

Diplomarbeit

N r . : M B K / 2 0 / 2 0 1 2

Entwicklung eines Türöffnungskonzeptes für einen Oberklassewagen mit konstruktiver Untersuchung

eingereicht im

Fachbereich Maschinenbau und Kraftfahrzeugtechnik der Westsächsischen
Hochschule Zwickau (FH)

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

Diplomingenieurs (FH)

vorgelegt von: cand. Ing.

Biermann, Philipp

geb. am 04.04.1986

Studiengang Maschinenbau

Studienschwerpunkt Maschinenkonstruktion

Auftraggeber:

FES GmbH Fahrzeug- Entwicklung Sachsen

Ausgegeben von:

Dipl.- Ing. Dirk Aßmann, FES GmbH

Betreuer des Auftraggebers:

Dipl.- Ing. Jörg Schubert, FES GmbH

Betreuer der WHZ:

Prof. Dr. Lutz Nagel

Prof. Dr. Klaus Hähnel

Autorenreferat

Die vorliegende Arbeit soll in ihrer Gesamtheit einen Überblick über die Möglichkeiten eines neuen Türöffnungskonzeptes für einen Oberklassewagen liefern. Die Ergebnisse umfassen sowohl prinzipielle Betrachtung als auch konstruktive Lösungsansätze. Weiterhin steht eine Leichtbauvariante der Vordertür mit unterschiedlichen Verbindungsvarianten im Fokus.

Unter Berücksichtigung sicherheits- und gesetzlich relevanten Rahmenbedingungen werden mögliche Öffnungsprinzipien erarbeitet. Diese Öffnungskonzepte unterstanden vorerst einer Marktanalyse wie einer Patentrecherche. Desweiteren erfolgte eine Berechnung des Getriebefreiheitsgrades, um den Zwanglauf rechnerisch nachzuweisen. Im nächsten Schritt wurde ein konsequenter Leichtbau im Türbereich für zukünftige Oberklassemodelle erarbeitet, um mehrere Bauteile und Masse einzusparen. Hierzu wurden verschiedene Rohmaterialien verglichen, um den ökonomischsten Werkstoff zu finden. Anschließend erfolgte eine Untersuchung verschiedener Verbindungstechniken, um die optimalste Verknüpfungstechnik zwischen den erarbeiteten Bauteilen zu erhalten. Abschließend erfolgen eine kritische Auseinandersetzung mit den erarbeiteten Ergebnissen, sowie ein Ausblick auf weitere Arbeiten.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur angefertigt habe.

Wörtliche oder sinngemäße Wiedergaben aus veröffentlichtem oder unveröffentlichtem Schrifttum sind als solche gekennzeichnet. Diese Diplomarbeit lag keiner Prüfungskommission vor.

Zwickau, 02.05.2012

Philipp Biermann

Aufgabenstellung

Inhaltsverzeichnis

I Verzeichnis der Bilder	III
II Verzeichnis der Tafeln.....	V
III Verzeichnis der Anlagen.....	VI
IV Kurzzeichenverzeichnis	VII
V Abkürzungsverzeichnis	IX
Vorwort	
1 Einleitung	1
2 Situationsanalyse	2
2.1 Grundlegende Türöffnungsvarianten	3
2.2 Einstiegskonzepte in ein Fahrzeug	6
2.3 Marktanalyse und Patentrecherche	7
2.4 Analyse Hauptkriterien der Türkonstruktion	10
3 Randbedingungen für das Entwerfen einer Tür für einen PKW.....	15
3.1 Grundlagen des Gesetzgebers	15
3.2 Untersuchungen des Seitenaufpralls bei Fahrzeugen	16
3.2.1 Amerikanische und Europäische Seitenaufpralltests	17
3.3 Zulässige Verankerungen des Sicherheitsgurtes.....	19
3.4 Richtlinien zur Einschränkung des Sichtfeldes.....	20
4 Auswertung der Konstruktionskarosserie	22
4.1 Einschätzungen des Bauraumes	22
4.2 Änderungen am Vorläufer Audi A8	23
5 Erarbeitung neuer Einstiegskonzepte	25
5.1 Definitionen der Führungselemente	26
5.2 Anforderungen und Lastenheft der Konstruktion.....	27
5.3 Erarbeitung Einstiegskonzepte	31

5.3.1 Variante 1: Abgleittür über ein einteiliges Scharniersystem	32
5.3.2 Variante 2: Abgleittür über ein zweiteiliges Scharniersystem.....	35
5.3.3 Variante 3: Gegenläufig öffnende Parallelogrammtür	39
5.4 Auswertung der Varianten.....	42
5.5 Zwanglauf und Getriebefreiheitsgrad	44
6 Erarbeitung Leichtbaukonzept Vordertür.....	47
6.1 Notwendigkeit des Leichtbaus und Materialvergleich	47
6.1.1 Aufbau des CFK- Gewebes	51
6.2 Leichtbauvarianten der Vordertür.....	52
6.3 Verbindungsvarianten Al mit CFK	66
6.3.1 Verbindungsstellen der CFK- und Aluminiumkonstruktion	73
7 Schlussbetrachtung.....	74
7.1 Konstruktionskritik und Fazit	74
7.2 Zusammenfassung und Ausblick	75
Quellenverzeichnis	78
Anlagen.....	A-1

I Verzeichnis der Bilder

Bild	Titel	Seite
Bild 1:	BMW Z1 mit versenkbarer Tür [1]	3
Bild 2:	Hauptvertreter der Türöffnungsmechanismen	4
Bild 3:	Schwenktür [10]	4
Bild 4:	Schiebetür [10]	5
Bild 5:	Flügeltür [10]	5
Bild 6:	Abgleittür [10]	6
Bild 7:	Pininfarina Sintesi [5]	7
Bild 8:	Honda WOW [6]	8
Bild 9:	Mazda RX 8 [7]	8
Bild 10:	Mercedes f800 [8]	8
Bild 11:	Yo- Auto [9]	9
Bild 12:	Türschloss nach EWG- Richtlinie 70/387 [13, S. 2510/5]	16
Bild 13:	Seitenaufpralltests Europa und Amerika [14, S. 6]	18
Bild 14:	Sicherheitsgurtsysteme Volkswagen [16, S. 171]	20
Bild 15:	Sichtstrahlen in der Drauf- und Seitenansicht [17, S. 8]	21
Bild 16:	Audi A8 mit Schwenktür [18]	22
Bild 17:	Außenhaut mit Vorder- und Hintertür	23
Bild 18:	Schwenktürscharniersysteme [17, S. 288]	24
Bild 19:	Funktionsprinzip Abgleittür über einteiliges Scharnier	33
Bild 20:	Führungssystem Abgleittür einteilig	35
Bild 21:	Funktionsprinzip Abgleittür über zweiteiliges Scharnier	36
Bild 22:	Tür aufgeklappt	37
Bild 23:	Führungssystem Abgleittür zweiteilig	38
Bild 24:	Funktionsprinzip gegenläufig öffnende Parallelogrammtür	39
Bild 25:	Führungssystem Parallelogrammtür	41
Bild 26:	Anforderungen der Türöffnungsmechanismen	42
Bild 27:	Kinematikschema der Variante 1	45
Bild 28:	Kraftaufnahme einer Lage [23]	52
Bild 29:	Leinwandbindung [22, S. 2]	52

Bild 30: Türscharnierkonstruktion Vordertür	53
Bild 31: Karosseriescharnierkonstruktion Vordertür	54
Bild 32: untere Scharnierversteifung Vordertür	55
Bild 33: Mutter mit Aluminiumblech	56
Bild 34: Strangpressprofilunterlage Vordertür	57
Bild 35: obere Scharnierversteifung Vordertür	58
Bild 36: Stringerversteiften Paneelen in Nähetechnik [22, S. 14]	59
Bild 37: Befestigung CFK- Konstruktion Vordertür	60
Bild 38: Türsäule Vordertür	61
Bild 39: Herstellung der CFK- Säule [24, S. 55]	62
Bild 40: Schienenverbindung beider Türteile	63
Bild 41: Verbindungsvariante Klebverbindung	67
Bild 42: Verbindungsvariante Nietverbindung	68
Bild 43: Verbindungsvariante Innenhochdruckfügen	69
Bild 44: Fügeprinzip Innenhochdruckfügen [25, S. 841]	69
Bild 45: Fügeprinzip Stanznieten [25, S. 749]	70
Bild 46: Schliffbild Stanznieten [25, S. 752]	70
Bild 47: Fügeprinzip Blindnieten [25, S. 763]	71
Bild 48: Schliffbild Hochgeschwindigkeitsbolzen [25, S. 810]	71
Bild 49: Fügewerkzeug Hochgeschwindigkeitsbolzen [25, S. 818]	72
Bild 50: Beispiel Hochgeschwindigkeitsbolzen Setzung [25, S. 822]	72
Bild 51: untere Verbindungsstelle	73
Bild 52: obere Verbindungsstelle	73

II Verzeichnis der Tafeln

Tafel	Titel	Seite
Tafel 1:	Ausschnitt vorhandener Schutzrechte.....	10
Tafel 2:	Bewertungsmatrix unterschiedlicher Türöffnungsmechanismen zu Kriterien der Türkonstruktion.....	13
Tafel 3:	Lastenheft für einen Türverbund an einem PKW	30
Tafel 4:	Materialeigenschaften Magnesium.....	49
Tafel 5:	Materialeigenschaften Titan	49
Tafel 6:	Materialeigenschaften GFK.....	50
Tafel 7:	Materialeigenschaften CFK.....	50
Tafel 8:	Überblick der CFK- Masseverteilung.....	65
Tafel 9:	Überblick der GFK- Masseverteilung.....	66

III Verzeichnis der Anlagen

Anlage	Titel	Seite
Anlage 1:	Gebrauchsmusterschrift DE 000009321411 U1	A-2
Anlage 2:	Offenlegungsschrift DE 000010130313 A1	A-3
Anlage 3:	Patentschrift DE 000019958746 B4	A-4
Anlage 4:	Patentschrift DE 102007010690 B4	A-5
Anlage 5:	Patentschrift EP 000002224082 A1	A-6
Anlage 6:	Patentschrift EP 000002281987 A1	A-7
Anlage 7:	Patentschrift EP 000002302155 A1	A-8
Anlage 8:	Patentschrift EP 000002330266 A1	A-9
Anlage 9:	Patentschrift EP 000002333205 A1	A-10
Anlage 10:	Patentschrift EP 000002397352 A1	A-11
Anlage 11:	Auszug EWG- Richtlinie 80/720	A-12
Anlage 12:	Auszug §35e	A-14
Anlage 13:	Auszug EWG- Richtlinie 70/387	A-15
Anlage 14:	Auszug EWG- Richtlinie 76/115	A-17
Anlage 15:	Auszug EWG- Richtlinie 77/649	A-18

IV Kurzzeichenverzeichnis

Kurzzeichen	Einheit	Bedeutung
b	-	Einzelfreiheiten des Gliedes
n	-	Anzahl der Glieder
f	-	Getriebefreiheitsgrade
u	-	Unfreiheiten
F	-	Getriebefreiheitsgrad
g	-	Anzahl der Gelenke
m	kg	Masse
V	m^3	Volumen
ρ	$\frac{kg}{m^3}$	Dichte
ρ_{CFK}	$\frac{kg}{m^3}$	Dichte der CFK- Fasern
ρ_{PA66}	$\frac{kg}{m^3}$	Dichte der PA66 Matrix
$V_{Scharnier-Tür}$	m^3	Volumen des Türscharniers
$m_{Scharnier-Tür}$	kg	Masse des Türscharniers
$V_{Scharnier-Kar}$	m^3	Volumen des Karosseriescharniers
$m_{Scharnier-Kar}$	m^3	Masse des Karosseriescharniers
$V_{Verstei-unten}$	m^3	Volumen der Versteifung unten
$m_{Verstei-unten}$	kg	Masse der unteren CFK- Versteifung
$V_{Unterlage}$	m^3	Volumen der CFK- Unterlage
$m_{Unterlage}$	kg	Masse der CFK- Unterlage
$V_{Verstei-oben}$	m^3	Volumen der Versteifung oben
$m_{Verstei-oben}$	kg	Masse der oberen CFK- Versteifung
$V_{Befestigung}$	m^3	Volumen des Befestigungsteils
$m_{Befestigung}$	kg	Masse des Befestigungsteils
ρ_{Alu}	$\frac{kg}{m^3}$	Dichte von Aluminium
$V_{Alusäule}$	m^3	Volumen der Aluminiumsäule
$V_{CFK-Säule}$	m^3	Volumen der CFK- Säule
$m_{CFK-Säule}$	kg	Masse der CFK- Säule

V_{Schiene}	m^3	Volumen der Schiene
m_{Schiene}	kg	Masse der Schiene
ρ_{GFK}	$\frac{\text{kg}}{m^3}$	Dichte von GFK

V Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
Audi AG	Audi Aktiengesellschaft
WHZ	Westsächsische Hochschule Zwickau
PKW	Personenkraftwagen
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
ECE	Economic Commission for Europe – Wirtschaftskommission für Europa
EG	Europäische Gemeinschaft
StVZO	Straßenverkehrs- Zulassungsordnung
VDI	Verband Deutscher Ingenieure
UN	United Nations- Vereinte Nationen
FEM	Finite- Elemente- Methode
FES	Fahrzeug- Entwicklung Sachsen
DIN	Deutsche Industrie Norm
VDE	Verband der Elektronik
EN	Europäische Norm
ISO	Internationalen Organisation für Normung
H- Punkt	Hüft Punkt
R- Punkt	Sitz Referenz Punkt
CATIA V5 R19	Computer Aided Three- Dimensional Interactive Application Version 5 Release 19
Kfz	Kraftfahrzeug
E- Modul	Elastizitätsmodul
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
CFK	Kohlenstoffverstärkter Kunststoff
C- Faser	Carbon- Faser
PA 66	Polyamid 66
Al	Aluminium
FVK	Faserverbundkunststoff

Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit entstand in der Zeit von September 2012 bis Januar 2013 in der Abteilung Karosseriekonstruktion der Firma Fahrzeug- Entwicklung Sachsen GmbH. Die Bearbeitung des Themas erfolgte in Kooperation mit der Abteilung Entwicklung Karosseriebau der Audi AG. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse, speziell der Entwicklung von Lösungsprinzipien und konstruktiven Ansätzen, wird darum gebeten, den Inhalt vertraulich zu behandeln.

Besonderer Dank gilt an dieser Stelle den Betreuern von Seiten der Fahrzeug-Entwicklung Sachsen GmbH, Herrn Dipl.-Ing. Jörg Schubert für die konstruktive Unterstützung und Herrn Dirk Aßmann für die Bereitstellung des Themas.

Weiterhin möchte ich den Betreuern von Seiten der WHZ, Herrn Prof. Dr.-Ing. Lutz Nagel und Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaus Hähnel, für die fachliche Unterstützung danken.

1 Einleitung

Die Fahrzeuge der heutigen Zeit werden immer größer. Dadurch erfolgt eine Zunahme der Fahrzeugabmessungen am Automobil. Bei den bleibenden konstanten Verkehrsräumen kann dies zu Problemen führen. Weiterhin ist zu beobachten, dass der Verkehr auf unseren Straßen deutlich anwächst und dadurch die Räume für die voluminöseren Fahrzeuge deutlich eingeschränkt wird.

Gründe für größer bauende Autos können vielseitig sein. Der Kunde verlangt nach größerem Komfort, besseres Design, höhere Sicherheit und mehr technische Unterstützung im Fahralltag. Damit auch weiterhin die Bedürfnisse der Kunden erfüllt werden. Müssen Lösungen gefunden werden, damit die größeren Fahrzeugkomponenten in die konstanten Verkehrsräume besser integrieren zu können. Es müssen neue Mechanismen und Konstruktionen entwickelt werden.

Der Leichtbau der Fahrzeuge muss trotz größerer Automobile gewährleistet sein, denn das ist in der heutigen Zeit ein bedeutendes Thema. Der Leichtbau senkt den Kraftstoffverbrauch und schont somit die Umwelt und die Unterhaltskosten des Kunden. Leichtbau wird erzielt durch intelligenteren Konstruktionen und leichtere Werkstoffe.

Die beweglichen Teile am Auto können durch ausgeklügelte Mechanismen optimiert werden. Beispielsweise können Motorhaube, Kofferraumklappe und Türen durch neue Öffnungsmechanismen verbessert werden, um den Verkehrsraum weniger zu beanspruchen.

Das Ziel dieser von FES GmbH ausgegebenen Diplomarbeit ist es, mittels neuer Türöffnungsmechanismen von Oberklassewagen den Verkehrsraum zu schonen. Es werden verschiedene Türöffnungskonzepte untersucht und durch ein Ranking das bestmögliche Konzept ausgewählt. Schwerpunkte werden auf den Leichtbau, Einstiegsraum in das Fahrzeug, Kosten, geringste Verkehrsraumausnutzung und Design der Einstiegskonzepte gelegt.

2 Situationsanalyse

Es gibt eine große Auswahl von unterschiedlichen Öffnungsmechanismen von Türen am Automobil. Die Schwenk- und Schiebetüren haben sich in der industriellen Fertigung aufgrund der einfachen, kostengünstigen Konstruktionen und der einfachen Bedienung durchgesetzt. In einigen Nischen der Fahrzeugindustrie sind auch spezielle Öffnungsmechanismen zu finden, wie zum Beispiel die Flügeltür in Sportfahrzeugen. Diese außergewöhnlichen Fahrzeugtüren sind meist im Fahrsport zu finden. Denn durch die höheren Kosten und komplizierteren Öffnungs- und Schließmechanismen bleiben diese Varianten den Alltagsfahrern schwer zugänglich.

Es besteht die Notwendigkeit über neue, bessere Öffnungs- und Schließmechanismen nachdenken, um günstigere, ansehnlicheres Design, leichtere und komfortablere Türen zu bauen. Als erster Schritt wird eine Patent-, wie Markuntersuchung durchgeführt, um sich einen Überblick zu verschaffen, welche Arten von Türen, wie Öffnungs- und Schließmechanismen bereits konstruiert worden sind. Es soll versucht werden neue Möglichkeiten zu entwickeln und den Weg einer Weiterentwicklung konsequent weiter zu verfolgen. **Bei neuen Flügeltüren am Kraftfahrzeug spielt das Design eine große Rolle, denn es beeinflusst den Luftwiderstand, wie das optische Empfinden des Kunden.** Die wichtigste Eigenschaft die ein Verschlussmechanismus besitzen sollte, liegt in der Bedienung, das heißt das Öffnen und Schließen durch den Kunden. Sie sollte so einfach und bequemlich wie möglich ausfallen. Weiterhin sind die gesetzlichen Bestimmungen zum Insassenschutz bei der Kraftfahrzeugtür einzuhalten. Ein weiterer wichtiger Punkt sind die Dichtungssysteme, es darf keine Feuchtigkeit in das Auto gelangen und die Richtlinien zur Dichtheit müssen eingehalten werden.

Es wird weiterhin nach neuen Schließ- und Öffnungsmechanismen am Automobil geforscht, mittlerweile gibt es eine sehr große Vielzahl an Varianten von Kraftfahrzeugtüren und deren Bewegungsarten. Im folgenden Bild kann man eine Variante solch einer neuen Tür sehen.



Bild 1: BMW Z1 mit versenkbarer Tür [1]

2.1 Grundlegende Türöffnungsvarianten

Die Bewegung einer Tür kann entweder durch Rotation oder Translation erfolgen. Durch diese Bewegungsformen unterscheiden sich diverse Türöffnungsmechanismen. Die Bewegungsformen können auch zusammen in einem Prinzip erfolgen, diese Kombination ist aber als Sonderform anzusehen. Die wohl bekannteste Öffnungsform ist die Schwenktür. Sie führt eine Rotation aus, relativ zur Karosserie. Die Rotation erfolgt um die Achse der Scharniere, die sich vorn oder hinten zur Fahrtrichtung an der Türöffnung befinden. Die Scharniere sind parallel zueinander angeordnet. Der Verschluss der Tür befindet sich am hinteren oder vorderen Ende der Türöffnung und ist mittig angeordnet, um eine benutzerfreundliche Öffnung der Tür zu gewährleisten.

Eine weitere Form sind die Schiebetüren, diese werden über eine Translation über Schienen geführt. Die Schienen befinden sich seitlich am PKW und bestehen mindestens aus zwei Stück. Sonderformen der Öffnungsmechanismen sind beispielsweise Drehtüren und Abgleittüren. Drehtüren lassen sich nach vorn zur Fahrtrichtung kippen. Die Abgleittür ist ein Beispiel für eine kombinierte Bewegungsform von Schiebe- und Schwenkvorgang. Die kombinierte Form wird über ein Mehrgelenkscharnier realisiert. Diese Sonderformen sind durch ihre komplexen Bewegungsformen selten am Fahrzeug zu finden. Im folgenden Bild werden die beschriebenen Öffnungsmechanismen gezeigt.



a) Schwenktür [2]



b) Schiebetür [3]



c) Drehtür [2]



d) Abgleittür [4]

Bild 2: Hauptvertreter der Türöffnungsmechanismen

Die Schwenktür ist durch die einfache Konstruktion und bequeme Handhabung die am meisten verbreitete Variante der Öffnungsmechanismen (vgl. Bild 3). Beim Öffnen rotiert die Tür um die z-achse in den Scharnieren. Durch die einfachen zwei Scharniere und dem einfachen Schnappverschluss ist diese Konstruktion auch sehr günstig. Nachteilig an dieser Version ist die große Raumausnutzung in y-Richtung, was in Parksituationen beim Aussteigen zu Problemen führen kann. Das ist auch der Grund warum nach besseren Öffnungsmechanismen gesucht wird und es eine große Auswahl an Varianten gibt. Weiterhin ist bei der Konstruktion zu beachten, dass die Scharniere von Schwenktüren bei Kraftfahrzeugen auf den in Fahrtrichtung vorn liegenden Seiten der Türen angebracht sein müssen. Dies ist in der EWG 70/387 laut Gesetz so festgelegt.

