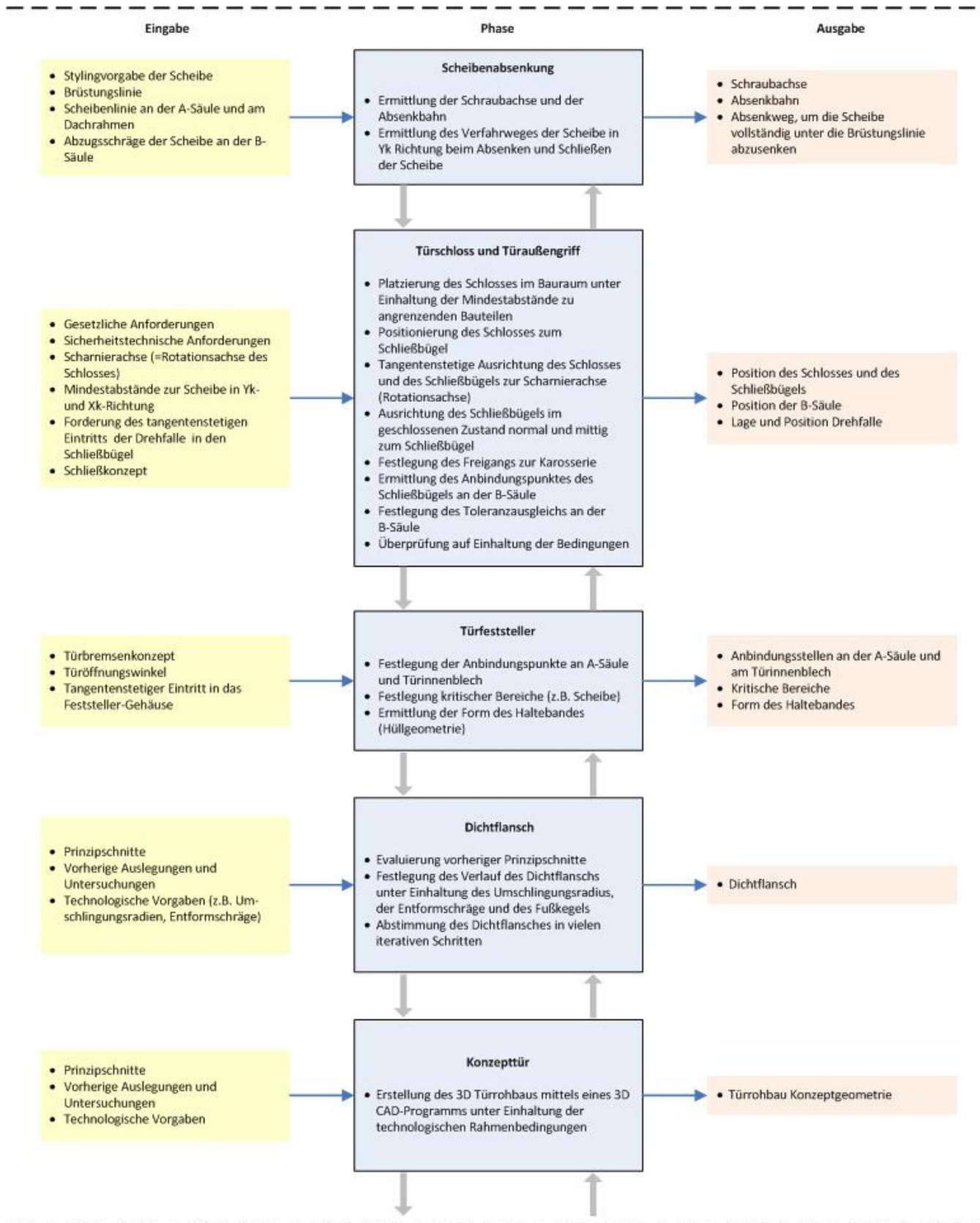


Abbildung 9.4: Musterablauf der Konzeptphase in der Türenentwicklung 1.2

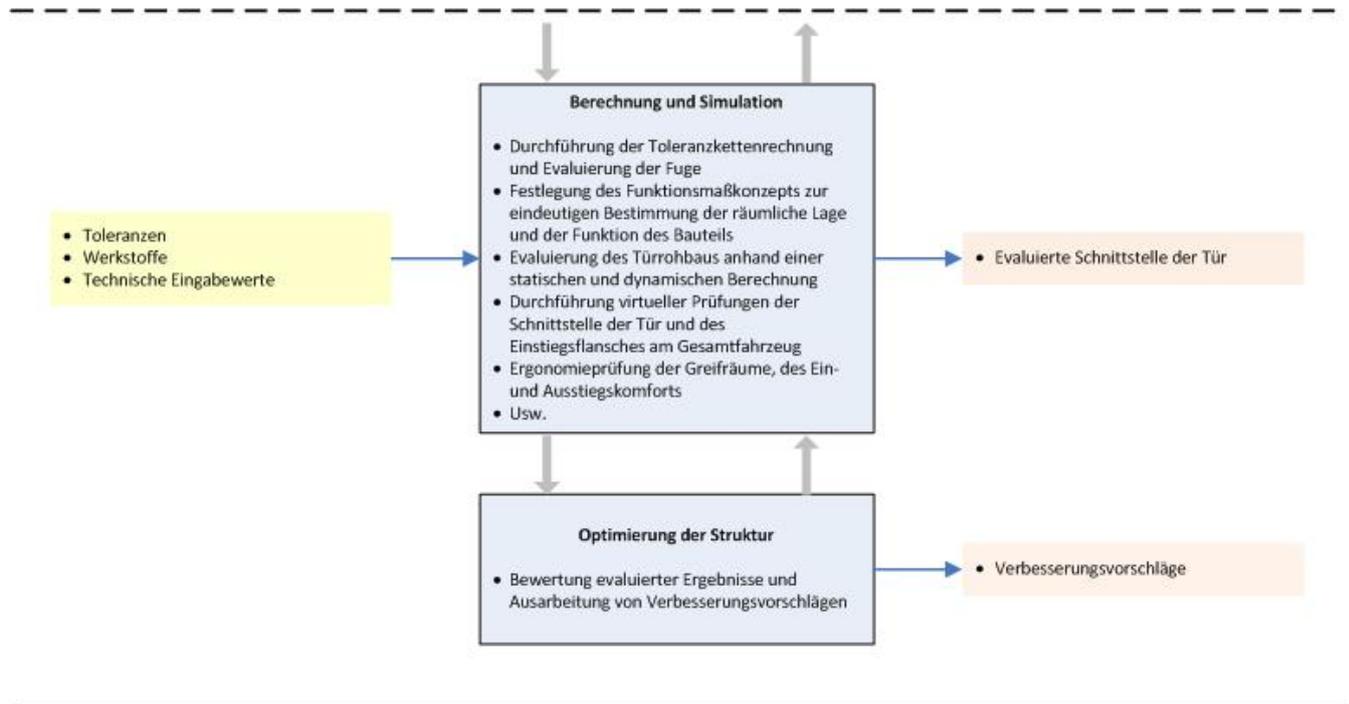


Abbildung 9.5: Musterablauf der Konzeptphase in der Türentwicklung 1.3

## B Anhang

### Funktionelle Auslegung eines Dichtflansches

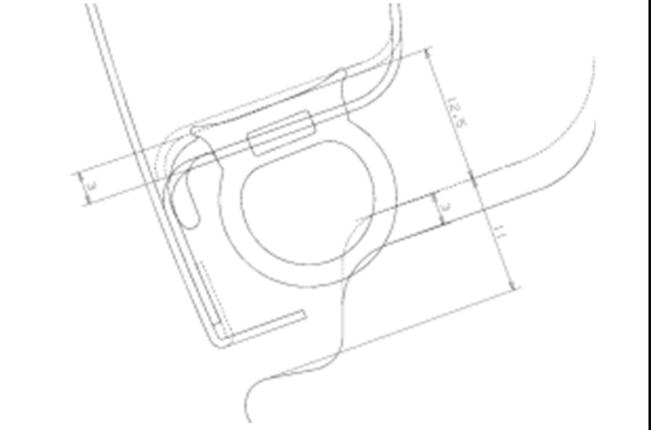
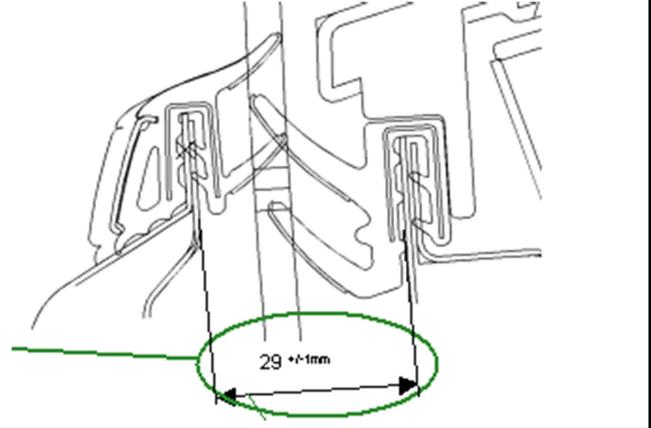
<p><b><u>Dichtspalt Türdichtung:</u></b> ca. 15 bis 16 mm (12 selten)</p>	 <p>Technical drawing of a door seal assembly. Labels include: 'bannier', 'inner trim door', 'tolerance Y=+2/-1', '105°', '16.4', '5.5', '109.8', '25.7', 'rubber', and 'water hole'.</p>
<p><b><u>Dichtspalt Schweller-</u></b> <b><u>dichtung:</u></b> ca. 12 bis 13,5 mm</p>	 <p>Technical drawing of a sill seal assembly. Dimensions shown are 12.5 and 1.1.</p>
<p><b><u>Schachtmaß Karosserie-</u></b> <b><u>dichtung</u></b> ca. 28-29 mm</p>	 <p>Technical drawing of a car body seal assembly. A dimension of 29 ±1mm is highlighted with a green circle and arrow.</p>

Abbildung 9.6: Parameter für die Auslegung [25]

## **Sperrvermerk**

Die vorliegende Diplomarbeit unterliegt der Geheimhaltungspflicht bis 2012.