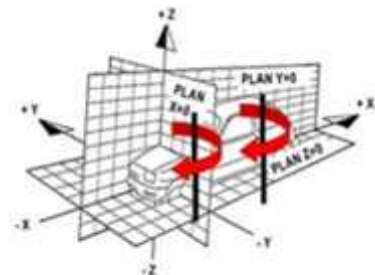


Bild 3: Schwenktür [10]

Die Schiebetür hingegen besitzt in der Parksituation einen bedeutenden Vorteil, denn sie nimmt sehr wenig Platz in y-Richtung ein und senkt die Kontaktgefahr mit anderen Autos (vgl. Bild 4). Nachteilig hingegen entsteht durch die Gleitkörper in den Schienen eine größere Toleranz und ein höherer Verschleiß entsteht. Auch die Rollgeräusche können störend wirken. Ein

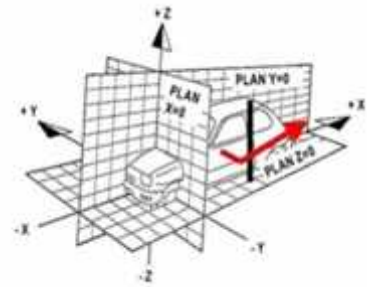


Bild 4: Schiebetür [10]

weiterer Nachteil sind die Schienen in der Seitenwand, denn sie sind ein Störfaktor im Designbild, weil sie genau mittig an der Außenhaut angebracht werden. Die Führungsleisten sind breit und brauchen somit Platz im Blech, wodurch die Seitenwand breiter als gewöhnlich gebaut werden muss. Schiebetüren finden große Anwendung bei den Transportern, denn Transporter benötigen keine höheren Standards, da zählt mehr der Nutzfaktor als der Designfaktor.

Eine Kombination aus Schwenk- und Schiebetür ist die Parallelogrammtür. Beim Öffnen dieser Tür wird über ein Viergelenkscharnier die Tür über eine halbkreisförmige Rotationsbahn geführt. Durch die Kombination aus Drehung und Schiebung wird eine ruhigere Laufbahn erzielt als bei den Schiebetüren. Ein weiterer Vorteil besteht im bleibenden Design der Außenhaut und eine Freiheit bei der Gestaltung. Nachteile hingegen ergeben sich bei dieser Konstruktion, erhöhte Kosten durch die komplexe Mechanik.

Eine weitere Sonderbauweise, wie die Parallelogrammtür, ist die Flügeltür (vgl. Bild 5). Sie findet hauptsächlich Anwendung in den Sportwagen und ist somit ein Nischenprodukt. Die Tür rotiert parallel zur Achse der A- Säule. Ähnliches Konzept, neben der Flügeltür, ist noch die Schmetterlingstür. Ihre Türen besitzen eine

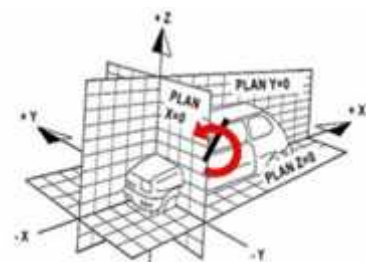


Bild 5: Flügeltür [10]

Drehachse um die x- Achse in Höhe des Dachrahmens. Durch diese Öffnungsprinzipie gehen die Türen über das Dach hinaus und nehmen somit viel Raum in z-Richtung ein. Dies kann zu Problemen in Parkhäusern oder Garagen führen. Beim Öffnen der Autotür nimmt diese viel Raum in y- und z-Richtung ein. Das Schließen der Tür im Fahrgastzelleninnenraum ist durch diese Mechanismen ebenfalls ein Problem.

Eine weitere Variante des Öffnens einer Tür basiert über die Führung eines Mehrgelenkscharniers. Durch Variation der kinematischen Abmessungen kann eine beliebige Öffnungsbewegung und Drehachse der Tür erzeugt werden. Allerdings erfordert das Mehrgelenkscharnier eine erhöhte Maßhaltigkeit der Lagerstellen sowie der bewegten Elemente. Dieses Konzept der Türöffnungsmechanismen nennt sich Abgleittür (vgl. Bild 6).

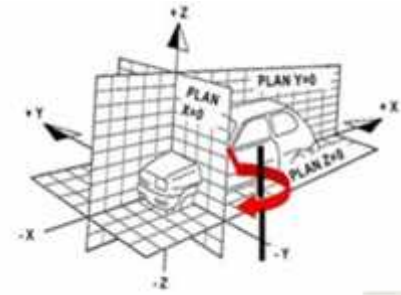


Bild 6: Abgleittür [10]

Neben den genannten Beispielen gibt es noch unzählige andere Türöffnungsmechanismen. Grund hierfür können unterschiedlichste Anforderungen und Gestaltungsformen der Türen sein. Daraus resultiert das die Konstruktion jeder Tür von den Anforderungen abhängt. Die Anforderungen an die Tür können unterschiedlichster Art sein. Beispielsweise ist Sicherheit, Design, Öffnen der Tür bei Crashverhalten, Bedienbarkeit der Tür, Kostengünstige Herstellbarkeit und Leichtbau zu nennen. Auch die gesetzlichen Forderungen einer Kraftfahrzeugtür muss erfüllt werden. Alle Öffnungsprinzipien erfolgen über Translation oder Rotation bzw. Kombination beider. Eine Unterscheidung erfolgt lediglich in der Anordnung der Drehachse und den kinematischen Abmessungen der Gelenke.

2.2 Einstiegskonzepte in ein Fahrzeug

Unter dem Begriff Einstiegskonzept ist der Zugang der Passagiere in das Fahrzeug als Primärfunktion anzusehen. Der Zugang in das Fahrzeug kann durch die Türverkleidung, Tür, Schweller, Sicherheitsgurt und Schließ- und Sicherungssystem gesteuert werden. Der Zugang in den PKW wird nicht nur durch die Öffnungsprinzipie beeinflusst, sondern auch durch Anzahl, Anordnung und Abmessungen der Türen am Fahrzeug. Im Straßenverkehr gibt es hauptsächlich Zwei- und Viertürer. Bei den Zweitürer sind die hauptsächlichsten Öffnungsprinzipie die Schwenktüren, Schiebetüren, Parallelogrammtüren und Flügeltüren. Die Viertürer haben die gleichen Konzepte, nur mit Gleich- oder Gegenlauf. Als weitere Variante gibt es noch die kombinierte Tür, sie vereint den Einstieg in die vordere und hintere Reihe in das Automobil. Beispielsweise kann hier die Schiebe- Schwenktür genannt werden. Die

unterschiedlichen Kombinationen von Öffnungsmechanismen lässt eine vielfältige Anzahl von Varianten zu und stützt das Design eines Fahrzeugs. Als Beispiel kann die Schwenktür genannt werden, denn sie kann an A- wie B- Säule befestigt werden und bestimmt so die Öffnungsrichtung der Tür, wie den Einstieg in das Fahrzeug. Bei den Anschlägen die die Öffnungsrichtung der Tür bestimmen, muss darauf geachtet werden dass die sicherheitsrelevanten Forderungen eingehalten werden.

2.3 Marktanalyse und Patentrecherche

Zur Entwicklung neuer konstruktiver Lösungen von Öffnungs- und Schließmechanismen wurde eine Marktanalyse und eine Patentrecherche durchgeführt. Hier wurde untersucht, ob diverse Varianten schon patentrechtlich geschützt sind und wie andere Fahrzeughersteller ähnlich technische Probleme gelöst haben. Nachfolgend werden verschiedene Öffnungsvarianten von verschiedenen Herstellern näher beleuchtet und ausgewertet. Da es sich um die Entwicklung eines Oberklassewagens handelt, werden die Türöffnungskonzepte von Autos betrachtet, die der oberen Preisklasse angehören. Das erste

Türöffnungskonzept ist von Pininfarina Sintesi (vgl. Bild 7). Bei diesem Konzept handelt es sich um ein Nischenprodukt, den Drehtüren. Nachteil bei diesen Türen ist der hohe in z-Richtung ausgelastete Raum. Dieser Fakt könnte problematisch bei Parksituationen in Parkhäusern sein.



Bild 7: Pininfarina Sintesi [5]

Ein weiterer Nachteil ist das Erreichen der

Tür aus dem Fahrzeuginnenraum. Vorteil hingegen ist die große Türöffnung mit fehlender B-Säule, was ein bequemes Ein- und Aussteigen aus dem Fahrzeug garantiert. Ein weiterer Vorteil ist die geringe Ausnutzung in y-Richtung, was in allgemeinen Parksituationen von Vorteil ist. Fazit zu dieser Variante: optisch gutes Design mit bequemen Einstieg, aber schlechte Erreichbarkeit der Tür aus dem Fahrgastzelleninnenraum.

Ein weiteres Türöffnungskonzept bietet der Honda WOW (vgl. Bild 8). Hier kommen die Abgleittüren zum Einsatz. Dieses neuartige Türkonzept lässt sich gegenläufig öffnen, was einen großen Einstiegsraum in das Fahrzeug gewährleistet. Vorteil hier ist wieder die geringe Raumausnutzung in y- Richtung was in Parksituationen positive Auswirkungen hat. Die optischen Nachteile der Führungsschiene werden durch neuartige Klappscharniere beseitigt. Auch die störenden Rollgeräusche wie beispielsweise bei Schiebetüren sind durch diese Konstruktion beseitigt worden.



Bild 8: Honda WOW [6]

Die nächste Variante bietet der Mazda RX 8 (vgl. Bild 9). Seine Türen sind Schwenktüren und öffnen sich wie beim Honda gegenläufig zueinander. Auch hier bietet, durch die fehlende B- Säule der Mazda eine große Öffnung in das Innere des Wagens. Diese Variante besitzt die gleichen Vor- und Nachteile, wie der typische Schwenktürmechanismus.



Bild 9: Mazda RX 8 [7]

Beim Konzept des Mercedes f800 (vgl. Bild 10) werden Schwenk- und Schiebetüren miteinander kombiniert, was ein höherwertiges Design bietet. Der Schwenkarm für die hintere Schiebetür ist an der C- Säule befestigt und gibt somit die Funktion der B- Säule ab und kann folglich weggelassen werden. Dadurch wird wieder ein großer Durchgangsraum geschaffen. Ein weiterer Komfortpunkt gibt es noch für die Schiebetüren, denn sie lassen sich elektrisch öffnen.



Bild 10: Mercedes f800 [8]

Das letzte Konzept ermöglicht die Firma ë-Concept mit seinem Yo- Auto (vgl. Bild 11). Hier ist eine sehr ausgefallene Variante zu erkennen. Es handelt sich hier um Schiebetüren, die sich schräg nach hinten öffnen lassen. Diese öffnen sich nicht seitlich am Auto vorbei, sondern sie schieben sich durch spezielle Schlitze in der Karosserie und erwecken in geöffneter Form den Eindruck von angelegten Flügeln eines Insekts, was ein neuartiges Design liefert. In diesem Mechanismus wird kein seitlicher Raum vom Fahrzeug eingenommen, was einen großen Vorteil bringt. Ein Nachteil hier ist die Ausnutzung des Raumes, oberhalb des Daches im geöffneten Türenzustand.



Bild 11: Yo- Auto [9]

Abschließend ist zu erkennen, der Markt kombiniert vorhandene Öffnungsmechanismen miteinander, um möglichst viele Vorteile heraus zu kristallisieren. Es wurde versucht, vorhandene Konzepte zu optimieren, beispielsweise die Schiebtür mit besseren Scharnieren auszustatten. Auch komplett neue Varianten präsentieren sich auf dem Markt.

Patentrecherche:

Bei jeder Neuentwicklung von konstruktiven Neuansätzen muss vorher ausgeschlossen werden, dass ähnliche Konzepte oder Lösungsansätze existieren. Somit besteht die Notwendigkeit einer Patentrecherche, die eine Patent-, Offenlegungs-, sowie Gebrauchsmusterschriften einbezieht. Die Patentrecherche ergab eine sehr große Vielfalt an geschütztem Material. Die Vielfalt ergibt sich aus den Öffnungsmechanismen und dem Zubehör, wie Scharniere und anderen. So kann nur ein Ausschnitt vorhandener Schutzrechte aufgezeigt werden. (vgl. Tabelle 1 sowie Anlagen 1 bis 10).

Tafel 1: Ausschnitt vorhandener Schutzrechte

Art des Schutzes	Veröffentlichungsnummer	Bezeichnung
Gebrauchsmusterschrift	DE000009321411U1	Schiebetür, insbesondere für Kraftfahrzeuge
Offenlegungsschrift	DE000010130313A1	Kraftfahrzeug mit Schiebetür
Patentschrift	DE000019958746B4	Schwenktür für ein Fahrzeug
Patentschrift	DE102007010690B4	Vorrichtung zur Anbindung eines Türmoduls an ein Innenblech einer Kraftfahrzeugtür
Patentschrift	EP000002224082A1	Öffnungs-/Schliessvorrichtung für eine Fahrzeugtür
Patentschrift	EP000002281987A1	Türverriegelungsvorrichtung für Fahrzeuge
Patentschrift	EP000002302155A1	Automatische Öffnungs- und Verschlussvorrichtung
Patentschrift	EP000002330266A1	Türverriegelungsvorrichtung
Patentschrift	EP000002333205A1	Öffnungs-/Schliessvorrichtung für eine Fahrzeugtür
Patentschrift	EP000002397352A1	Fahrzeugtürstruktur

2.4 Analyse Hauptkriterien der Türkonstruktion

Im folgenden Kapitel werden die bedeutsamsten Punkte erläutert, die für eine Kraftfahrzeugtürkonstruktion wichtig sind. Es sollte auch unbedingt auf die Kundenwünsche eingegangen werden, um die Tür im Fahrzeug danach auszulegen. Es ist unausweichlich darauf zu achten, dass bei den Oberklassewagen ein bequemer Einstieg mit einer funktionalen Tür gewährleistet ist. Auch ein entsprechendes Design sollte nicht vernachlässigt werden. Hierzu sind folgende Unterscheidungsmerkmale definiert, um ein kundenfreundliches Autotürkonzept zu entwickeln.

Größe des Einstiegsbereiches:

Das ausschlaggebende Kriterium ist die maximal freigegebene Türöffnung. Hier ist die beste Lösung ohne B- Säule zu konstruieren, um einen maximalen Freiraum zu gewährleisten, beispielsweise eine Schiebetür oder Mehrgelenktür ohne B- Säule. Diese Varianten bieten einen sehr hohen Freiraum zum Einstieg in das Fahrzeug. Es

ist dementsprechend wichtig auf die Größe und Zugänglichkeit des Einstiegsbereiches, wie auf die y- Auslenkung der Fahrzeurtür zu achten.

Design der Tür und ihrer Komponenten:

Das Thema Design ist heutzutage ein bedeutendes Kriterium, denn viele Kunden achten auf eine ansprechende Optik von Fahrzeugen und lassen sich dadurch zu einer Kaufentscheidung lenken. Störend für das Kraftfahrzeugtürdesign sind die Führungselemente der Einstiegskonzepte. Zum Beispiel die mittlere Führungsschiene einer Schiebetür, die sich auf der Außenhaut der Karosserie befindet und das Design nachteilig beeinflusst. Weiterhin sollte darauf geachtet werden, dass die Führungselemente vor Schmutz geschützt werden, denn dadurch erhöht sich der Verschleiß und eine höhere Geräuschkulisse entsteht.

Auslenkung in y- und z- Richtung:

Die Auslenkung der Autotür in y- und z- Richtung sollte minimiert werden, damit Probleme in Parksituationen vermieden werden können. In diesem Punkt schneidet die Schiebetür am besten ab.

Bedienkraft der Tür:

Die erforderliche benötigte Kraft zum Öffnen der Fahrzeurtür ist ebenfalls ein wichtiger Punkt. Hauptkriterium der Bedienkraft ist das Überwinden von Schlosskräften und Masse der Automobiltür beim Öffnen des Fahrzeugs.

Geräuschkulisse:

Die entstehenden Geräusche beim Öffnen und Schließen der Kraftfahrzeugtür sollten minimal sein, der optimalste Geräuschpegel einer Tür sollte bei null liegen. Abgleitende Elemente wie Wälzkörper in einer Schiene verursachen den größten Lärm.

Benötigter Bauraum und Auswirkung auf die Komponente im Fahrzeug:

Benötigter Bauraum am Fahrzeug für die Türkonstruktion muss auf die Führungsteile abgestimmt werden. Die Fahrzeurtürkonstruktion hat Einfluss auf die Maße der Kopf- und Fußfreiheit, wie die Führung des Sicherheitsgurtes. Die Integration der Führungselemente in die Karosserie muss mit berücksichtigt werden.

Fixier- und Verriegelungsaufwand:

Bei der Konstruktion sollte darauf geachtet werden, dass die Tür gut fixiert wird und die Tür sicher verriegelt werden kann. Es ist weiterhin zu beachten, die Konstruktion der Fixierung und Verriegelung einfach zu gestalten. Wo die Schwenktür nur zwei Scharniere und ein Schloss besitzt, hat die Schiebetür neben dem Schloss noch Führungsschienen und Wälzkörper, die einen größeren Konstruktionsaufwand beanspruchen.

Die Hauptkriterien werden zu einer Gesamtanalyse herangezogen, um eine ideale Einstiegsmöglichkeit im Vergleich zu den Türöffnungsmechanismen zu finden. Über diese Analyse soll ein hoher Einstiegskomfort und ein hoher Nutzwert für den Kunden erzielt werden. Es wird hierzu eine Bewertungsmatrix erstellt, um die Kriterien mit den Öffnungsmechanismen zu beurteilen. Als Zensursystem werden Punkte für die einzelnen Kriterien verteilt von eins bis drei. Drei steht für maximal erfüllt und eins für schlecht oder gar nicht erfüllt. Diese werden dann in Summe zusammen gezählt und mit der idealen Tür verglichen. Die Einschätzung der Punkte steht unter persönlicher Entscheidung. Da es sich um ein Konzept für Oberklassewagen handelt, werden nur Viertürer Varianten untersucht.

Tafel 2: Bewertungsmatrix unterschiedlicher Türöffnungsmechanismen zu Kriterien der Türkonstruktion

Einstiegs- konzept	Öffnungsprinzip	Beschreibung	Größe Einstiegsbereich	Design der Tür + Komp.	Auslenkung in y/z- R.	Bedienkraft der Tür	Geräuschkullisse	Bauraum für Konstruktion	Fixier-/ Verriegelungsauf.	Summe/ Nutzwert
Ideale Tür	Idealwert einer optimalen Tür		3	3	3	3	3	3	3	21
4- Türer	Schwenktüren (gleich-/ gegenläufig)	Schwenktüren vorn und hinten	2	2	1	3	3	3	3	17
	gegenläufig öffnende Schiebetür	Schiebetüren vorn und hinten	3	1	3	2	1	1	2	13
	gegenläufig öffnende Abgleittür	Abgleittüren vorn und hinten	3	2	3	2	3	2	2	17
	gegenläufig öffnende Drehtür	Drehtüren vorn und hinten	3	3	1	1	3	3	3	17
	Schwenk- und Schiebetür	Schwenktür vo. Schiebetür hi.	2	2	2	2	2	2	2	14

Aus der Bewertungsmatrix erschließt sich, dass die Schwenktüren, Abgleittüren und Drehtüren als Vorzugsvariante in die engere Auswahl kommen. Dadurch ist bewiesen, dass immer noch die Schwenktür die beliebteste Kraftfahrzeugtüröffnungsvariante an Fahrzeugen ist und auch noch weiterhin Bestand haben wird. Der große Vorteil liegt hier an der einfachen Konstruktion, was auch einen großen Kostenvorteil bringt. Drehtüren weisen viele Vorteile auf, was sich in der Bewertungsmatrix auch widerspiegelt. Doch schwerwiegende Nachteile, wie hohe Ausnutzung des Freiraumes über dem Dach und schwere Erreichbarkeit der Automobiltür aus dem Fahrzeuginnenraum lassen diese Variante eher zu einem Exoten werden. Interessanter ist die Abgleittür, als Neuartiges Öffnungskonzept in den Einstiegsvarianten bietet sie viele Vorteile und gleicht die Nachteile einer Schwenktür wieder aus. Nachteilig bei dem komplizierten Mehrgelenkscharnier sind die höheren Kosten in der Konstruktion. Die meisten untersuchten Konzepte wurden ohne B- Säule gemacht. Denn ohne B- Säule gibt es einen größeren Freiraum in das Fahrzeuginnere, was für den Kunden freundlicher ist. Grundlegend muss ein Kompromiss aus technischen, ergonomischen und designtechnischen Gründen

gefunden werden, um sinnvolle Einstiegskonzepte zu entwickeln. Es müssen Lösungsprinzipie gefunden werden, die allen Anforderungen am ehesten gerecht werden.

3 Randbedingungen für das Entwerfen einer Tür für einen PKW

3.1 Grundlagen des Gesetzgebers

In der Fahrzeugkonstruktion wird in Richtlinien und Vorschriften unterschieden. Richtlinien sind Vorgaben, die sich Firmenintern erschließen und nach denen sich die Fahrzeugkonstruktion richten muss. Vorschriften hingegen sind bindend und vom Gesetzgeber vorgeschrieben. Diese Gesetze müssen unbedingt eingehalten werden [17, S. 7], wenn eine Neukonstruktion anlaufen soll, denn dass das Fahrzeug muss auch zugelassen werden. Deshalb ist es notwendig, die Gesetzeslage zu überprüfen. Die Bestimmungen nach dem sich eine Konstruktion richtet, ist in der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) und den EWG- Richtlinien für die Europäische Union, sowie den ECE- Richtlinien für die UN Staaten festgelegt. Zahlreiche Regelungen aus den ECE- Richtlinien wurden in die EWG- Richtlinien über die EG- Typengenehmigung übernommen. In den EG- Einzelrichtlinien für Fahrzeugteile sind sowohl die technischen Anforderungen, als auch die Prüfvorschriften festgelegt. Hierbei handelt es sich um Vorschriften, die von einzelnen Fahrzeugteilen, Fahrzeugbaugruppen oder ganzen Fahrzeugen erfüllt werden müssen. In den meisten Fällen werden jedoch die EG- Richtlinien nicht „abgeschrieben“ und in die StVZO übernommen, sondern es wird in der StVZO darauf hingewiesen, dass bei der Erteilung einer Betriebserlaubnis bzw. der Zulassung von Fahrzeugen eine bestimmte EG- Richtlinie einzuhalten ist [11, S. 38]. Zur Auslegung von Vorschriften können auch EN, ISO- und DIN- Normen, als auch VDI- Richtlinien und VDE- Bestimmungen herangezogen werden, namentlich zur Auskunft über den Stand der Technik [12, S. 101-105]. Folgende Richtlinien müssen eingehalten werden, damit eine Zulassung des Fahrzeuges ausgestellt werden kann. Nach EWG- Richtlinie 80/720 ist festgelegt, wie die Einstiegskonzepte und Türen gebaut werden sollen, beispielsweise muss ein gefahrloses Ein- und Aussteigen gewährleistet sein [13, S. 2302/2]. Nach § 35 e sind Geräusche beim Öffnen und Schließen der Tür zu vermeiden. Weiterhin sollte die Tür sich nicht unbeabsichtigt von selbst öffnen. Bei Doppeltüren müssen, bei einer Höchstgeschwindigkeit über 25 km/h, auf der in der Fahrtrichtung vorn liegenden Seite die Türen angebracht sein.

Dies gilt bei Doppeltüren für den Türflügel der zuerst geöffnet wird, der andere muss für sich verriegelt werden können. Kraftfahrzeugtüren müssen sich bei Gefahr von jedem Fahrgast öffnen lassen [13, S. 2500]. Nach EWG- Richtlinie 70/387 müssen Schlösser und Scharniere so beschaffen sein, dass das Fahrzeug bei betriebsüblicher Beanspruchung den Vorschriften dieser Richtlinie entsprechen kann. Jedes Schloss muss eine Sicherungsstellung und eine Vollschießstellung haben. Das Schloss und der Anschlag müssen in der Sicherungsstellung einer Längskraft von 4439,4 N und in der Vollschießstellung von 11113,2 N standhalten [13, S. 2510] (vgl. Bild 12, sowie Anlagen 11 bis 13).

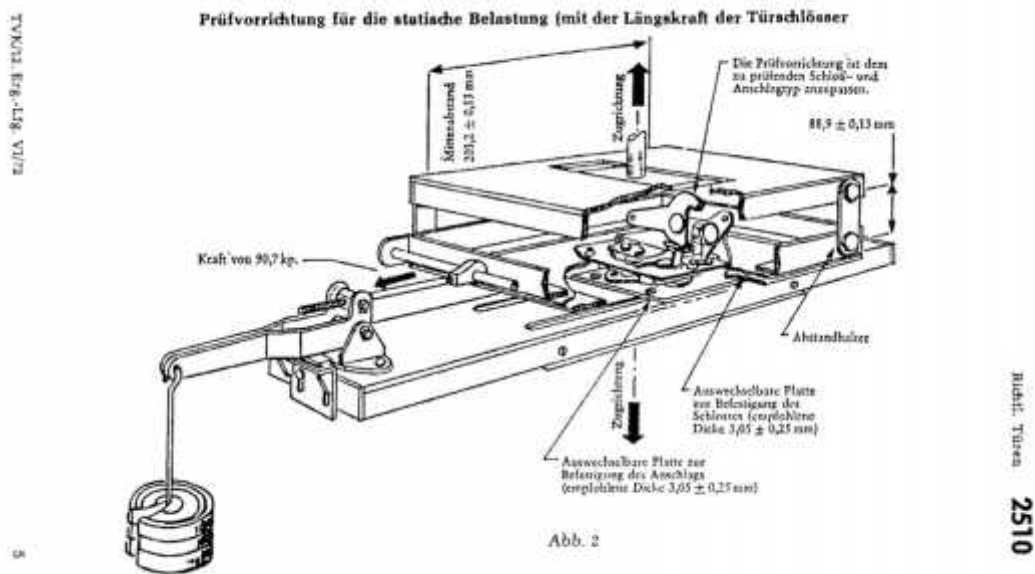


Bild 12: Türschloss nach EWG- Richtlinie 70/387 [13, S. 2510/5]

3.2 Untersuchungen des Seitenaufpralls bei Fahrzeugen

Durch das kontinuierlich steigende Verkehrsaufkommen ist die Sicherheit von Kraftfahrzeugen ein bedeutendes Thema. Dadurch setzt sich ein stärkeres Bedürfnis der Automobilkäufer nach Sicherheit im Fahrzeug durch. Der Gesetzgeber reagiert und macht den Automobilherstellern mehr Druck nach maximaler Sicherheit im und am Fahrzeug. Neben den kürzeren Entwicklungszeiten werden vermehrt auch Simulationsprogramme eingesetzt, beispielsweise FEM Berechnungen. Nachteilig bei einer FE- Simulation ist die Aufwendigkeit (Rechenzeit, Diskretisierung), liefert aber sehr detaillierte Aussagen von Bauteilen. Aufprallversuche besitzen den Vorteil,

dass sie eine genaue Darstellung der Schutzwirkung der Insassen im Fahrzeug bieten. Nachteilig hingegen, sind der hohe Kostenfaktor und die schlechte Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse zu nennen [14, S. 1]. Statistisch gesehen, rangieren die Seitenkollisionen bei Unfallgeschehnisse an zweiter Stelle nach den Frontalkollisionen. Eine Studie besagt, dass 1985 sich unter 55000 PKW-Unfällen in den USA 34% PKW/PKW- Seitenkollisionen ergaben, 1982 waren es 26% und 1991 32%. Die Anstoßstellen der Fahrzeuge kamen meist schräg von vorn bis rechtwinklig von der Seite. Weiterhin besagt eine Studie der Volkswagen-Unfalldatenbank, dass mit zunehmender Verletzungsschwere, der Anteil der durch Seitenaufprall verunfallte Personen progressiv wachsen, im Vergleich zu Frontalcrashes [14, S. 3-4]. Es ist also zu erkennen, dass Personen bei Seitenkollisionen mehr gefährdet sind, als bei einem Frontalaufprall. Das ist darauf zurückzuführen, dass bei einem Seitenaufprall die Knautschzone wesentlich geringer ist, als bei einem Frontalcrash. Weiterhin ist zu beobachten, dass weniger Material zwischen Insassen und Eindringendes Objekt liegt. Um die Verletzungsgefahr zu minimieren, kann die Tür steifer gebaut werden mit beispielsweise festerem Material oder es werden passive Sicherungsmaßnahmen genommen, wie beispielsweise den Seitenairbag.

3.2.1 Amerikanische und Europäische Seitenaufpralltests

Durch die hohe Verletzungsgefahr bei einem Seitenaufprall, ist ein standardisiertes Testverfahren zum Insassenschutz zwingend notwendig. Der Europäische Regierungsausschuss für Sicherheitsfahrzeuge beriet sich und schlug 1982 ein Testverfahren vor, bei dem mit einer beweglichen deformierten Barriere seitlich in ein Fahrzeug gefahren wird. Mit einem speziell entwickeltem Dummy (EUROSID) wird die Schwere der Verletzung gemessen. Dieses Testverfahren wird 1995 im Gesetz verankert. Die Amerikaner reagierten über die Verkehrssicherheitsbehörde NHTSA und erließen im November 1990 eine Gesetzgebung, die ab 1993 wirksam wurde. Dieses Testverfahren unterscheidet sich jedoch vom Europäischen Testverfahren in folgenden Punkten: andere Barriere, anderer Dummy (USSID) und eine andere Aufprallkonfiguration. Die deformierbare Barrierenfront symbolisiert die Verformungseigenschaften des stoßenden Fahrzeugs und ist in beiden Fällen gleich. Die europäische Barriere hingegen ist leichter, schmaler, kleiner und nachgiebiger.

Wie schon erwähnt, unterscheiden sich beide Testes im Aufprallverhalten. Die Amerikanische Variante fährt unter einem Winkel von 27° in das Fahrzeug hinein und simuliert somit eine Eigenbewegung des stoßenden Fahrzeugs. Die europäische Version fährt Rechtwinklig in das Fahrzeug hinein (vgl. Bild 13). Die Hauptbestandteile eines Dummies sind Kopf, Thorax, Abdomen und Pelvis. Die Hauptunterteilungen am Dummy im Amerikanischen zum Europäischen unterscheiden sich in den Abmaßen, sprich im mechanischen Aufbau. Dieser Unterschied liegt in der unterschiedlichen Interpretation der biomechanischen Forschungsergebnisse begründet. Neben den beiden Prüfverfahren gibt es weitere Prüfvarianten. Ein Konzept bietet die ISO mit einer 1100 kg schweren Barriere mit EEVC- Vorbau, eine weitere Variante bietet noch Japan und verwendet ebenfalls die EEVC- Barriere. Die verwendeten Dummies sind noch nicht spezifiziert. Eine weitere Untersuchung bietet noch das Hybridverfahren. Dieses Konzept ist eine Mischung aus dem Versuch physikalischer Natur und der Simulation des Aufpralltests. Es ist so zu verstehen, dass aus dem Versuch die ermittelten Kraft- Verformungs- Kennlinien in das Simulationsprogramm eingespeist werden und der Rechner somit den Seitenaufpralltest virtuell nachspielen kann. Mit den Daten aus dem Versuch und der Simulation des Seitenaufpralls lassen sich Ergebnisse wie aus einem dynamischen Aufprallversuch entnehmen [14, S. 5 – 6].

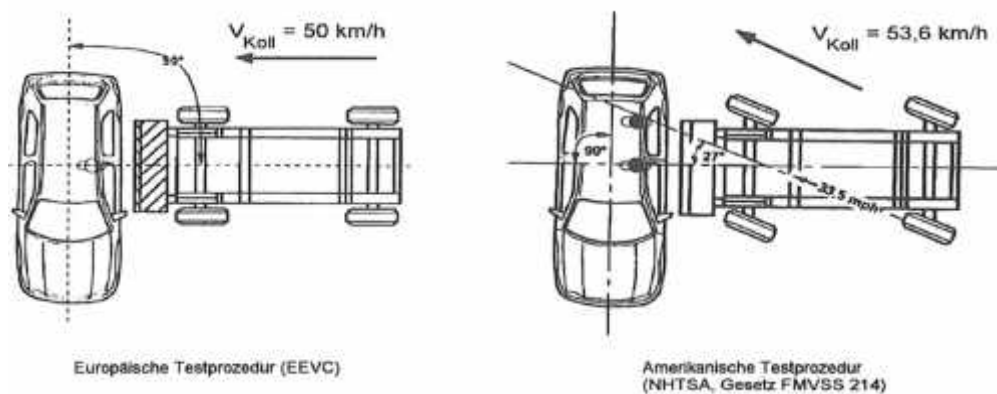


Bild 13: Seitenaufpralltests Europa und Amerika [14, S. 6]

3.3 Zulässige Verankerungen des Sicherheitsgurtes

Eine Neukonstruktion der Tür erfordert auch eine Überlegung für die Anbringung der Sicherheitsgurte im Automobil. Diese senken die Todesrate bei Verkehrsunfällen erheblich und sind dadurch in der Fahrzeugindustrie Pflicht. Die Anbringung des Sicherheitsgurtes ist seit 1960 bauartgenehmigungspflichtig. Seit 1973 werden Gurte im Rahmen der Baumusterprüfung dynamisch auf einem Schlitten mit einer Versuchspuppe geprüft. Dieses Prüfverfahren ist in der ECE- Regelung 16 bzw. EG- Richtlinie 77/541 EWG festgelegt und ist inzwischen Gesetz [15, S. 4]. Bei der Verankerung des Sicherheitsgurtes ist dies identisch und ist in der EWG- Richtlinie 76/115 festgehalten [13, S. 2304]. Die Verankerung kann vollständig im Fahrzeugaufbau, in der Sitzstruktur oder an einem beliebigen Punkt im dafür vorgesehenen zulässigen Bereich angebracht werden. Der zulässige Bereich für die Gurtverankerung ist in der EWG- Richtlinie 76/115 zu finden (vgl. Anlage 14). Durch die hohen Trägheitskräfte, die bei einem Unfall entstehen können, muss die Verankerung eine hohe Festigkeitseigenschaft aufweisen. Die Gefahr unter dem Gurt hinaus zu gleiten, ist durch den zulässigen Bereich für die Gurtanbringung auf ein Mindestmaß beschränkt, ebenso wie die Beschädigung des Gurtes durch scharfkantige Ecken und Kanten. Bei den vorher gezeigten Öffnungsvarianten wurden Konzepte präsentiert die keine B- Säule besitzen. In diesen Systemen sind die Sicherheitsgurte im Sitz integriert, diese sind vorteilig für die Konstruktion, aber nachteilig, was den Kostenfaktor angeht. Ein weiteres Konzept für die Befestigung des Gurtes bietet noch eine elektrische Variante. Hier fahren die Sicherheitsgurte nach dem Schließen der Tür elektrisch nach hinten, um die Insassen zu schützen (vgl. Bild 14). Nachteilig hier sind die zusätzlich benötigten Elektromotoren, was höhere Kosten und mehr Aufwand bedeutet. Eine weitere Variante hat den Befestigungspunkt an der hinteren Türritze fixiert (vgl. Bild 14). Hier wird der Gurt ebenfalls automatisch beim Schließen der Fahrertür an die Person angebracht. Nachteilig bei dieser Version ist die Stolpergefahr über den Gurt beim Aus- und Einsteigen des Fahrzeuges und dies kann Verletzungen nach sich ziehen. Im Vergleich der verschiedenen Gurtsysteme bietet das Gurtsystem im Sitz die meisten Vorteile.



Befestigungspunkt ist in der hinteren Türzarge fixiert



Befestigungspunkt wird nach dem Schließen der Tür elektromotorisch nach hinten verfahren

Bild 14: Sicherheitsgurtsysteme Volkswagen [16, S. 171]

3.4 Richtlinien zur Einschränkung des Sichtfeldes

Für das sichere Führen eines Fahrzeuges unterliegen auch die Sichtverhältnisse im Auto einer gesetzlichen Bestimmung. Neben den Sichtverhältnissen von Außen- und Rückspiegel unterliegen auch die Sichtverdeckungen einer Vorschrift. Nach EWG-Richtlinie 77/649 ist das Sichtfeld der Fahrer aus dem Kraftfahrzeug definiert. Das Sichtfeld wird beeinflusst durch die verschiedenen Säulen (A, B und C) und der Windschutzscheibe. Die Normpuppe wird eingesetzt, um eine allgemeine Sicht von verschiedenen Personen aus dem Fahrzeug zu bilden und auf eine einheitliche Sicht zu verallgemeinern [13, S. 2365] (vgl. Anlage 15). Die einzige Vorschrift zur Beeinträchtigung des Sichtfeldes ist durch die A- Säule definiert. Da die meisten Automobiltüren an der A- Säule fixiert werden, muss eine solche Betrachtung der Sichtverdeckung über die A- Säule erfolgen. Alle anderen Verdeckungen sind Richtlinien, und somit von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich [17, S. 7]. Hierzu sind die Sichtverhältnisse entscheidend, denn sie sind für die Säulenauslegung maßgebend. Als Basis der Säulenauslegung wird ein H- Punkt definiert, dieser H- Punkt ist ein Drehpunkt zwischen Rumpf und Schenkel und wird als Hüft Punkt bezeichnet. Bestimmt wird er in der hintersten Sitzposition und entspricht von den Fahrzeugherstellern für jeden Sitzplatz einen konstruktiven festgelegten Punkt R, dieser Punkt R nennt sich Sitz Referenz Punkt. Von diesem Punkt R wird ein Sichtpunkt ermittelt, darauffolgend wird über den Rückenlehnenwinkel von 25° und

dem Punkt R, mehrere Punkte ermittelt die dann die Basis bilden für einen Verdrehungswinkel der A- Säulen, sowie der Sichtfeldverdeckungen in einem Bereich von 180° nach vorn. Die Anordnung der B- Säule muss so erfolgen, dass bei einem Schulterblick die Sicht nicht verdeckt wird. Über die Wahl der Größenverhältnisse der Vorder- und Hintertür können die Anforderungen der Sichtfeldverdeckung erfüllt werden. Um den gesetzlichen Anforderungen gerecht zu werden, muss eine Trennleiste zwischen der Verbindung von Vorder- und Hintertür an der Seitenscheibe sichtbar sein. Im nachfolgenden Bild werden in der Vogelperspektive und in der Seitenansicht die Sichtverdeckungen gezeigt, die hier über die grauen Felder gekennzeichnet sind.

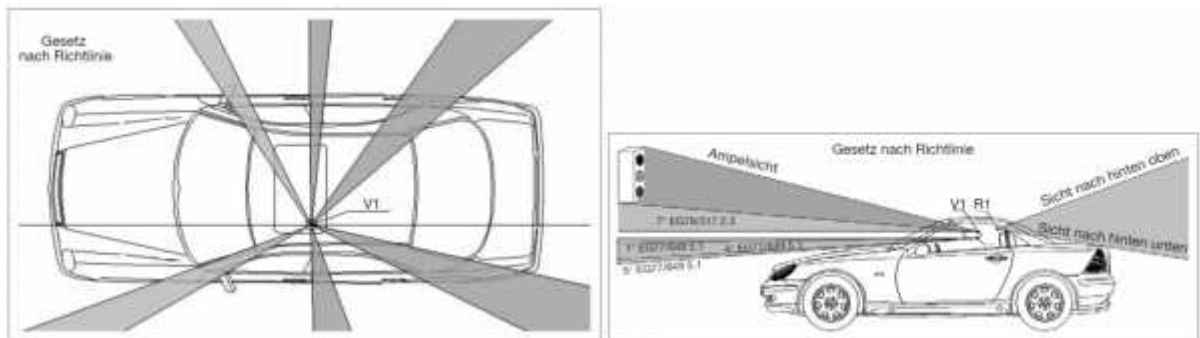


Bild 15: Sichtstrahlen in der Drauf- und Seitenansicht [17, S. 8]

4 Auswertung der Konstruktionskarosserie

4.1 Einschätzungen des Bauraumes

Damit die Konstruktion der Tür in ein Fahrzeug integriert werden kann, müssen diverse Randbedingungen am Fahrzeug berücksichtigt werden. Beispielsweise muss darauf geachtet werden, dass die Scharniere der Fahrzeugtür an die Karosserie passen und der Kinematik entsprechen. Des Weiterhin ist zu beachten, dass während des Öffnungsprozesses keine unerwünschten Kontakte zwischen Automobiltür und Karosserie entstehen. Die Abmessung der Raumverhältnisse am Fahrzeug steht unmittelbar im Verhältnis zur Fahrzeugtürabmessung. Als Vergleich dient das Vorgängermodell des Audi A8, um eine genaue Abschätzung der Größen- und Raumverhältnisse zu gewinnen (vgl. Bild 16). An diesem Fahrzeug sind die klassischen, gleichläufig öffnenden Schwenktüren verbaut. Diese bieten weniger Einstiegsfreiraum und eine größere Auslenkung in y- Richtung als andere Einstiegskonzepte. Auch die B- Säule kann bei diversen Öffnungsmechanismen weggelassen werden, was einen größeren Einstiegsraum zur Folge hat. Die Anbringung der Mehrgelenkscharniere an der Karosserie erfolgte an dem Außenbereich der Türöffnung. Die Dimensionierung der Mehrgelenkscharniere fällt größer aus, als bei den Schwenktürscharnieren, dieser Größenunterschied muss berücksichtigt werden. Von der konstruktiven Seite bleibt die Seiten-, Schweller- und Dachgeometrie der Karosseriestruktur erhalten. Genau diese Bereiche benötigen genauere Untersuchungen für die Anbringung der Türbefestigungs- und Türverriegelungspunkte. Im nachfolgenden Bild wird der Vorläufer des Audi A8 gezeigt.



Bild 16: Audi A8 mit Schwenktür [18]

Aus der Substitution der Schwenktür durch die Abgleittür wird nicht nur die B- Säule für einen größeren Einstieg überflüssig, sondern das Design bleibt, wie bei der Schwenktür erhalten und nimmt dadurch keine nachteiligen Punkte an, wie beispielsweise bei der Schiebetür. Ein weiterer Vorteil gegenüber dem Vorläufer des Audi A8 mit Schwenktüren ist die Auslenkung in y- Richtung. Schwenktüren besitzen eine hohe Auslenkung im Gegensatz zu den Abgleittüren, was in Parksituationen bei den Schwenktüren problematisch werden kann. Nachteilig der Abgleittüren gegenüber den Schwenktüren sind die komplexeren Scharniere zu erwähnen. Die Mehrgelenkscharniere der Abgleittür erfordern mehr Platz für die Befestigung an der Karosserie und besitzen durch ihre Komplexität einen höheren Kostenfaktor, als die Scharniere der Schwenktür. Im nachfolgenden Bild werden die Türen und die Außenhaut dargestellt.

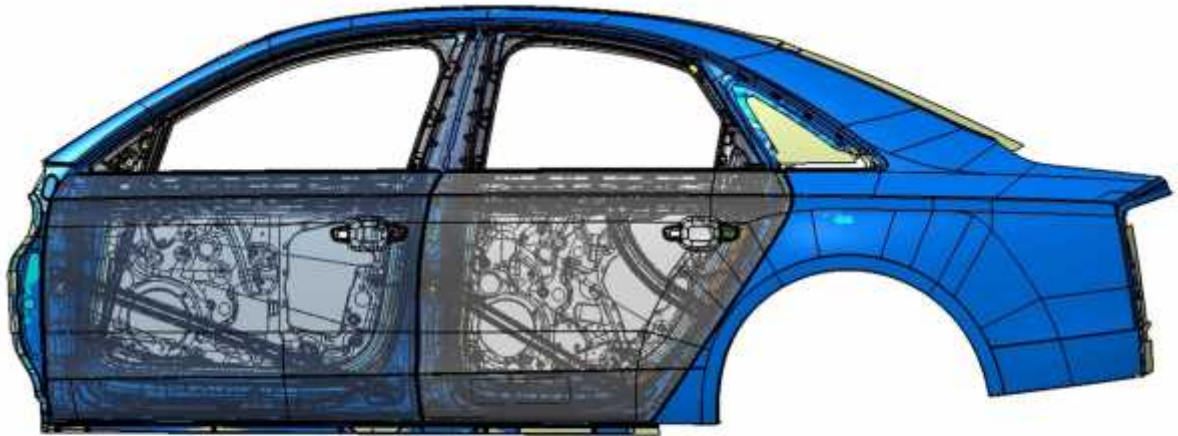


Bild 17: Außenhaut mit Vorder- und Hintertür

4.2 Änderungen am Vorläufer Audi A8

Die Änderungen am Fahrzeug zeigen sich in den Scharnieren, B- Säule, Schließsystem und Fugenverlauf. Die Scharniere bei dem Schwenktürsystem sind einfacher aufgebaut als im Abgleittürsystem. **Die Schwenktürscharniere bestehen aus einem Türscharnier, dieses Türscharnier ist an der Tür befestigt, weiterhin aus einem Karosseriescharnier, dieses Karosseriescharnier ist an der Karosserie**

angebracht und einem Scharnierbolzen. Dieser verbindet beide Scharniere und legt die Schwingachse fest (vgl. Bild 18). Das Türscharnier wird als bewegliches Scharnier definiert und das Karosseriescharnier als festes Scharnier. Bei einem Mehrgelenkscharnier sind mehrere Komponenten in einem Scharnier enthalten, um eine Dreh- und Längsbewegung zu realisieren. Auch das Schließsystem wird anders konzipiert, denn durch die wegfallende B- Säule wird nicht mehr an der Säule verriegelt, sondern an der gegenüberliegenden Fahrzeugtür. Durch die direkte Berührung der Vorder- und Hintertür, verläuft hier eine andere Fuge, als im Vorläufer des Audi A8. Im nachfolgenden Bild werden verschiedene Schwenktürscharniere gezeigt. Zum einen konventionelle, ohne integrierter Türbremse und zum anderen mit integrierter Türbremse. Am meisten verbreitet jedoch sind Automobiltürscharniere mit integrierter Bremse (vgl. Bild 18).

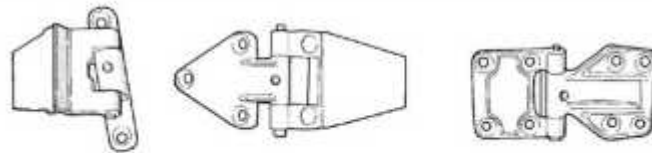


Abb. 161 Tür-Scharniersysteme

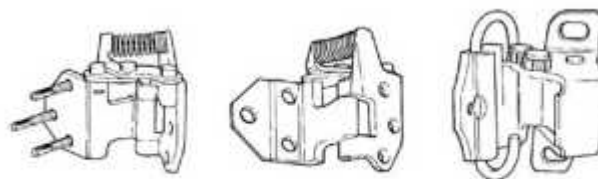


Abb. 162 Tür-Scharniersysteme mit integrierter Türbremse

Bild 18: Schwenktürscharniersysteme [17, S. 288]

5 Erarbeitung neuer Einstiegskonzepte

Zur Entwicklung neuer konstruktiver Lösungsansätze sind mehrere Varianten denkbar. Wie in der Marktanalyse schon dargestellt, gibt es unzählige Lösungsvarianten. In dieser Arbeit werden drei Varianten untersucht und nach den gegebenen Lastenheftangaben ausgewertet. In einem ersten Schritt wurde die Führungsbahn bestimmt, um die Fahrzeugtür definiert bewegen zu können. Hierzu wird als erstes die Kinematik bestimmt, um die Automobiltür auf einer bestimmten Bahn öffnen und schließen zu können. Nach dieser Kinematik wurden dann die Scharniere zum Öffnungsmechanismus entwickelt. Es ist vorstellbar, ein Viereck zu nehmen, um die Tür auf eine halbkreisförmige Bahn von nahezu 180° zu führen. Der Radius der Kreisbahn wird über die Länge des Scharniers definiert. Die y -Auslenkung beim Öffnen der Tür entspricht dem Radius des Öffnungshalbkreises und somit auch die Länge des Scharniers. Durch die halbkreisförmige Bewegung besitzt dieser Öffnungsmechanismus eine reine Rotationsbewegung. Dieser Ansatz ist in mehreren Varianten ausführbar. In dieser Diplomarbeit werden drei Einstiegskonzepte präsentiert. In der ersten Variante geht die Vordertür seitlich nach vorne, die Hintertür seitlich nach hinten auf und werden über jeweils ein Scharnier in der Fahrzeugtür geführt. Somit wird die Tür in y - und x - Richtung geöffnet. In der zweiten Variante gehen ebenfalls beide Automobiltüren zur Seite auf, aber in diesem Fall werden die Türen über zwei Gelenke geführt, die sich im unteren und mittleren Teil der Tür befinden. In dieser Variante wird ebenfalls der y - und x - Raum eingenommen. In einer dritten Variante wurde ein anderes Konzept verwendet. Dieses beinhaltet ein Viereck mit einer Schiene, auf der die Tür aufgehängt wird. Das Viereck schwenkt unter 90° aus und lässt die Schiene nach außen rotieren, damit die Tür ausgefahren werden kann. Diese Variante besitzt sowohl eine Rotationsbewegung, wie eine Translationsbewegung. In dieser Variante ist die y -Auslenkung recht minimal und die z - Auslenkung ist gleich null, welches ein großer Vorteil ist. Hier kann der komplette Einstiegsbereich freigegeben werden, wenn die ausgefahrenen Schienen lang genug konstruiert werden, damit die Tür so weit wie möglich ausgefahren werden kann.

In einem zweiten Schritt wurden die geforderten konstruktiven Eigenschaften für die Einstiegskonzepte definiert. Beispielsweise müssen die drei Dichtungsrichtlinien

eingehalten werden, damit der Fahrgastzelleninnenraum trocken bleibt. Weiterhin sollte das Scharnier steif genug konstruiert werden, um eine langlebige Funktionalität der Fahrzeugtür sicher zu stellen. Diese und andere Anforderungen schränken die Vielzahl der Möglichkeiten ein und halfen die notwendigen Ziele im Auge zu behalten. Diese Anforderungen und der definierten Kinematik entstanden diese drei Lösungsvarianten. Die Größenverhältnisse der Vorder- und Hintertür und der Außenhaut sind nach Abschnitt 4.1 (vgl. Bild 17) definiert und werden in allen drei Versionen als Grundlage genommen. Als weitere Basis zur Entwicklung der Einstiegskonzepte sollte der Einstiegscomfort höchstmöglich erfüllt sein. Weiterhin sollte der Einstiegsbereich komplett freigegeben sein und es darf keine Verklemmung der Tür mit der Außenhaut entstehen.

Um eine objektive Entscheidung, unter den drei Varianten zu gewährleisten, wird in einem dritten Schritt eine Untersuchung der Konzepte unter bestimmten Kriterien vorgenommen. In der Regel wird die VDI Richtlinie 2225 herangezogen, um eine optimale Bewertungsmatrix zu erstellen. Diese wird unterteilt in Haupt- und Teilkriterien und beinhaltet Punkte wie Funktion, Ergonomie oder Design. Die Gewichtung der Punkte fällt je nach Wichtigkeit unterschiedlich aus. Das Ziel bestand darin, die bestmöglichen Eigenschaften auszuwählen und auf dieser Grundlage die Entwicklung fortzusetzen.

5.1 Definitionen der Führungselemente

Die Definition der Kinematik bei einer Abgleittür kann auf verschiedenste Art realisiert werden. Wie in Abschnitt 5 die Führungsbahn schon beschrieben wurde, gibt es bei der Abgleittür in seitlicher Richtungsöffnung nur zwei Scharniere, die sich zum einen bei der Vordertür an der A- Säule und bei der Hintertür an der C- Säule befindet. Somit kann bei dieser Variante die B- Säule weggelassen werden, was einen größeren Einstiegsbereich für den Fahrgast ergibt. Die weitere Variante der Abgleittür mit den ebenfalls seitlich öffnenden Türen, benötigt vier Scharniere, um eine stabilere Führungsbahn zu gewährleisten. Die Scharniere der Vordertür werden an der A- Säule und bei der Hintertür an der C- Säule angeschlagen. Die Aufnahmepunkte pro Scharnier befinden sich zum einen an der Karosserie und zum anderen an der Fahrzeugtür. Diese zwei Aufnahmepunkte sind verbunden über ein Scharnier, was die Steifigkeit aufrecht erhält und die Automobiltür mit der Karosserie

verbindet. Um die Tür definiert auf einer Führungsbahn zu lenken, wird zusätzlich eine Gelenkstange benötigt, um einen Zwanglauf sicherzustellen. Zusätzlich kommen noch kleinere Scharniere hinzu, was das Ausklappen der Tür gewährleistet. Somit sind die Freiheitsgrade gebunden, bis auf die Rotationen in den beiden Aufnahmepunkten. Somit rotiert die Fahrzeugtür beim Öffnungsvorgang in y- und x-Richtung. Bei der letzten Variante wird ein Zwei-Schienensystem genutzt. Diese Schienen befinden sich im Dach- und Schwellerbereich, werden über eine Vier-Gelenkmechanik ein- und ausgeschwenkt und anschließend in x-Richtung ein- und ausgefahren. In der unteren Führungsschiene befinden sich zwei Führungselemente und in der oberen befindet sich eine. Somit werden alle Freiheitsgrade gebunden, außer der Translationsbewegung in x-Richtung. Die Belastungsverteilung in der Schiene erfolgt über zwei Rollen in der oberen und unteren Schiene in y-Richtung. In der z-Richtung erfolgt die Verteilung über zwei Rollen in der unteren und eine Rolle in der oberen Schiene. Um das Design der Tür nicht negativ zu beeinflussen, werden die Scharniere der Abgleittür hinter der Tür angebracht, sodass sie für den Kunden nicht sichtbar sind. Bei der Parallelogrammtür werden die Schienen in den Fahrzeuginnenraum gelegt. Die untere Schiene wird in den Schweller integriert, somit sind die Schienen nicht erkennbar. Durch diese Maßnahmen bleibt auch das Türdesign erhalten und wirkt sich nicht nachteilig aus. Die Anordnung der Schienen am Fahrzeug befindet sich bei der Vordertür zwischen A- und B-Säule und bei der Hintertür zwischen B- und C-Säule. Die Vordertür mit der Schiene schwenkt nach vorn in Fahrtrichtung aus und die Hintertür schwenkt nach hinten in Fahrtrichtung aus. Somit wird der Einstiegsbereich komplett frei gegeben und die B-Säule kann weggelassen werden.

5.2 Anforderungen und Lastenheft der Konstruktion

Bei einer Neukonstruktion werden in einem Lastenheft alle Forderungen an die Konstruktion aufgezeichnet. Die Anforderungen an die Konstruktion im Lastenheft, werden in Forderungsanforderung und Wunschanforderung unterteilt. Die Forderungsanforderung muss unbedingt eingehalten werden, wird einer der Forderungen nicht erfüllt, ist diese Konstruktion nicht akzeptabel. Die Wunschanforderung hingegen ist eine optionale Anforderung und muss nicht zwingend eingehalten werden. Das Lastenheft wird meist vom Kunden angelegt und

er stellt hier seine Forderungen an die Konstruktion zusammen. Eine der Forderungen ist beispielsweise das Einhalten der drei Dichtungslinien, hier muss das Scharnier so konstruiert werden, dass die Linie nicht unterbrochen wird. Die Scharniere sollten auch so angeordnet sein, dass sie nicht im sichtbaren Bereich angebracht werden und somit das Design stören könnten. Aus diesem Grund werden die Scharniere hinter der Türverkleidung angebracht. Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Kostenfaktor der Konstruktion. Der Kostenfaktor sollte so gering wie möglich sein, um einen größtmöglichen Gewinn zu erzielen. Die Anforderungen im Lastenheft stehen meist mit den Konstruktionen im Fahrzeugtürverbund im Konflikt, denn der Spielraum zur Anordnung der äußeren Formelemente, wie beispielsweise den Scharnieren im Türverbund, gestaltet sich als sehr kompliziert. Deshalb muss eine Kompromisslösung zwischen der Konstruktion und den Anforderungen gefunden werden. Das Lastenheft beinhaltet nur die Grundanforderungen, da es sich um eine Neukonstruktion handelt und noch viele unbekannte Parameter aufweisen. Folgende Hauptanforderungen gehen als Beurteilungskriterien mit ein:

Dichtungsverhalten:

Um den Fahrzelleninnenraum trocken zu halten und vor Zugluft zu schützen, müssen die drei Dichtlinien eingehalten werden und dürfen nicht unterbrochen sein. Damit die Türdichtung auch langlebig bleibt, ist zu empfehlen die Tür im großen Winkel (gegen 90°) auf die Türdichtung treffen zu lassen.

Unfallbetrachtung:

Die Fahrzeugtür sollte so steif ausgeführt werden, dass sie einen größtmöglichen Schutz bei einem Seitencrash bietet. Auch die Anordnung der Scharniere kann eine Steifigkeitserhöhung bringen. Ebenso die Anordnung des Schlosses und der Schließkeile kann dies mit bevorteilen.

Geometrie:

Der Öffnungsmechanismus sollte den Einstiegsbereich größtmöglich freigeben, damit dies bewerkstelligt wird sollte die B- Säule weggelassen werden. Die Auslenkung der Automobiltür in y- und z- Richtung sollte so minimal wie möglich gestaltet werden.

Design:

Designtechnisch sollten die Scharniere in das Gesamtfahrzeugdesign mit integriert werden oder sie werden durch den Türverbund vollständig verdeckt. Des Weiterhin ist zu beachten, die Führungsschienen versteckt in das Fahrzeugdesign zu bringen und so minimal wie möglich auszulenken.

Kinematik:

Die Kinematik muss durch die Scharniere gegeben sein. Die unterschiedlichen Bewegungsbahnen werden aus Sicherheitsgründen mechanisch ausgeführt. Fortfolgend darf die Hintertür im vollständig ausgefahrenen Zustand den hinteren Schweller nicht überragen. Die Kinematik sollte soweit ausgeführt werden, dass der Einstiegsbereich größtmöglich freigegeben wird.

Montage:

Es ist darauf zu achten, dass der Türverbund in die Fahrzeugkarosse montierbar ist. Des Weiterhin ist zu beachten, dass der Türverbund auch erreichbar für Einstellmöglichkeiten ist. Im Lastenheft spielt dieser Punkt eine untergeordnete Rolle, denn dieser Punkt wird erst in der späteren Entwicklung eine wichtige Bedeutung zukommen und ist im Lastenheft deshalb als Wunsch gekennzeichnet.

Ergonomie:

Die Forderung diesbezüglich umfasst geringe Betätigungskräfte und eine minimale Geräuschkulisse beim Öffnen und Schließen des Türverbundes.

Haltbarkeit und Sicherheit:

Die Scharniere sind so steif auszuführen dass, eine langlebige Haltbarkeit realisiert wird. Die Gelenkstange ist so anzuordnen, dass keine Einklemmung des Fahrgastes mit der Fahrzeugsür auftritt. Die Schienen sollten vor Verunreinigung geschützt werden. Damit dies realisiert werden kann, müssen die Schienen in den Trockenbereich gelegt werden.

Die notwendigen Eigenschaften, die der Türverbund einhalten muss, sind im folgenden Lastenheft niedergelegt. Sie beinhalten grundlegende Anforderungen an das Einstiegskonzept und sind in Forderung und Wunschanforderung unterteilt.

Im folgenden Lastenheft sind die Forderungen mit einem F gekennzeichnet und die Wunschanforderungen mit einem W.

Tafel 3: Lastenheft für einen Türverbund an einem PKW

Lastenheft		<u>Legende:</u> F: Forderungen W: Wunsch Anforderungen
Dichtungsverhalten		
F	Türdichtung mit mindestens 3 Dichtungslinien	
W	Tür sollte wenn möglich mit einem großen Winkel (gegen 90°) auf die Türdichtung treffen	
Unfallbetrachtung		
F	Lastaufnahme über Seitentür, Schloss und Schließkeile bei Seitenkollision	
W	Abstützung durch B- Säule bei Seitenkollision	
Geometrie		
F	Nutzung des kompletten Einstiegsbereich des Referenzfahrzeuges	
W	Minimale Ausnutzung/Auslenkung in y- und z- Richtung	
W	Weglassen der B- Säule	
F	Keine Einklemmung zwischen Scharnier und Fahrgast	
Design		
W	Mögliche Verdeckung der Scharniere und der Schließanlage	
W	Wenn Verdeckung der Scharniere nicht möglich in Fahrzeugdesign einbringen	
F	Türfugenverlauf soll ausgewogen zwischen Vorder- und Hintertür sein	
Kinematik		
F	Öffnungswinkel Abgleittür mind. 130°	
F	Öffnungsweg Schiebetür ausreichend für Fahrer-/ Beifahrerausstieg	
F	Mechanische Feststellung der Tür im geöffneten Zustand	
F	Bei Maximalauslenkung der Hintertür darf sie nicht über Stoßfänger ragen	
Montage		
W	Alle Einstellmöglichkeiten (Laufwagen, Schließkeile, Schloss, Anschlagpuffer) Müssen netzparallel und immer in eine Richtung einstellbar sein	
W	Erreichbarkeit der Einstellmöglichkeiten, wenn möglich immer gewährleisten	
W	Einfache Montage des Türverbundes gewährleisten	
Ergonomie		
F	Fenster der Vordertür muss sich öffnen lassen	

F	Einschränkung des Kopfbereich möglichst gering halten
W	Erreichbarkeit der Tür zum Öffnen und Schließen gewährleisten
W	Leichtgängigkeit der Tür beim Öffnen und Schließen sicherstellen
W	Spielfreier und Geräuscharmer Verlauf in den Türen (Führungsschienen)
Haltbarkeit und Sicherheit	
F	Gedämpfter Türanschlag gegen Geräuschemission und Materialabnutzung
W	Führungsschiene vor Verunreinigung schützen

5.3 Erarbeitung Einstiegskonzepte

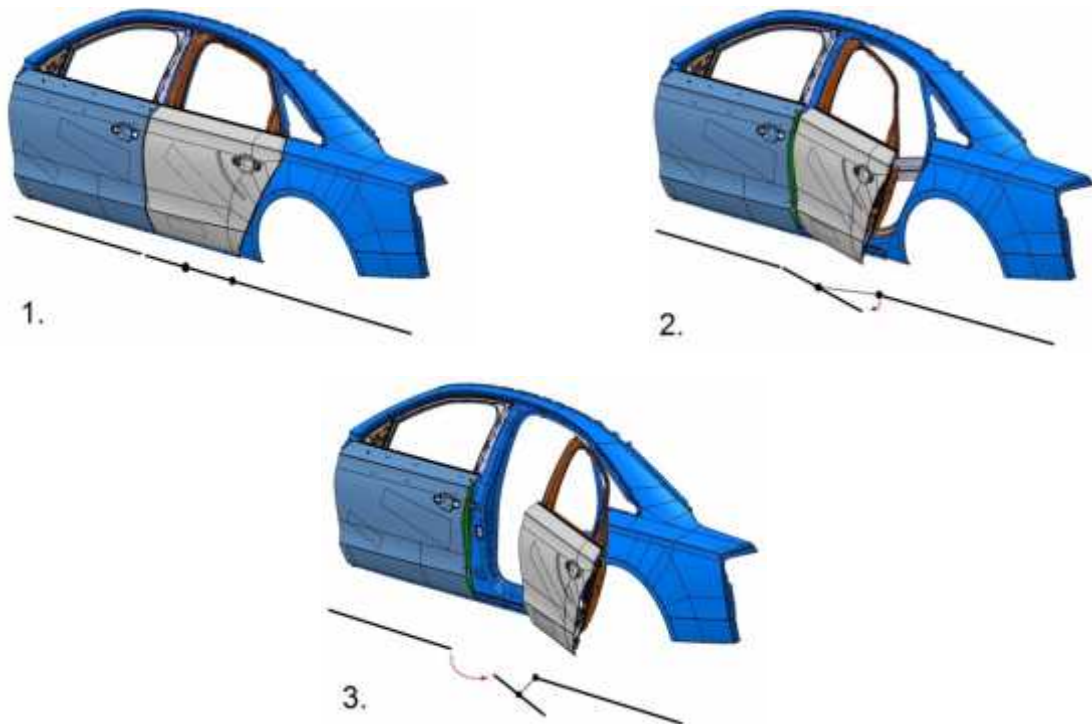
Zur Erarbeitung eines neuen Einstiegskonzeptes wurden drei unterschiedliche Varianten erarbeitet. Grundlegende Ausgangspunkte des neuen Öffnungsprinzipes bildete die Außenhaut mit den Fahrzeugtürabmaßen und gab somit das Abmaß des Einstiegsbereiches an. Daraus folgt, dass die geometrischen Verhältnisse zum Referenzfahrzeug identisch sind. In diesen Varianten sind Vorder- und Hintertür an der Karosserie angebracht, somit kann getrennt voneinander in die vorderen und hinteren Sitzreihen sich Zutritt verschafft werden.

Damit diese Aufgabe größtmöglich bewerkstelligt werden kann, wurden verschiedenste Funktionsmöglichkeiten herangezogen. Aus den unterschiedlichsten Kombinationen der Funktionsprinzipie wurden verschiedene Wirkprinzipie entwickelt und geeignete Varianten ausgearbeitet. Diese geeigneten Varianten wurden anschließend in ein CAD- System (CATIA V5 R19) integriert und konkretisiert. Aus den konstruktiven und kinematischen Gegebenheiten der Varianten wurde über eine Bewertung von geometrischen und ergonomischen Bewegungspunkten eine Vorzugsvariante ermittelt.

Um den komplexen Bewegungsablauf beschreiben zu können und die Teilbewegung der Tür klar trennen zu können, müssen die Teilbewegungen klar definiert werden. Die Ausfahrbewegung der Fahrzeugtür von der Karosserie wird als Ausstellen bezeichnet. Das Ausstellen kann entweder bei der Parallelogrammtür durch Rotation der Schienen erfolgen, oder bei der Abgleittür über die Scharniere durch die Rotation der Automobiltür von der Karosserie aus. Die Kippbewegung der Abgleittür erfolgt über ein Ausklappen der Tür und wird über ein Ausklappscharnier bewerkstelligt.

5.3.1 Variante 1: Abgleittür über ein einteiliges Scharniersystem

Die grundsätzliche Bewegungsform der Abgleittür mit einem einteiligen System basiert rein über Rotationsbewegungen. Der definierte Bewegungsablauf zur Öffnung der Fahrzeugtür gliedert sich in zwei Teilabschnitte ein. In der Öffnungsbewegung wird die Tür über zwei Rotationsachsen ausgestellt. Diese Rotationsachsen befinden sich am Scharnier, zum einen an der Automobiltür und zum anderen an der Karosserie. Die Rotationsachsen verlaufen parallel zur z- Achse, um eine seitliche Türöffnung zu gewährleisten. In der ersten Bewegung wird das Ausklappen der Tür realisiert. Diese Bewegung ist notwendig, um später einen größeren Einstiegsbereich freizugeben und eine Kollision mit der Karosserie im vollständigen Öffnungszustand zu unterbinden. Das Ausklappen der Tür wird über ein Ausklappscharnier realisiert. Über die Länge und Position des Ausklappscharniers ist das Ausklappen der Tür und der Anstellwinkel um die z- Achse beliebig einstellbar. Auch eine Verankerung der Tür an der B- Säule ist hier möglich. Diese Verankerung würde die Steifigkeit der Tür im geschlossenen Zustand erhöhen. Das Ausklappscharnier verbindet Steuerscharnier und Türscharnier. In der zweiten Teilbewegung wird das Ausstellen der Tür bewerkstelligt, um letztendlich den Weg in das Fahrzeuginnere freizugeben. Das Ausstellen der Fahrzeugtür wird über ein Steuerscharnier mit einer definierten Bewegung realisiert. Damit eine stabile Führung der Automobiltür gewährleistet wird, wird die Tür zusätzlich von Tragscharnieren getragen und geführt. Es ist auch zu beachten, dass die Rotationsachse des Steuerscharniers und des Tragscharniers nicht kongruent sind, sondern nur parallel zueinander verlaufen. Dies ist wichtig, um ein korrektes Ausstellen sicherzustellen. Die Scharniere sind so ausgelegt, um einen ausreichenden Abstand zur Karosserie zu gewinnen. Die Hintertür rotiert um die C- Säule und die Vordertür um die A- Säule. Beim Ausstellen und Ausklappen der Tür ist zu beachten, dass nicht zu viel Raum in y- Richtung eingenommen wird, um die Vorteile der Abgleittür sicherzustellen. Vorder- und Hintertür gehen gegenläufig auf, um einen größeren Einstiegsbereich freizugeben. Der Schließvorgang umfasst ebenfalls die genannten Bewegungen, allerdings in umgekehrter Reihenfolge. In der nächsten Abbildung wird der Öffnungsmechanismus an der Hintertür gezeigt.



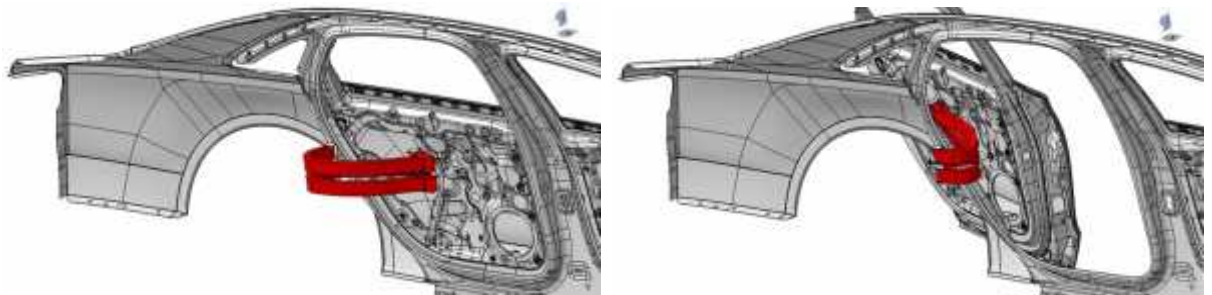
- Öffnungsprinzip:
1. Türverbund geschlossen
 2. Ausklappen der Tür
 3. Ausstellen der Tür

Bild 19: Funktionsprinzip Abgleittür über einteiliges Scharnier

Die Führungselemente entsprechen einem Siebengelenk, das heißt das Einstiegskonzept besitzt sieben Scharniere (vgl. Bild 20). Dieses Scharnier wurde so konstruiert, das ein Zwanglauf entsteht. Dadurch sind in jeder Stellung eines beliebigen Gliedes die anderen Glieder eindeutig zugeordnet. Ein Zwanglauf ist allein von der Anzahl der Glieder, der Gelenke, dem Gelenkfreiheitsgrad und der Getriebestruktur abhängig. Aber nicht von den Abmessungen der Glieder und der Form und Anordnung der Gelenke [19, S. 44]. Durch die Führungsbahn der Fahrzeugtür müssen die Führungselemente komplex aufgebaut werden. Am Lager der Karosserie hängt das Trägerscharnier und das Steuerscharnier, diese Komponenten tragen die Automobiltür und steuern das Öffnen der Tür. Das Siebengelenk führt eine Doppelrotation, mithilfe des Trägerscharniers und des Steuerscharniers aus. Diese Komponenten hängen wiederum an einer Schwinge, wo sich auch das Lager der Tür befindet. Die Schwinge dient als ein Verbindungsstück dieser Komponenten. Das Ausklappen der Fahrzeugtür wird über ein Ausklappscharnier realisiert. Dieses Scharnier verbindet Steuerscharnier und Lager

der Tür. Damit das Ausklappscharnier mit dem Türlager verbunden werden kann, wird ein weiteres Lager für das Ausklappscharnier benötigt. Diese verbindet das Türlager und Ausklappscharnier. Da es sich um ein einteiliges System handelt, müssen die Führungselemente massiv und mit einer hohen Steifigkeit ausgeführt werden. Bei einem zweiteiligen System verteilt sich die Last besser auf die Scharniere, wenn der minimale Achsabstand von 400mm eingehalten wird. **Somit werden die zweiteiligen Systeme wesentlich weniger massiv aufgebaut.** Nachteilig in diesem System sind die Trägerscharniere, sie ragen sehr weit in den Fahrgastzelleninnenraum und nehmen daher viel Platz ein und lassen dem Fahrgast weniger Freiraum. Dies ist aber notwendig damit keine Kollision mit der Außenhaut beim Öffnen der Tür auftritt. Durch die massive Ausführung der Führungselemente sind die Komponenten einer hohen Masse ausgesetzt, was den Leichtbau des Fahrzeugs minimiert. Vorteilhaft hingegen ist das Design, denn das Scharnier befindet sich hinter der Tür und ist von dem Kunden nicht sichtbar.

Anordnung des Führungselementes:



Detailansicht des Führungselementes:

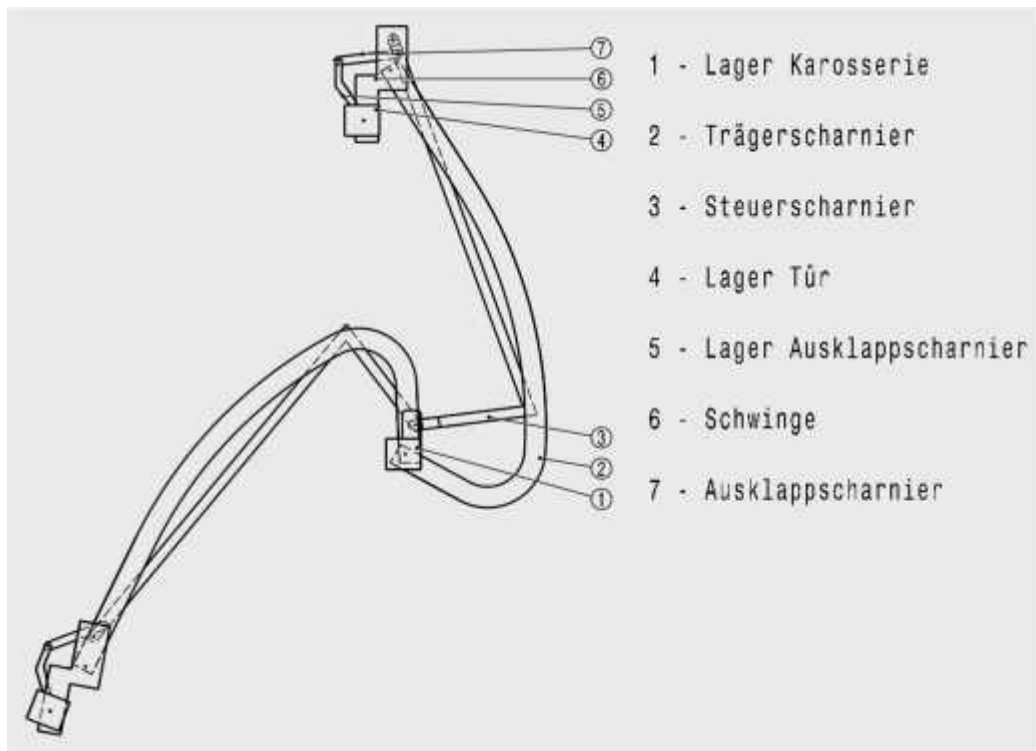
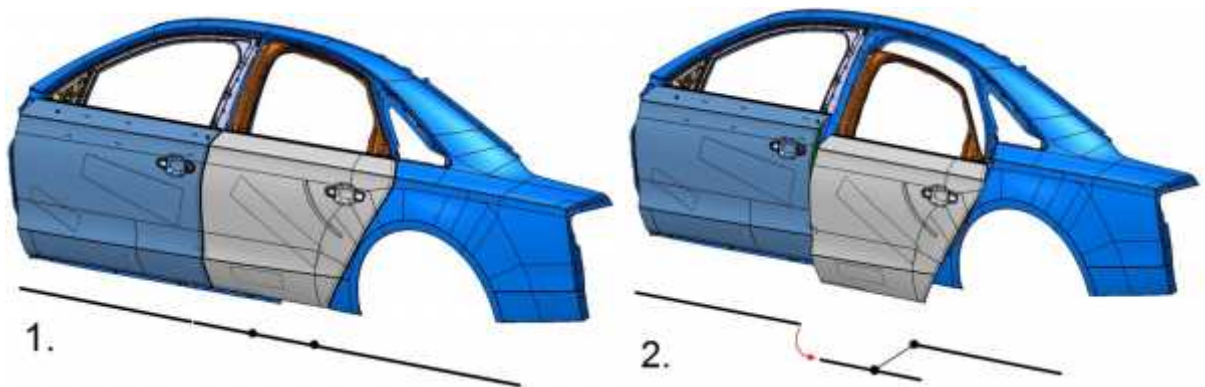


Bild 20: Führungssystem Abgleittür einteilig

5.3.2 Variante 2: Abgleittür über ein zweiteiliges Scharniersystem

Dieser Bewegungsablauf besitzt nur eine Teilbewegung, da ein Ausklappen der Fahrzeugtür über dieses zweiteilige Scharniersystem nicht möglich ist. Diese Teilbewegung ist eine reine Ausstellbewegung der Tür und besitzt ebenfalls diese zwei Rotationsachsen. Die Rotationsachsen verlaufen parallel zur z- Achse, um eine seitliche Türöffnung zu gewährleisten. Die Tür rotiert um das Karosseriescharnier, um das seitliche Ausstellen sicherzustellen und zusätzlich um das Türscharnier, um die Tür parallel zur Karosserie zu halten. Durch das fehlende Ausklappen der Automobiltür fällt der Einstiegsbereich in den Fahrgastzelleninnenraum deutlich kleiner aus. Das zweiteilige Scharniersystem ist einmal am unteren Türtrand angebracht und das zweite befindet sich kurz unter der Fensterscheibe. Der minimale Abstand von 400mm zueinander wird eingehalten, denn es besitzt einen Abstand von 588mm (vgl. Bild 23). Das Ausklappen der Tür wäre möglich, wenn das obere Scharniersystem nicht vorhanden wäre, denn durch das Ausklappen vergrößert sich der Abstand von Tür zur Karosserie und dieser Abstand kann das

Scharnier nicht überbrücken. Wenn das Scharnier länger konstruiert werden würde und der Abstand zur Tür überbrückt werden kann, würde das Scharnier die Tür beim Öffnen blockieren. Das zweite Scharniersystem am Fensterrand der Tür wird aber benötigt, um den Öffnungsvorgang steif zu halten und ein langlebiges Öffnen und Schließen der Tür zu gewährleisten. Vorder- und Hintertür lassen sich ebenfalls gegenläufig öffnen und schließen. Wie in der ersten Variante, besitzt diese Variante auch ein Steuer- und Tragscharnier was sich im unteren Scharniersystem am Türtrand befindet. Das obere Scharniersystem unter dem Fenster der Tür besitzt nur ein Tragscharnier, um die Steifigkeit des Einstiegskonzeptes zu erhöhen und sicherzustellen. Die Hintertür stellt und rotiert um die C- Säule. Vordertür stellt und rotiert um die A- Säule. Der Schließvorgang umfasst ebenso die genannten Bewegungen, allerdings in umgekehrter Reihenfolge. Der Öffnungsmechanismus wird ebenfalls an der Hintertür gezeigt.



Öffnungsprinzip: 1. Türverbund geschlossen
2. Ausstellen der Tür

Bild 21: Funktionsprinzip Abgleittür über zweiteiliges Scharnier

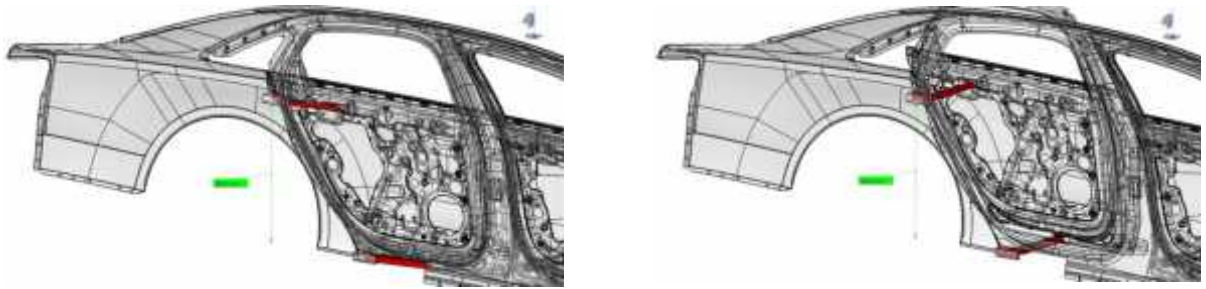
Die Führungselemente der zweiten Variante entsprechen einem Sechsgelenk, das heißt das System besitzt sechs Scharniere (vgl. Bild 23). In diesem zweiteiligen Scharniersystem sind beide Scharniersysteme sehr ähnlich aufgebaut. Auch in diesem Prinzip wird eine Doppelrotation von Steuer- und Tragscharnier ausgeführt. Das untere Scharniersystem besitzt wie in der ersten Variante ein Steuer- und Tragscharnier. Das Steuerscharnier steuert den Öffnungsmechanismus und das Tragscharnier trägt und führt die Fahrzeugtür. Das Tragscharnier wurde innen hohl konstruiert, das heißt aufgebaut wie eine Schale. Dies war notwendig, damit das

Steuerscharnier nicht mit dem Tragscharnier kollidiert. Durch die Schließbewegung der Tür legt sich das Steuerscharnier in das Tragscharnier. Diese Komponenten befinden sich an einer Wippe, die mit dem Karosserielager verbunden sind. Weiterhin befindet sich am Lager der Karosserie ein Zwanglaufscharnier, das mit dem Steuerscharnier verbunden ist. Dieses Scharnier ist wichtig um einen Zwanglauf in diesem System sicherzustellen, weiterhin hält er den Lauf des Öffnungsmechanismus stabil. Steuer- und Tragscharnier verbinden über die Wippe das Lager der Tür. Die Lage und Abmessungen der einzelnen Glieder im oberen und unteren Scharniersystem sind identisch, nur dass im oberen Scharniersystem das Steuer- und Zwanglaufscharnier fehlt. Das System ist weniger massiv ausgeführt und besitzt bessere Integrationsmöglichkeiten in das Fahrzeug. Der Achsabstand beider Scharniersysteme zueinander beträgt 588mm und ist somit über dem Mindestmaß der geforderten 400mm. Nachteilig in diesem System ist der geringe Einstiegsraum in das Fahrzeug. Wenn die Fahrzeugtür ausklappen könnte, würde sich der Einstiegsraum vergrößern (vgl. Bild 22), dies verhindert aber das obere Scharniersystem. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass obere Scharniersystem durch einen Hebel in der Dachleiste zu ersetzen, um das Ausklappen der Tür zu gewährleisten. Eine weitere Möglichkeit wäre die Tür weiter ausstellen zu lassen, um somit einen größeren Einstiegsbereich schaffen zu können. Ein weiterer Nachteil ist die Anbringung des Scharniersystems an der unteren Türkante, denn bei diesem Fahrzeug werden bei einem Crash die Kräfte unten an der Fahrzeugleiste abgeführt. Weiterhin entstehen durch den komplexeren Aufbau auch höhere Kosten für das System. Vorteilhaft in dieser Variante ist das bleibende Design, denn die Scharniere befinden sich hinter der Türverkleidung und sind somit nicht sichtbar. Ein weiterer Vorteil ist der Leichtbau durch das zweiteilige System, die Scharniere sind kleiner und somit leichter.



Bild 22: Tür aufgeklappt

Anordnung des Führungselementes:



Detailansicht des Führungselementes:

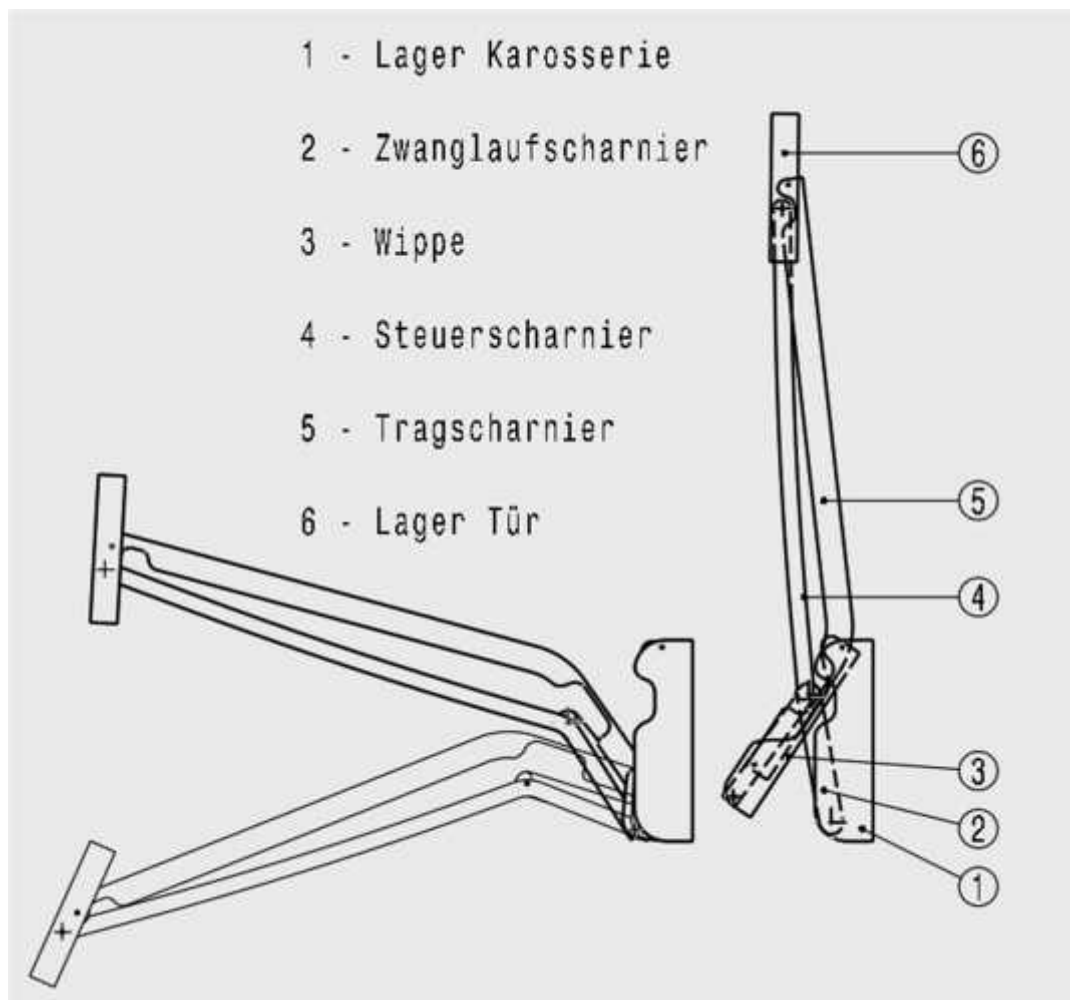
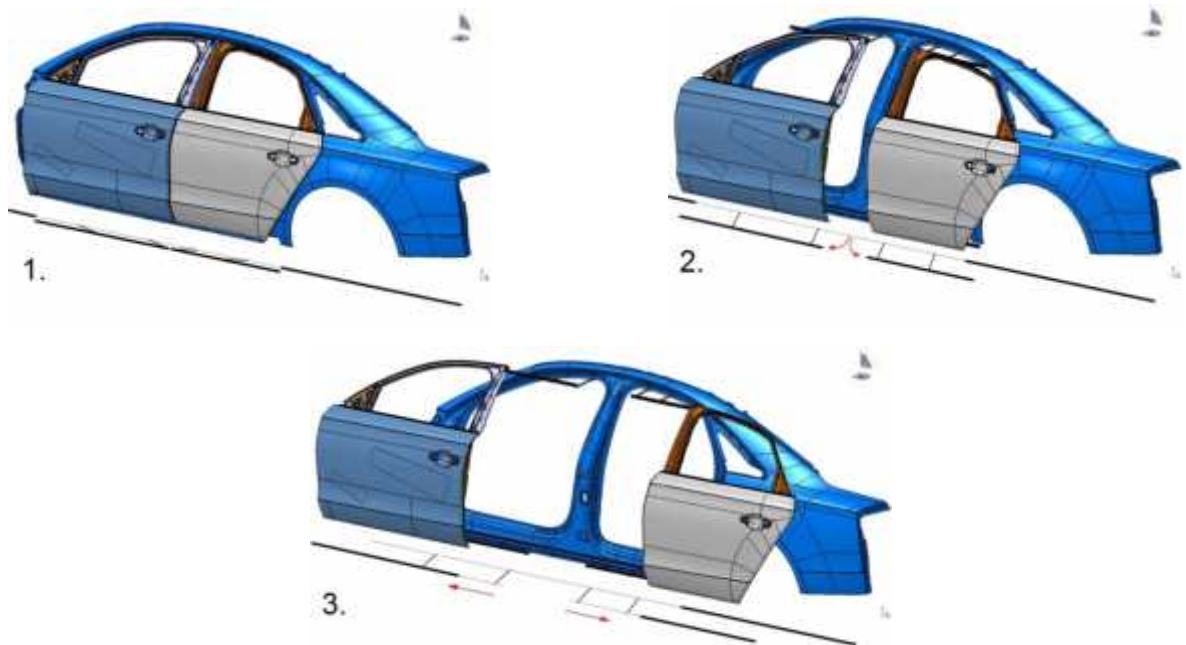


Bild 23: Führungssystem Abgleittür zweiteilig

Die vollausgefahrene Position des Scharniers soll das Ausklappen der Tür darstellen, die ohne das obere Scharniersystem unter dem Fenster möglich ist.

5.3.3 Variante 3: Gegenläufig öffnende Parallelogrammtür

Der Bewegungsablauf gliedert sich in zwei Teilbewegungen ein und besitzt ein Zwei-Schienensystem für Vorder- und Hintertür. Die Schienen befinden sich im unteren und oberen Teil des Automobils. Die erste Teilbewegung ist ein Ausstellen der Automobiltür und wird über die Schienen mit einer Teilbewegung um 90° der Schienen nach außen realisiert. Die Vordertür rotiert dabei um die A- Säule und die Hintertür um die C- Säule. Das Ausstellen der Schienen und der Tür wird mit zwei Parallelogrammarmen an der Karosserie erreicht. Das Ausstellen der Tür wird benötigt, um einen ausreichenden Abstand zur Karosserie zu gewinnen. Um eine synchrone Ausstellbewegung der beiden Schienen zu gewährleisten, muss die Tür ausreichend steif und die Führungselemente mit geringem Spiel konstruiert werden. Die zweite Teilbewegung beinhaltet eine Schiebefunktion der Tür in den Endanschlag, um den Einstiegsbereich freizugeben. Die Vorder- und Hintertür lassen sich gegenläufig öffnen und schließen, um eine Kollision Beider zu vermeiden. Der Schließvorgang beinhaltet die gleichen Teilbewegungen, nur in umgekehrter Reihenfolge. Das nachfolgende Bild zeigt das Öffnungsprinzip.

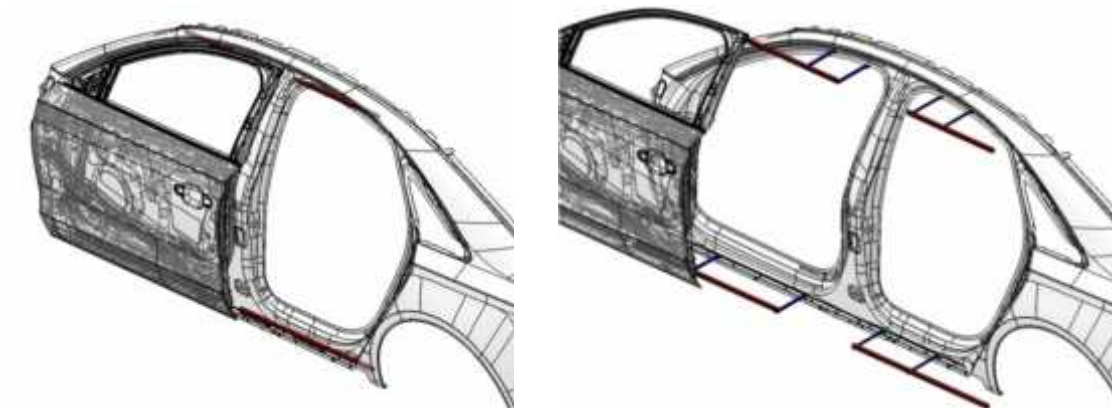


- Öffnungsprinzip:
1. Türverbund geschlossen
 2. Ausstellen der Tür
 3. Aufschieben der Tür bis Endanschlag

Bild 24: Funktionsprinzip gegenläufig öffnende Parallelogrammtür

Das Führungsverhalten der Parallelogrammtür ist charakterisiert durch das bewegliche Schienensystem. Der notwendige Abstand zur Karosserie wird über einen Mehrgelenkmechanismus realisiert. Der Mehrgelenkmechanismus stellt die Schienen mit der Tür von der Karosserie aus und wird über Parallelogrammarme realisiert. Diese Arme übernehmen die Führung der Schienen in y- Richtung. Die untere Schiene ist in den Schwellerbereich integriert und die obere Schiene befindet sich im Innenraum unter dem Dach. Die Führung in x- Richtung wird über Rollenwagen in der oberen und unteren Schiene übernommen. Die Ausweichung der Tür in z- Richtung wird über die Schienen und Rollen unterbunden. Es befinden sich zwei Rollenwagen in der unteren Schiene und ein Rollenwagen in der oberen Schiene, somit ist der Bewegungsablauf des Türverbundes eindeutig definiert und alle Freiheitsgrade sind unterbunden. Dadurch entsteht ein Zwangslauf und die Tür kann definiert geöffnet und geschlossen werden. Vorteilig in diesem System sind die nicht sichtbaren Führungselemente, was das Design des Fahrzeuges nicht nachteilig beeinflusst. Durch die geraden und netzparallelen Schienen kann das System einfach gesteuert werden. Weiterhin ist zu beobachten, dass die Türauslenkung in y- Richtung gering ausfällt, was in Parksituationen sehr von Vorteil ist. Nachteilig wirkt sich die schwierige Montagemöglichkeit aus, denn die Schienen müssen zueinander exakt parallel sein, damit der Schienenapparat leichtgängig und funktionsfähig ist. Wird diese exakte Parallelität nicht eingehalten, ist das System nur soweit beweglich wie es die Gelenkspiele zulassen. Da aber die Karosseriestruktur in allen sechs Freiheitsgraden abweichen kann, muss eine exakte Ausrichtung des Systems sichergestellt werden. Ein weiteres Problem sind die Schienen im Dachbereich des Fahrzeuges, denn sie kollidieren mit der Karosserie. Dieses Problem ist damit begründet, dass der Audi A8 eine abgerundete Dachform besitzt. Um dieses Problem zu beseitigen müsste das Dach eine flachere Form besitzen, um die Schiene darin zu integrieren. Weiterhin könnte die untere Schiene zweckentfremdet werden und für die Fahrgäste als Trittbrett für den Einstieg genutzt werden. Folglich müsste die untere Schiene ausreichend steif konstruiert werden, damit keine Verformung auftritt.

Anordnung der Führungselemente:



Detailansicht des Führungselementes:

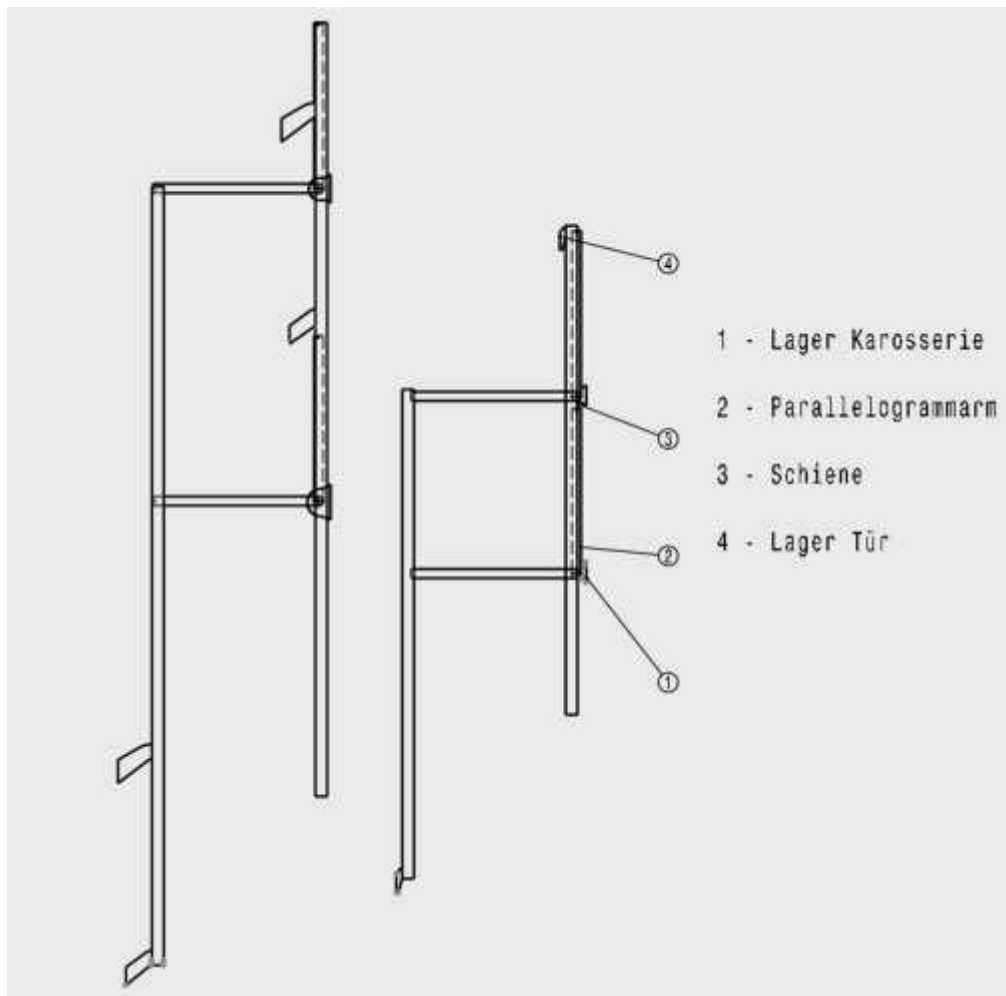


Bild 25: Führungssystem Parallelogrammtür

5.4 Auswertung der Varianten

Um eine Vorzugsvariante aus den erarbeiteten Varianten zu ermitteln, werden die Varianten unter definierten Kriterien untersucht und ausgewertet. Für die Auswahl der Bewertungsmerkmale werden die definierten Kriterien des Lastenheftes herangezogen. Das Lastenheft beinhaltet Punkte wie ergonomische, funktionale und fertigungstechnische Gesichtspunkte (vgl. Bild 26). Der Gesichtspunkt Ergonomie und Design beinhaltet Kriterien wie Einstiegskomfort und optisches Erscheinungsbild am Fahrzeug. Die Überschrift Herstellung und Montage umfasst alle relevanten Bedingungen der Einstellmöglichkeiten und der Empfindlichkeit gegenüber Maßabweichungen. Die Hauptgruppe Funktionalität und Sicherheit befasst sich mit den Forderungen des Bauraumes und der passiven Sicherheit. Die Bewertung in der VDI Richtlinie 2225 erfolgt durch Multiplikation definierter Haupt- und Teilwichtungsfaktoren mit der jeweiligen eigenen Einschätzung. Die Bewertung erfolgt in einem Punktesystem von null (mangelhaft) bis vier (sehr gut). Die Summe aus den einzelnen Ergebnissen der jeweiligen Einzelprodukte lässt eine Vorzugsvariante aus den einzelnen Varianten herauskristallisieren. In der Vorzugsvariante sollten die meisten gewünschten Eigenschaften enthalten sein.

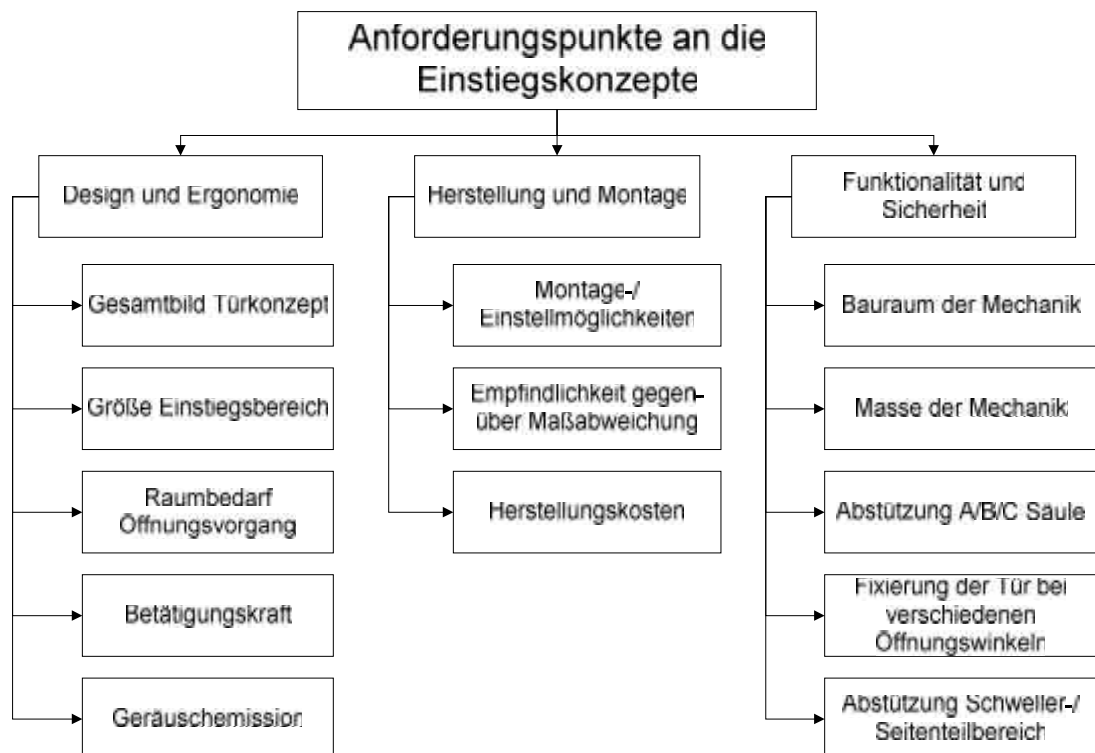


Bild 26: Anforderungen der Türöffnungsmechanismen

Im Anschluss der erarbeiteten Varianten sollte eine Vorzugsvariante ausgewählt werden, um eine detaillierte Konstruktion starten zu können. Da sich aber keiner der drei Varianten bewährt hat und keiner der Varianten einen Vorteil gegenüber dem Schwenktürmechanismus erbringen kann, ergibt sich keine Vorzugsvariante aus diesen drei Varianten. Somit entfällt die Auswahl einer Vorzugsvariante mit Hilfe der VDI Richtlinie 2225. Größter Nachteil der Varianten ist der Einstiegsbereich, denn die Türöffnungen sind alle zu geringfügig, um einen störungsfreien Eintritt in das Fahrzeug zu gewährleisten. In der zweiten Variante stellt sich die Tür nur so weit aus, dass nur ein kleiner Spalt entsteht. In der dritten Variante kann der Einstiegsbereich über die Schienen zwar vergrößert werden, aber die begrenzten Karosserieabmaße und die nicht veränderbare Karosserieform lassen diese Verlängerung der Schienen nicht zu. Im Fußraum des Fahrzeuges musste im hinteren Radkasten ein Teil entfernt werden, damit keine Kollision mit der Karosserie entsteht. Im Dachbereich des Fahrzeuges der dritten Variante ist wegen der Dachform kein Platz für die obere Schiene, denn die Dachgeometrie ist zu oval ausgeführt. Die Dachform sollte gerade ausgeführt werden, parallel zu den Schienen um keine Überschneidung beider entstehen zu lassen. Auch die Auslenkung in y-Richtung ist nicht von Vorteil gegenüber dem Schwenktürmechanismus, denn durch das Ausklappen der Fahrzeugtür nimmt er ebenso viel Raum ein wie die Schwenktür. In der dritten Variante ist der große Einstiegsraum ein positiver Punkt, aber nicht umsetzbar wegen der Integration der Schienen. Die Kosten in allen angeführten Varianten sind höher gegenüber dem Schwenktürmechanismus. In der ersten Variante ist ebenso die Masse der Führungselemente ein großer Nachteil, da das Scharniersystem sehr massiv ausgeführt ist. Weiterhin ist anzuführen dass die Tragscharniere sehr weit in das Fahrzeuginnere hinein ragen und somit den Fahrgast stören. Es besteht ebenso eine Verletzungsgefahr mit dem Scharniersystem, denn durch den großen Platzbedarf des Scharniers kann der Fahrgast sich an den Führungselementen verletzen. Durch das komplizierte und massive System entstehen ebenfalls enorme Kosten gegenüber dem Schwenktürsystem. In der dritten Variante sind die Parallelogrammarme zu lang, um einen gefahrlosen Einstieg in das Fahrzeug sicherzustellen. Weiterhin ist die Montage der Führungselemente problematisch, denn es muss darauf geachtet werden, dass die Schienen exakt zueinander eingestellt werden. Das Schwenktürsystem ist im Vergleich zu den anderen Varianten ein sehr komfortables, vorteilhaftes Einstiegskonzept. Das

Schwenktürsystem ist preiswert, besitzt eine geringe Masse, gibt einen relativ großen Einstiegsraum frei, hat einen einfachen konstruktiven Aufbau und ist von außen nicht sichtbar. Es gibt somit keinen negativen Einfluss auf das äußere Design der Türverkleidung. Aus diesen Gründen wird das Schwenktürsystem in den meisten Fahrzeugen als Einstiegskonzept verwendet und wird auch in Zukunft noch weiter Bestand haben.

5.5 Zwanglauf und Getriebefreiheitsgrad

Wie in den Konzepten schon erwähnt besitzen alle drei Varianten einen Zwanglauf, um eine definierte Führungsbahn einzuhalten. Jeder starre Körper besitzt in einem dreidimensionalen Raum sechs Freiheitsgrade. Drei dieser Freiheitsgrade sind translatorisch und bewegen sich parallel zu den Achsen in einem Bezugssystem. Die anderen drei sind rotatorisch um die Achsen. Um einen nicht rotationssymmetrischen Körper eindeutig und fest in einem Raum zu lagern, muss er in allen sechs Freiheitsgraden eindeutig fixiert werden. Soll der Körper eine definierte Bewegung ausführen, muss ein Freiheitsgrad als frei definiert werden. Ein Getriebe ist ein mechanisches Gebilde zum Übertragen von Bewegungen und Kräften oder auch zum Führen von Punkten eines Körpers auf verschiedenen Bahnen. Ein Getriebe besteht aus beweglich miteinander verbundenen Teilen (Glieder), die durch ihre Verbindungen (Gelenke) bestimmt werden und die Bewegungsmöglichkeiten einschränken. Ein Glied im Mechanismus ist stets Gestell, der einen Bezugskörper darstellt. Je nach Bewegungsart der Getriebe wird unter Führungs- und Übertragungsgetriebe unterschieden. Übertragungsgetriebe tragen Bewegungen und Leistungen weiter. Führungsgetriebe führen Körper in bestimmten Bahnen und nehmen bestimmte Lagen ein [19, S. 23 – 36]. Ein Getriebe besitzt n Glieder und jedes Glied besitzt b Einzelfreiheiten. Würde kein Glied miteinander verbunden sein, so besitzt jedes Glied $b=6$ Einzelfreiheiten. Da stets ein Glied als Bezugssystem (Gestell) dient und das Gestell als unbeweglich deklariert wird, ergibt sich $b \cdot (n-1)$. Durch das Verbinden der Glieder durch Gelenke wird die Bewegungsfreiheit dieser Einzelbewegungen eingeschränkt. Diese Einschränkung wird über die Unfreiheit u definiert und ergibt sich aus den Einzelfreiheiten der Glieder b und den Gelenkfreiheitsgraden f . Somit ergibt sich $u = b - f$ (1). Werden jetzt die Unfreiheiten

von den Freiheiten der einzelnen Glieder subtrahiert, erhält man daraus den Getriebefreiheitsgrad F [19, S. 45].

$$F = b * (n - 1) - \sum_1^g (b - f) \quad (2)$$

Die Anzahl der Unfreiheiten u ist abhängig von der Anzahl der Gelenke g . Bei räumlichen Gliederbewegungen ist die Anzahl der möglichen Einzelbewegungen $b=6$. Hieraus ergibt sich der Getriebefreiheitsgrad räumlicher Getriebe

$F = 6 * (n - 1) - \sum_1^g (b - f)$. Es ist zu beachten, dass der Getriebefreiheitsgrad $F=1$ betragen soll, damit ein Zwanglauf entstehen kann. Dies ist gegeben, wenn in jeder Stellung eines beliebigen Gliedes die anderen Glieder eindeutig zugeordnet sind. Zwanglauf liegt demnach vor, wenn Gleichung (2) den Wert $F=1$ ergibt.

Der rechnerische Nachweis des Getriebefreiheitsgrades wird an dem Variantenbeispiel eins gezeigt. Die hauptsächlichen Bewegungen der Glieder bestehen aus Rotationen. Das Abgleitürsystem umfasst sieben Getriebeglieder (vgl. Bild 27). Zum einen das Lager Karosserie (1) wird als unbeweglich definiert und dient als Gestell. Die anderen Teile werden als beweglich deklariert und sind über die Gelenke miteinander verbunden. Ziel dieser Verbindungen ist es die Tür des Fahrzeuges auf eine definierte Punktbahn zu führen. Damit alle Getriebeglieder miteinander verbunden sind, werden sieben Gelenke zwischen den Gliedern vorgesehen. Die Gelenke werden mit Buchstaben von A-G definiert und die Glieder mit Zahlen von 1-7.

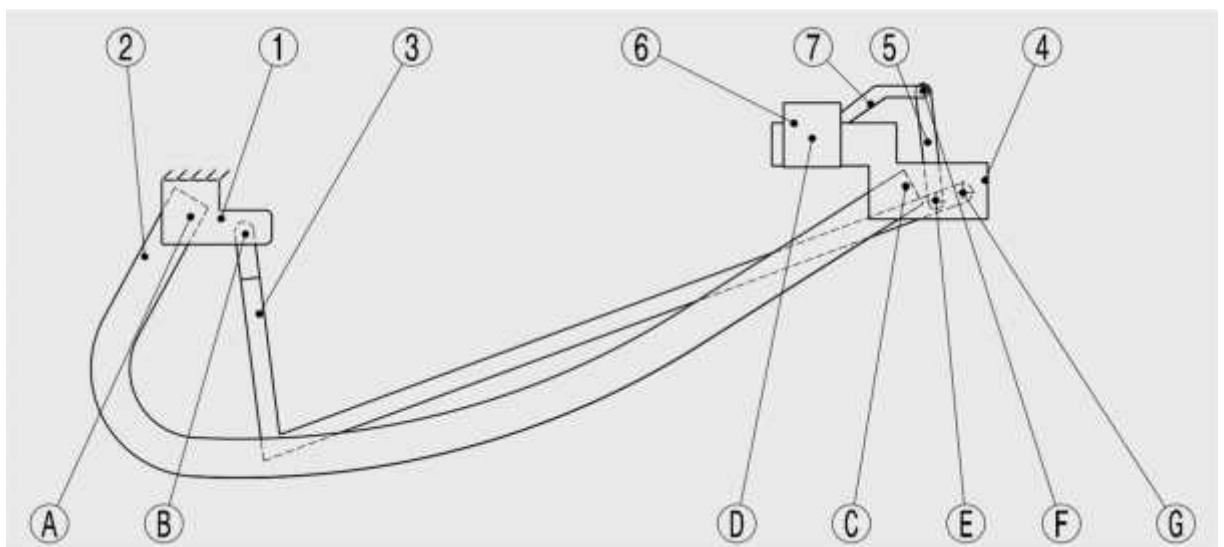


Bild 27: Kinematikschemata der Variante 1

Ausgehend der Gleichung (1) besitzen die Glieder $b=6$ Freiheitsgrade und die Gelenke besitzen $f=1$ Gelenkfreiheitsgrade, somit ergibt sich $u = 6 - 1$. Da alle Gelenke nur Rotationsbewegungen ausführen, kann von $f=1$ ausgegangen werden. Die Rotationsachsen der Gelenke sind parallel zur z - Achse. Da in diesem System sieben Glieder und sieben Gelenke existieren, gilt $n=7$ und $g=7$. Somit kann mit Gleichung (2) der Getriebefreiheitsgrad ausgerechnet werden:

$$F = 6(7 - 1) - 7(6 - 1)$$

$$F = 1$$

Somit ist bewiesen, dass ein Zwanglauf der Fahrzeugtür existiert und diese auf einer Punktbahn verläuft. Der Beweis ist dadurch erbracht, weil der Getriebefreiheitsgrad $F=1$ beträgt.

6 Erarbeitung Leichtbaukonzept Vordertür

In diesem Kapitel wurde eine Leichtbauvariante ausgearbeitet für die Vordertür des Audi A8. Um den konstruktiven Rahmen nicht unnötig auszuweiten, wurde nur die Fahrzeugtürsäule der Vordertür mit den Türscharnieren bearbeitet. Die Vordertür besteht aus Außenhaut und Innenverkleidung. Diese beiden Elemente sind die Hauptbestandteile der Tür. Da es sich um eine Aluminiumtür handelt, muss beim Tiefziehen auf die Ziehweite geachtet werden, damit das Blech nicht einreißt. Im Referenzfahrzeug ist die Ziehweite zu hoch, um den Tiefziehvorgang in einem Vorgang realisieren zu können, deshalb wurden die Türinnenbleche in zwei Teile unterteilt und miteinander verschweißt. Eines der beiden Elemente wurde umkonstruiert, damit die Fahrzeugtür leichter gebaut werden kann. Aus diesem Grund ist es notwendig ein Konzept zu finden, um diese beiden Teile aus unterschiedlichem Material miteinander zu verbinden. Dazu wurden sechs Verbindungskonzepte ausgearbeitet. Des Weiteren ist Ermittelt worden, welche Masseersparnis mit der neuen Variante erzielt wurde. Damit die Automobiltür leichter gebaut werden kann, sind Lösungsansätze formuliert worden. Diese Ansätze wurden mit kleineren Austauscherelementen und mit unterschiedlichem leichterem Material realisiert. Auch Überlegungen zur Herstellung des Konzeptes wurden ausgearbeitet. Wichtig ist bei den Materialien auf die unterschiedlichen Eigenschaften zu achten. Unterschiedliche Bedingungen der Umwelt können die Eigenschaften des Materials positiv oder negativ beeinflussen. Damit keine negativen Einflüsse auf den Werkstoff eingehen, wurden unterschiedliche Stoffe miteinander verglichen und das Material mit den besten Eigenschaften wurde gewählt. Da es sich um ein Aluminiumteil handelt, werden nur wenige Rohstoffe miteinander verglichen, denn Aluminium ist ein Leichtbauwerkstoff mit vielen günstigen Eigenschaften.

6.1 Notwendigkeit des Leichtbaus und Materialvergleich

Leichtbau wird in der heutigen Zeit als notwendig angesehen, denn das Hauptproblem der heutigen Zeit ist die Knappheit der Energie. Durch die wachsende Anzahl der Erdenbewohner werden immer mehr Ressourcen benötigt und somit wird

der Rohstoffhaushalt zu einem knappen Gut. Der Leichtbau soll dazu dienen, den Energieverbrauch zu senken und nichtregenerative Quellen zu schonen. Denn leichtere Fahrzeuge benötigen weniger Kraftstoff. Dies schont nicht nur den Energiehaushalt, auch die Umwelt wird dadurch weniger durch Abgase belastet. Durch die Reduzierung von Rohstoffen wird weniger Kraftstoff benötigt, was die Unterhaltskosten senkt. Ein weiterer Vorteil des Leichtbaus ist auch die bessere Beschleunigung und die höhere Geschwindigkeit des Fahrzeuges, denn durch den Leichtbau muss weniger Masse angetrieben werden. Der Leichtbau dient dazu Rohstoffreserven zu erhalten und den Energieverbrauch zu senken. Der Leichtbau kann in drei Prinzipien eingeteilt werden, in Werkstoffleichtbau, Konstruktionsleichtbau und Systemleichtbau. Laut Definition sind alle Metalle mit einer Dichte unter 5 g/cm^3 Leichtmetalle.

Um einen geeigneten Werkstoff für die Vordertür zu finden, müssen unterschiedliche Materialien miteinander verglichen werden. Die unterschiedlichen Eigenschaften der Werkstoffe bestimmen die Auswahl des zu verwendenden Grundstoffes. Wichtige Eigenschaften der Rohstoffe sind eine möglichst hohe Festigkeit und Steifigkeit, um eine stabile Form zu gewährleisten. Weiterhin sollte das Material eine geringe Dichte aufweisen um eine geringe Masse gewährleisten zu können. Des Weiteren sollte das Element Korrosionsbeständigkeit sein, denn die Türinnenverkleidung ist mehr im Außenbereich der Fahrzeurtür angebracht. Der Werkstoff sollte ebenfalls auch schlag- und kratzfest sein, um eine saubere Oberfläche sicherzustellen. Auch die optischen Eigenschaften der Oberfläche des Materials sollten ansprechend sein, um einen Design Vorteil zu bringen. Auch die Werkstoffkosten sollten gering ausfallen. Folgend werden diverse Materialien untersucht und ausgewertet.

Magnesium:

Magnesium ist ein beliebter Werkstoff für den Leichtbau im Kfz- Bereich. Die Kosten halten sich in Grenzen, denn Magnesium kommt im Gegensatz zu anderen Metallen sehr häufig in der Erdkruste vor. Im Ranking aller Metalle ist Magnesium mit 2,8% in der Erdkruste auf Platz drei [20, S. 5]. Nachteilig bei Magnesium ist die geringe Korrosionsbeständigkeit, deshalb sollte eine Schutzschicht auf das Material aufgebracht werden. Weiterhin ist Magnesium schlecht umformbar, was ein Nachteil in der Herstellung ist.

Tafel 4: Materialeigenschaften Magnesium

Dichte	E- Modul	Zugfestigkeit
1,73 g/cm ³	45 GPa	80 – 180 MPa

Wie in der Tafel zu erkennen ist besitzt Magnesium eine geringe Dichte, was eine geringe Masse für das Bauteil ergibt. Nachteilig ist erkennbar, dass Magnesium eine geringe Festigkeit und Steifigkeit besitzt [20, S. 51]. Ein weiterer Nachteil ist die Herstellung eines Magnesiumbauteils, denn das Werkzeug muss auf 200°C gehalten werden, was letztendlich die Herstellungskosten erhöht.

Titan:

Titan wird häufig im Freizeitsport verwendet, um leichtere Geräte und Fahrzeuge zu verwenden. Titan besitzt eine gute Korrosionsbeständigkeit, deshalb muss keine Schutzschicht aufgetragen werden. Dies spart einen weiteren Schritt in der Herstellung ein und spart somit Kosten und Aufwand. Titan ist in der Herstellung für ein Bauteil sehr kostenintensiv. Weiterhin ist die Anschaffung des Materials im Einkauf ebenfalls sehr kostspielig.

Tafel 5: Materialeigenschaften Titan

Dichte	E- Modul	Zugfestigkeit
4,5 g/cm ³	111,8 GPa	290 – 740 MPa

Wie in der Tafel zu erkennen ist besitzt Titan eine höhere Dichte was eine höhere Masse im Vergleich zu anderen Leichtmetallen ergibt. Vorteilhaft hingegen ist die hohe Festigkeit und Steifigkeit, was in der Konstruktion berücksichtigt werden sollte und eine geringere Wandstärke gewährleistet. Dadurch kann die höhere Dichte wieder ausgeglichen werden [20, S. 64].

Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK):

GFK wird zunehmend in der Fahrzeugindustrie verwendet. Die Herstellung der GFK Matten ist sehr günstig, denn der Verbund besteht aus zwei Teilen und wird miteinander verwebt und mit Kunststoff umspritzt. Da GFK aus Kunststoff und Glasfaser besteht ist das Material gegen Korrosion immun. Auch die Anschaffungskosten der Materialien sind sehr günstig.

Tafel 6: Materialeigenschaften GFK

Dichte	E- Modul	Zugfestigkeit
2,55 g/cm ³	73 GPa	3400 MPa

Wie in der Tafel zu erkennen ist, besitzt GFK eine durchschnittliche Dichte, dadurch wird die Masse des Bauteils annehmbar. Weiterhin ist zu erkennen, dass GFK eine sehr hohe Zugfestigkeit und eine annehmbare Steifigkeit besitzt [21, S. 14]. Aber es handelt sich um einen Kunststoff, dadurch sind die Festigkeiten und Steifigkeiten nicht aussagekräftig für die Stabilität des Werkstoffes. Hierzu sollte von der Bruchdehnung ausgegangen werden, um eine aussagekräftige Einschätzung über die Stabilität zu gewährleisten. Die Bruchdehnung lässt sich aus den Wöhler Kurven ermitteln. Da die Wöhler Kurven aus Prüfstanduntersuchungen ermittelt werden, würde das den Rahmen sprengen. Es kann hier nur eine Grobabschätzung vorgenommen werden.

Kohlenstoffverstärkter Kunststoff (CFK):

CFK wird zunehmend in der Fahrzeugindustrie verwendet. Die Herstellung der CFK Matten ist eher kostenintensiv, denn die Herstellung der C- Faser ist ein kostspieliger Prozess. Auch hier besteht der Verbund aus einem Fasergewebe und einer Kunststoffummantelung. Da CFK sich aus C- Faser und Kunststoff zusammensetzt, ist dieser Werkstoff immun gegen Korrosion. Der Erwerb der C- Faser ist im Einkauf durch die aufwändige Herstellung sehr kostenintensiv.

Tafel 7: Materialeigenschaften CFK

Dichte	E- Modul	Zugfestigkeit
1,8 g/cm ³	290 GPa	5400 MPa

Wie in der Tafel zu erkennen ist besitzt CFK eine geringe Dichte, was einen Massevorteil im Bauteil bringt. Es ist zu erkennen, dass CFK eine sehr hohe Festigkeit und Steifigkeit besitzt [21, S. 25]. In diesem Fall kann nur eine Grobabschätzung über die Stabilität des Bauteiles gemacht werden.

Im Auswahlverfahren der vier Werkstofftypen, fällt die Entscheidung auf CFK. Magnesium ist in der Herstellung des Bauteiles zu kostenintensiv und mit höherem Aufwand verbunden. Weiterhin ist die Korrosionsgefahr am Fahrzeug durch

Magnesium ein großer Nachteil. Titan besitzt eine hohe Dichte, höher als die von Aluminium, dem Material am Referenzfahrzeug. Ebenso ist Titan zu kostenintensiv in der Anschaffung und Herstellung des Bauteils. GFK könnte auch in Betracht gezogen werden, denn der Kostenvorteil in Anschaffung und Produktion des Bauteiles ist von großem Wert. CFK wurde als Favorit gewählt, weil es im Gegensatz zu den anderen Leichtwerkstoffen eine geringe Dichte aufweist. Weiterhin ist es immun gegen Korrosion. Ein weiterer Vorteil ist die Schlag- und Kratzfestigkeit. Weiterhin besitzt CFK noch gute Vibrationsdämpfungen, dies ist ein Vorteil für die Vibrationsaufnahme im Türbereich. Als weiterer Vorteil dient die Carbonoptik für das optische Design. Die Kostenfrage von CFK muss mit dem Hersteller vereinbart werden.

6.1.1 Aufbau des CFK- Gewebes

Damit CFK im Automobil verwendet werden kann, muss sichergestellt werden wie das CFK- Gewebe aufgebaut werden soll. Daraus ergibt sich die letztendliche Konstruktion für ein Bauteil. Das CFK- Gewebe ist in mehreren Lagen aufgebaut, die in unterschiedlichen Winkelausrichtungen zueinander liegen. Diese Ausrichtung ist notwendig, um eine Kräfteeinleitung von mehreren Richtungen sicherzustellen. C- Fasern werden miteinander verwebt und ergeben eine Lage (vgl. Bild 29). Diese Fasern werden 90° zueinander mit einer Leinwandbindung verwebt, um eine feste, geschlossene Fläche zu erzeugen. Weiterhin werden mit dieser Anordnung der Fasern die Kräfte von zwei Seiten aufgenommen (vgl. Bild 28).



Bild 29: Leinwandbindung [22, S. 2]

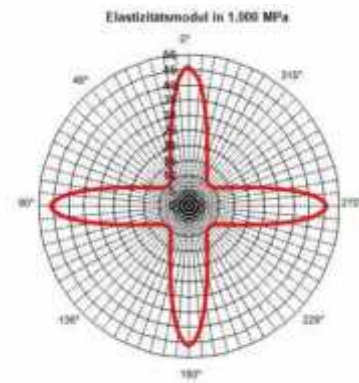


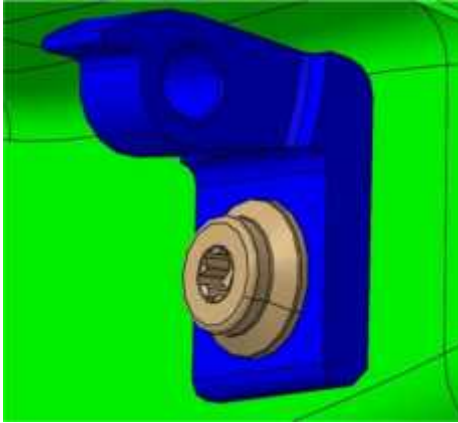
Bild 28: Kräfteaufnahme einer Lage [23]

Damit die verwebten Fasern auch fixiert werden können, wird eine Kunststoffmatrix in die Fasern mit eingespritzt. Die Kunststoffmatrix besteht aus PA 66. Dieser Kunststoff ist ein Thermoplast und eignet sich gut als Matrixwerkstoff. Die Matrix dient als Leiter für die Kräfte in den Fäden und zum Weiterleiten der Kräfte von Fiber zu Fiber. Weiterhin stützt die Matrix die Fasern bei Druckbeanspruchung und schützt die Stränge vor äußeren Einwirkungen. Da das Gewebe in Lagen aufgebaut ist, dient die Matrix auch als Bindemittel zwischen den Lagen.

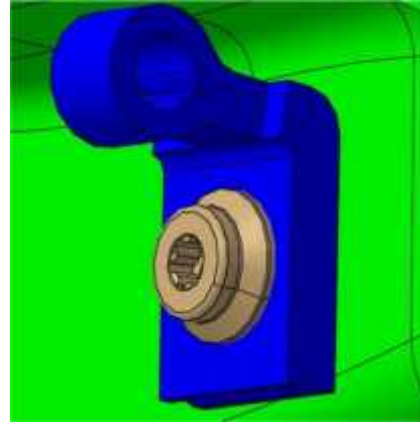
6.2 Leichtbauvarianten der Vordertür

Um bei einer KFZ- Tür Masse zu sparen, können folgende Umkonstruktionen vorgenommen werden. Die Metallverschraubungen können mit Keramikschrauben substituiert werden, denn Keramik besitzt eine geringere Dichte als Metall und besitzt eine hohe Festigkeit. Die Stanznuten können aus Kunststoff hergestellt werden, um Masse zu sparen. Eine weitere Möglichkeit wäre die Fensterscheibe aus Kunststoff herzustellen, zu beachten ist folglich die Fensterscheibe so anzuordnen, dass keine Kratzer auf der Scheibe entstehen können. Es ist zu erkennen, dass der Trend im Automobilbereich von Metallkonstruktionen zu Kunststoffkonstruktionen übergeht. Diese Umstrukturierung wird weiter fortgeführt, denn Kunststoff ist wesentlich leichter als Metall. Aus diesem Grund wurde eine Aluminiumtür zu einer CFK- Tür umkonstruiert. Um den Rahmen nicht zu sprengen, wurde nur die Vordersäule umkonstruiert. Damit Aluminiumteile mit CFK- Teilen verbunden werden können, werden Verbindungsvarianten ermittelt.

Im ersten Schritt wurden die Scharniere von einer Stahlkonstruktion in eine CFK- Variante umkonstruiert (vgl. Bild 30).



Stahlkonstruktion



CFK- Konstruktion

Bild 30: Türscharnierkonstruktion Vordertür

Die CFK- Konstruktion wurde mit acht CFK- Lagen konstruiert, um eine ausreichende Steifigkeit zu gewährleisten. Dadurch ergibt sich eine Stärke des Gewebes um die Buchse für den Bolzen von 4mm und für die Stege von 8mm. Die Herstellung des Scharniers erfolgt über das Umlegen des CFK- Gewebes um die Buchse für den Bolzen zwischen Tür- und Karosseriescharnier. Somit wird die Buchse in das Türscharnier mit einlaminiert. Die Verbindung des CFK- Gewebes miteinander erfolgt über die Matrix PA 66. Da es sich um einen Thermoplast handelt, kann die Oberfläche aufgeschmolzen werden, so dass die beiden Oberflächen miteinander verschmelzen und eine einheitliche Verbindung eingehen. Die Stahlkonstruktion besitzt eine Masse von 109 g. Um die CFK- Konstruktion vergleichen zu können, muss die Masse des CFK- Teils erst errechnet werden. Dazu wird die allgemeine Formel $m = V \cdot \rho$ (3) verwendet. Das Volumen wurde über Fläche * Breite errechnet, die Fläche und die Breite wurden über CATIA ermittelt. Bei der Berechnung am CFK- Teil wird in Formel (3) mit zwei Dichtewerten gerechnet. Zum einen der Faseranteil und zum anderen der Matrixanteil. Der Faseranteil geht mit 40% ein und der Matrixanteil mit 60% [23]. Die CFK- Fasern besitzen eine Dichte von $\rho_{CFK} = 1,3 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$ und die PA 66 Matrix besitzt eine Dichte von $\rho_{PA66} = 1,14 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$ [21, S. 45]. Das Volumen der Scharniere liegt bei: $V_{Scharnier-Tür} = 1,249 \cdot 10^{-5} m^3$. Unter Verwendung der Formel (3) ergibt sich die Gleichung:

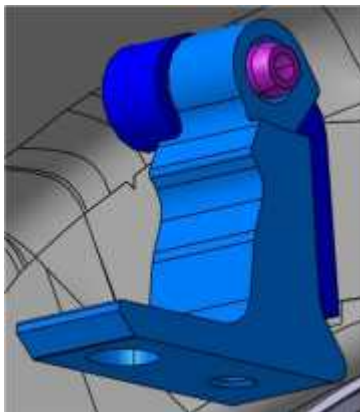
$$m_{\text{Scharnier-Tür}} = V_{\text{Scharnier-Tür}} * (\rho_{\text{CFK}} * 0,4 + \rho_{\text{PA66}} * 0,6) \quad (4)$$

$$m_{\text{Scharnier-Tür}} = 1,249 * 10^{-5} \text{m}^3 * (1,8 * 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,4 + 1,14 * 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,6)$$

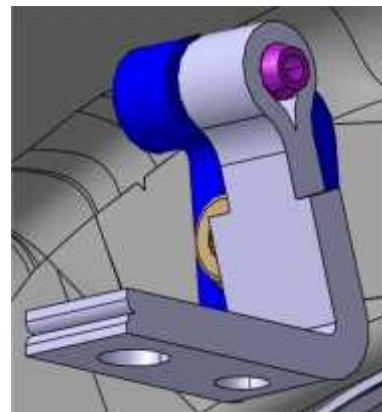
$$m_{\text{Scharnier-Tür}} = 0,018 \text{ kg} = 18 \text{ g}$$

Somit ergibt sich für das CFK- Türscharnier eine Masse von 18 g. Im Gegensatz zum Stahlscharnier mit 109 g ergibt sich eine Masseersparnis von 91 g. Das ergibt eine Reduzierung von 83,5%. Diese hohe Masse Ersparnis lässt sich aus dem großen Dichteunterschied zwischen dem Stahl- und CFK- Teil erklären.

Um die Massereduzierung weiter zu vergrößern, wurden nicht nur die Türscharniere umkonstruiert, sondern zusätzlich auch die Karosseriescharniere. Die Karosseriescharniere sind ebenfalls aus Stahl und wurden zu einer CFK- Variante umgebaut (vgl. Bild 31).



Stahlkonstruktion



CFK- Konstruktion

Bild 31: Karosseriescharnierkonstruktion Vordertür

Die Anzahl der CFK- Lagen wie die Stärke des Karosseriescharniers ist gleich wie bei den Türscharnieren. Der Unterschied zu den Türscharnieren liegt in den Abmessungen der Geometrie und in den Befestigungspunkten. Es werden zwei Befestigungspunkte im Scharnier vorgesehen, um erstens eine sichere Verbindung zu gewährleisten und um zweitens eine definierte Lage des Karosseriescharniers sicherzustellen. Die Anbringung des Karosseriescharniers an der Karosserie, wird über zwei Schrauben vollzogen. Das Türscharnier wird nur über eine Schraube befestigt. Die Fixierung der eindeutigen Lage des Türscharniers wird über die eindeutige Lage des Karosseriescharniers über den Bolzen hergestellt. Die Herstellung des Karosseriescharniers ist die Gleiche wie die des Türscharniers. Die

Masse des Stahlscharniers beträgt 195 g. Um die Masse des CFK- Scharniers ermitteln zu können, muss über die Formel (3) die Masse errechnet werden. Abmaße der Konstruktion werden wieder über CATIA ermittelt, um das Volumen zu erhalten. Der Matrix- und Faseranteil liegt weiterhin bei 60% und 40%. Der Volumenanteil der CFK- Konstruktion liegt bei: $V_{\text{Scharnier-Kar}} = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$. Über Formel (3) mit den Dichtewerten von CFK und PA66 kann folgende Gleichung erstellt werden:

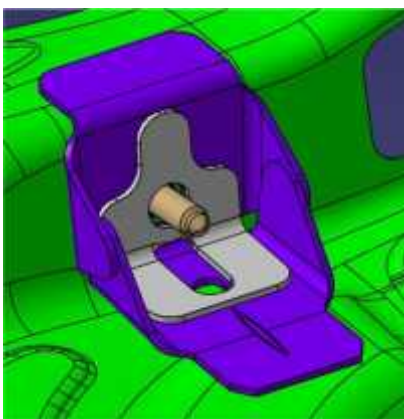
$$m_{\text{Scharnier-Kar}} = V_{\text{Scharnier-Kar}} * (\rho_{\text{CFK}} * 0,4 + \rho_{\text{PA66}} * 0,6) \quad (5)$$

$$m_{\text{Scharnier-Kar}} = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 * (1,8 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,4 + 1,14 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,6)$$

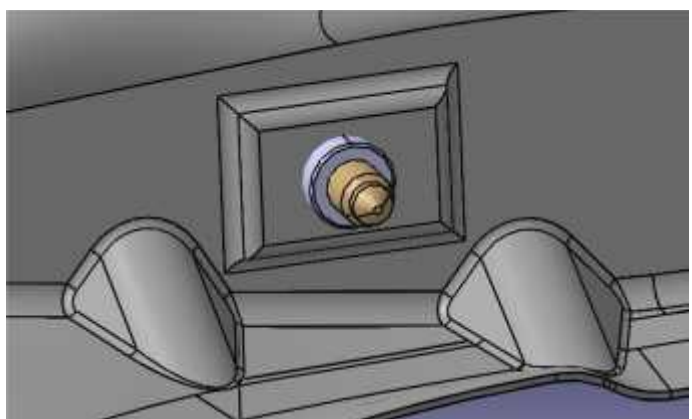
$$m_{\text{Scharnier-Kar}} = 0,029 \text{ kg} = 29 \text{ g}$$

Es ergibt sich eine Masse für das CFK- Karoseriescharnier von 29 g. Im Vergleich zum Stahlscharnier mit 195 g ergibt das eine Masseeinsparung von 166 g mit einer Reduzierung von 85%. Dieser große Unterschied lässt sich wieder durch den großen Abstand der unterschiedlichen Dichtewerte von Stahl und Faserverbund erklären.

Im nächsten Schritt wurden die Scharnierversteifungen in der Fahrzeugtür umkonstruiert. Aus den Aluminiumversteifungsteilen wurde die Versteifungskomponente mit in das CFK- Teil integriert, um die Masse zu reduzieren und um zusätzliche Teile einzusparen (vgl. Bild 32).



Aluminiumversteifung



CFK- Versteifung

Bild 32: untere Scharnierversteifung Vordertür

Das Versteifungsteil wurde über den Stegen im CFK ersetzt. In der CFK- Versteifung übernehmen die Versteifungsrippen die Lastaufnahme und halten die Konstruktion

stabil. Die Versteifungselemente werden gleich mit in der Herstellung des CFK-Gesamtteils einbezogen. Dies wird über Einleger in der Herstellungsform realisiert und die Versteifungsrippen bekommen so ihre Form. Durch die Ersetzung eines Versteifungsteiles erspart dies Kosten, Aufwand und einen Bearbeitungsschritt, ebenso wird dadurch Masse eingespart. Damit die Schraube befestigt werden kann, wurde die Mutter in das Gewebe mit einlaminiert. Vorteil dieser Variante, ist die sichere Befestigung der Mutter in der Konstruktion. Aus diesem Grund wurde die Oberfläche der CFK- Konstruktion aufgedickt (vgl. Bild 31 CFK- Versteifung). Die Aufdickung erfolgte über zehn rechteckige Lagen und besitzt eine Stärke von 5 mm. Damit die Rausreißgefahr des Scharniers über die Versteifung gering bleibt, wird ein Aluminiumblech in das CFK- Teil eingebracht (vgl. Bild 33).

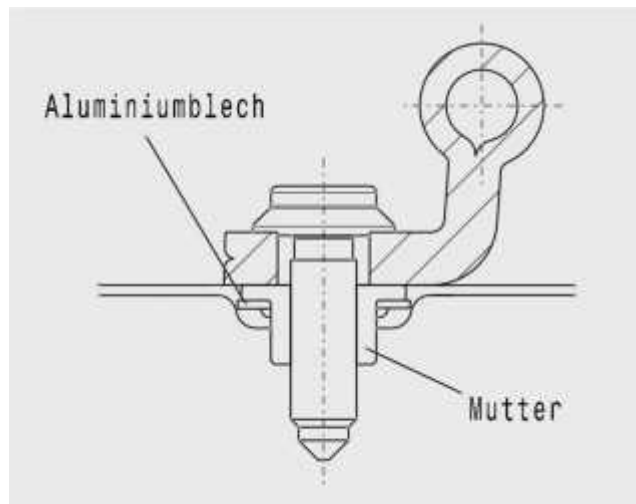


Bild 33: Mutter mit Aluminiumblech

Die Masse beider Komponenten Mutter mit Aluminiumblech beträgt 43 g. Um wieder die Masse der CFK- Konstruktion zu ermitteln, wird über die Formel (3) die Masse errechnet. Die Flächen wurden wieder über CATIA ermittelt und mit den Dicken des Gewebes multipliziert um das Volumen zu erhalten. Der Faser- und Matrixanteil besteht weiterhin bei 40% und 60%. Das Volumen der CFK- Konstruktion mit Versteifungsrippen und Flächenaufdickung liegt bei: $V_{\text{Versteifung}} = 0,8 * 10^{-5} m^3$. Mit den Dichtewerten von CFK und PA66 kann über die Formel (3) folgende Gleichung erstellt werden:

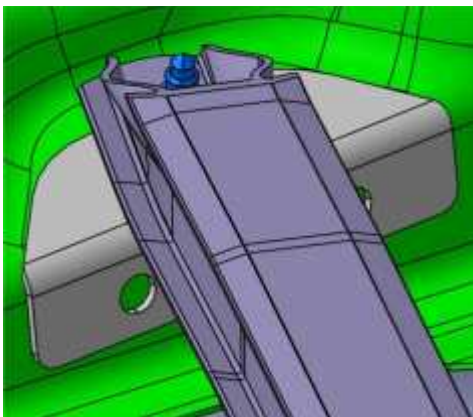
$$m_{\text{Verstei-unt}} = V_{\text{Verstei-unt}} * (\rho_{\text{CFK}} * 0,4 + \rho_{\text{PA66}} * 0,6) \quad (6)$$

$$m_{\text{Verstei-unt}} = 0,8 * 10^{-5} \text{m}^3 * (1,8 * 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,4 + 1,14 * 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,6)$$

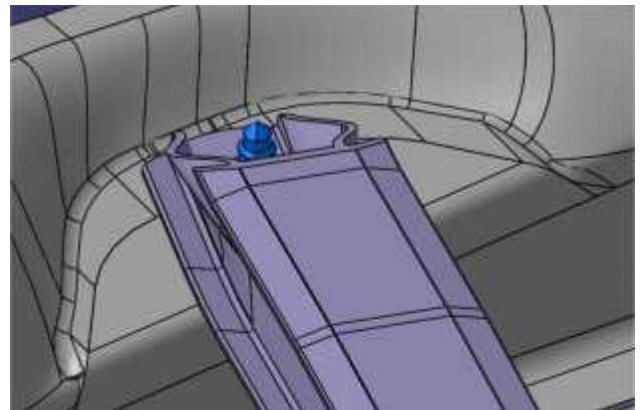
$$m_{\text{Verstei-unt}} = 0,011 \text{kg} = 11 \text{g}$$

Hinzu kommt noch die Verstärkung am Scharnier, um die Rausreißgefahr zu minimieren. Die Mutter mit Aluminiumblech im CFK hat eine Masse von 43 g und addiert sich zu der CFK- Verstärkung mit 11 g hinzu. Es ergibt eine Gesamtmasse von 54 g für die CFK- Verstärkungskonstruktion am Scharnier im unteren Teil des Fahrzeuges. Im Vergleich zur Aluminiumverstärkung mit 97 g ergibt sich eine Masseverminderung von 43 g. Das ergibt eine Massereduzierung von 45%. Trotz der Mutter mit Aluminiumblech im CFK ist die CFK- Konstruktion leichter als die Aluminiumkonstruktion, somit ist die CFK- Verstärkung ausreichend steif und leichter als die Aluminiumverstärkung.

Desweiteren wurde die Aluminiumplatte für das Strangpressprofil mit einer CFK- Aufdickung in der CFK- Konstruktion ersetzt (vgl. Bild 34).



Aluminiumunterlage



CFK- Unterlage

Bild 34: Strangpressprofilunterlage Vordertür

Diese Vorgehensweise soll nicht nur Masse sparen, sondern auch zusätzliche Teile vermeiden. Daraus ergeben sich kleinere Kosten und die Einsparung weiterer Bearbeitungsschritte. Die Aufdickung am CFK- Teil erfolgt über Auflegung mehrerer CFK- Lagen bis die erforderliche Stärke erreicht wird. Die Aufdickung beträgt 2,4 mm und besitzt fünf CFK- Lagen. Die Aluminiumunterlage hat eine Masse von 39 g. Um die Masse der CFK- Unterlage zu ermitteln, wird wieder die Formel (3) verwendet. Die Flächen und Dicken wurden im CATIA ermittelt und miteinander multipliziert, um

das Volumen zu erhalten. Der Matrixanteil beträgt weiterhin 60% und der Faseranteil 40%. Der Volumenanteil für die CFK- Unterlage beträgt: $V_{\text{Unterlage}} = 1,44 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$. Mit den Dichtewerten von CFK und PA66 kann über Formel (3) folgende Gleichung erstellt werden:

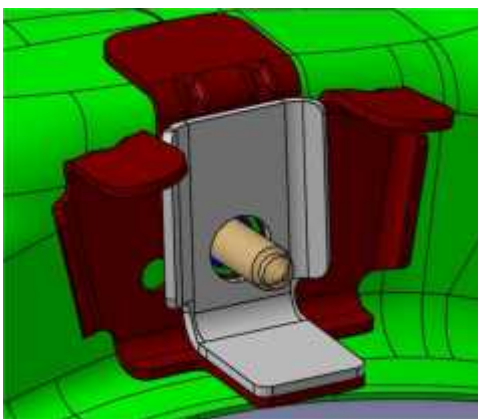
$$m_{\text{Unterlage}} = V_{\text{Unterlage}} * (\rho_{\text{CFK}} * 0,4 + \rho_{\text{PA66}} * 0,6) \quad (7)$$

$$m_{\text{Unterlage}} = 1,44 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 * (1,8 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,4 + 1,14 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,6)$$

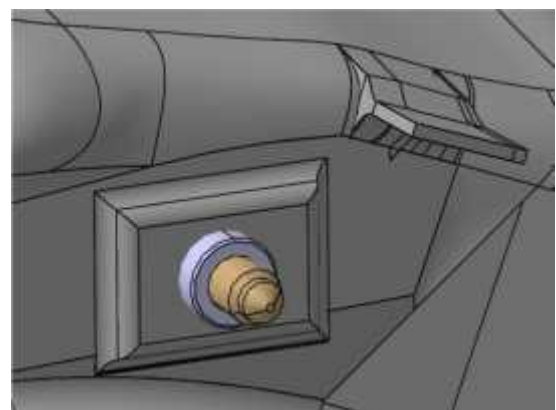
$$m_{\text{Unterlage}} = 0,020 \text{ kg} = 20 \text{ g}$$

Im schlussentscheidenden Vergleich der Aluminiumunterlage und der CFK- Unterlage ist die CFK- Unterlage deutlich leichter. Mit einer Masse von 39 g des Aluminiumteils im Gegensatz zum CFK- Teil mit 20 g, ergibt sich eine Massereduzierung von 19 g. Das ergibt eine Massereduzierung von 49%. Da keine zusätzliche Versteifung existiert, steht das Dichteverhältnis von Aluminiumunterlage mit $2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ und der CFK- Unterlage mit $1,8 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ zu 40% und $1,14 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ zu 60% im Vergleich und erklärt somit den großen Masseunterschied [20, S. 11].

Im letzten Schritt wurde die Scharnierversteifung von Aluminium zu CFK im oberen Fahrzeugteil umkonstruiert (vgl. Bild 35).



Aluminiumkonstruktion



CFK- Konstruktion

Bild 35: obere Scharnierversteifung Vordertür

Die untere Lippe in der Aluminiumkonstruktion konnte in der CFK- Konstruktion weggelassen werden, da diese Stege nur zum Befestigen der beiden Aluminiumteile

dient. Diese waren in der Konstruktion notwendig, um beide Teile miteinander zu vernieten. Da es in der oberen CFK- Versteifung keine Einzelteile gibt, ist diese Lippe überflüssig. Der obere mittige Steg in der Aluminiumkonstruktion ist zum Fixieren des Teiles vorhanden. In der CFK- Konstruktion existiert kein Einzelteil und somit ist die obere mittige Fixierung nicht notwendig und kann weggelassen werden. Um wieder die Mutter in das CFK- Gewebe mit einzulaminieren, wurde die Oberfläche an der Stelle der Schraube wieder aufgedickt. Die Aufdickung beträgt 5 mm und besitzt zehn zusätzliche CFK- Lagen. Um die Rausreißgefahr wieder zu minimieren wurde ebenfalls ein Aluminiumblech mit einlaminiert (vgl. Bild 33). Die rechte obere Lippe wird aus dem CFK- Gewebe über das Zusammenführen der Lagen über stringerversteiften Paneelen aus der Form heraus laminiert (vgl. Bild 36).

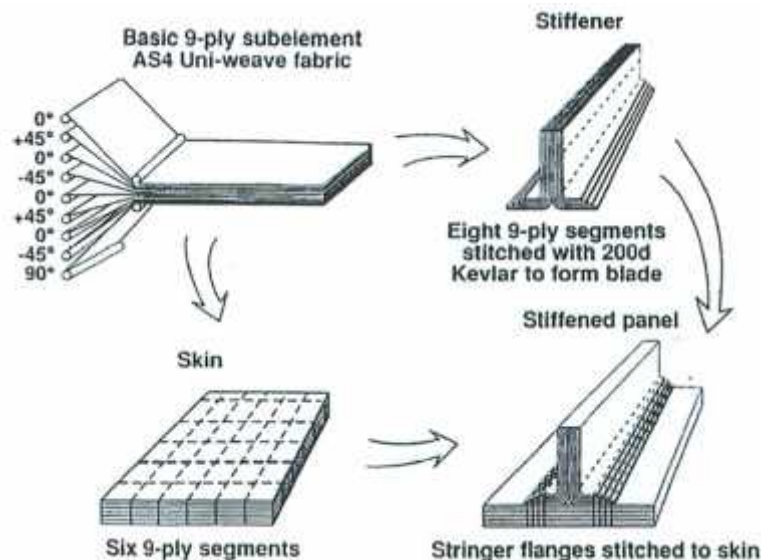


Bild 36: Stringerversteiften Paneelen in Nähetechnik [22, S. 14]

Die Stärke der Stege beträgt 2,4 mm und besitzt fünf CFK- Lagen. Die linke obere Lippe in der Aluminiumkonstruktion kann in der CFK- Konstruktion entfernt werden, denn in der Aluminiumkonstruktion ist die Versteifung nur wegen der Symmetrie vorhanden. Ein weiterer Vorteil für die Substitution des Aluminiumbauteils ist die Einsparung von Einzelbauteilen. Dies spart nicht nur Masse, sondern auch Kosten und zusätzliche Arbeitsschritte. Die obere Aluminiumversteifung besitzt eine Masse von 58 g. Um wieder die Masse der CFK- Konstruktion zu ermitteln, wird wieder die Formel (3) verwendet. Die Flächen und Dicken der Versteifung werden wieder über CATIA ermittelt und miteinander multipliziert um das Volumen zu erhalten. Das Volumen der oberen Scharnierversteifung liegt bei: $V_{\text{Versteif-oben}} = 5,05 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$. Der

Matrix- und Faseranteil beträgt weiterhin 60% und 40%. Mit den Dichtewerten von CFK und PA66 kann über Formel (3) folgende Gleichung erstellt werden:

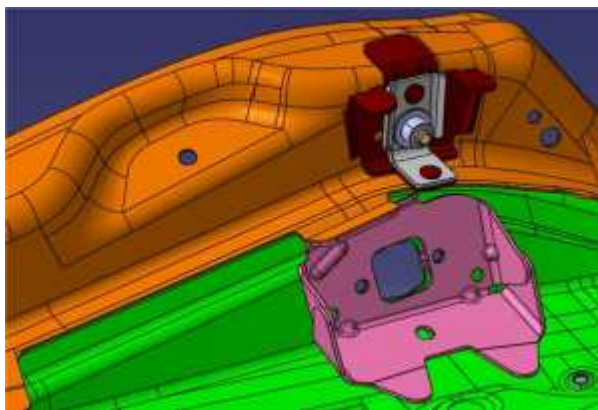
$$m_{\text{Versteif-oben}} = V_{\text{Versteif-oben}} * (\rho_{\text{CFK}} * 0,4 + \rho_{\text{PA66}} * 0,6) \quad (8)$$

$$m_{\text{Versteif-oben}} = 5,05 * 10^{-6} \text{m}^3 * (1,8 * 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,4 + 1,14 * 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,6)$$

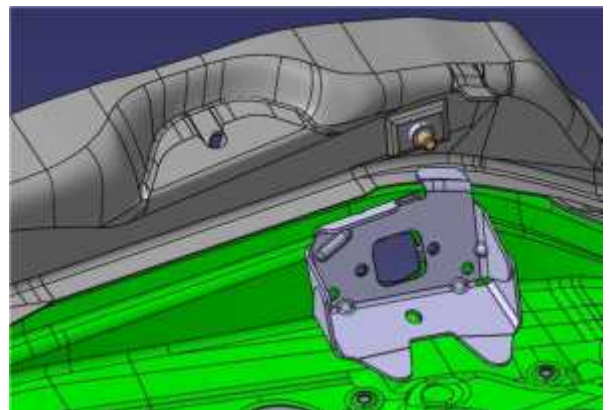
$$m_{\text{Versteif-oben}} = 0,007 \text{ kg} = 7 \text{ g}$$

Die reinen CFK- Materialien besitzen eine Masse von 7 g. Um die Scharnieranbindung ausreichend steif zu gestalten, kommt noch die Mutter mit Aluminiumblech hinzu, mit einer Masse von 43 g. Das ergibt eine Gesamtmasse für die CFK- Konstruktion von 50 g. Im Gegensatz zur Aluminiumkonstruktion mit 58 g ergibt das eine Masseeinsparung von 8 g. Das ergibt eine Einsparung von 14%. Diese Einsparung ist nicht sehr groß, denn durch die Scharnierversteifung aus Aluminium ergibt das keinen großen Vorteil in der Masseneinsparung.

Damit die CFK- Konstruktion sicher an der unteren Schale befestigt wird, wird eine Verbindung zwischen unterem und oberem Teil geschaffen. Diese Verbindung wird über ein Versteifungsteil in der Aluminiumkonstruktion realisiert (vgl. Bild 37).



Versteifungsteil Al- Konstruktion



Versteifungsteil CFK- Konstruktion

Bild 37: Befestigung CFK- Konstruktion Vordertür

Über eine zusätzliche Krallen im Versteifungsteil wird die Faserverbandsäule fixiert. In der Aluminiumsäule ist diese Befestigung nicht nötig, denn die Schalen werden über eine Schweißnaht verbunden. Diese Fügeart ist in der Leichtbauvariante nicht möglich, denn das Gewebe lässt sich nicht aufschmelzen und ist somit nicht schweißbar. Verbindungsvarianten der Krallen mit dem Kunststoff sind in Kapitel 6.3

„Verbindungsvarianten Al mit CFK“ zu finden. Da das Versteifungsteil in der Al-Konstruktion und in der CFK- Konstruktion aus Aluminium besteht, ist das Versteifungsteil in der CFK- Konstruktion massiver ausgeführt und wird einen Nachteil in der Gesamtrechnung besitzen. Diese Maßnahme ist aber erforderlich, um eine sichere Stabilität der Leichtbausäule zu gewährleisten. Die Masse des Versteifungsteils in der Aluminiumkonstruktion beträgt 104 g. Um die Masse der Befestigung in der Faserverbundkonstruktion zu ermitteln, wird über Formel (3) die Masse errechnet. Das Volumen wird über CATIA weiterhin ermittelt und mit der Dichte von Aluminium $\rho_{Alu} = 2,7 * 10^3 \frac{kg}{m^3}$ multipliziert. Das Volumen beträgt: $V_{Befestigung} = 4 * 10^{-5} m^3$. Daraus erstellt sich folgende Gleichung:

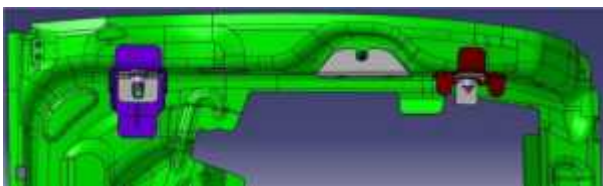
$$m_{Befestigung} = V_{Befestigung} * \rho_{Alu} \quad (9)$$

$$m_{Befestigung} = 4 * 10^{-5} m^3 * 2,7 * 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

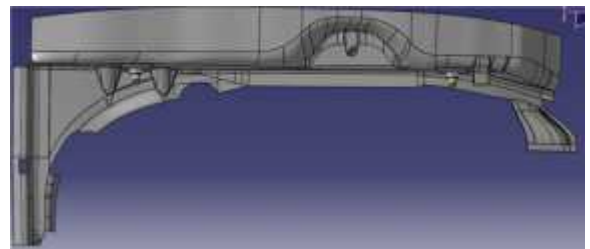
$$m_{Befestigung} = 0,108 kg = 108 g$$

Die Masse der Befestigung im Verbund ist gleich 108 g. Im Gegensatz zur Referenzvariante mit 104 g ergibt sich nur eine kleine Erhöhung der Masse. Dies ist dadurch zu erklären, da die Kralle nicht sehr massiv ausgeführt wurde. Es ist ein Masseanstieg von 4 g zu verzeichnen, das entspricht einen Zuwachs von 4%.

Die Säule mit den daran befestigten Scharnieren wurde von Aluminium zu einer CFK- Säule umkonstruiert, um einen Massevorteil zu erbringen (vgl. Bild 38).



Aluminiumsäule



CFK- Säule

Bild 38: Türsäule Vordertür

Das Aluminiumteil wird über Tiefziehen in die entsprechende Form gezogen. Der CFK- Faserkomplex hingegen wird trocken in eine Formhälfte gelegt. Die Formhälfte besitzt die Form des späteren, fertigen CFK- Teils, somit können gleich die

Versteifungsrippen in einem Bearbeitungsschritt mithergestellt werden. Im nächsten Schritt kommt die andere Formhälfte über die trockene CFK- Faserkomplexform und die Form (positiv) und Form (negativ) werden miteinander verklemmt. Danach wird zwischen den beiden Formen der Kunststoff unter Druck hineingepresst und es umschließt den trockenen Faserkomplex. Optional kann eine Vakuumentstützung die Kunststoffzufuhr zusätzlich fördern (vgl. Bild 39).

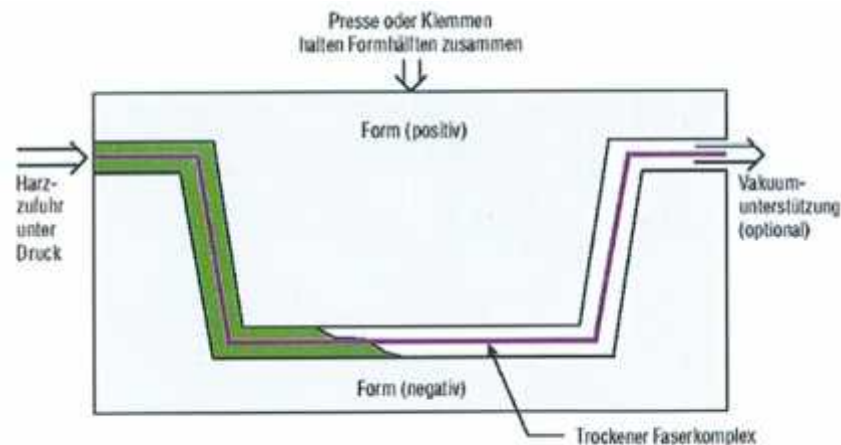


Bild 39: Herstellung der CFK- Säule [24, S. 55]

Eine andere Herstellungsmethode ist das Handlaminieren. Handlaminieren ist die älteste Herstellungsart von CFK- Geweben und wird noch von Hand verarbeitet. Diese Herstellungsmethode ist allerdings sehr zeitaufwändig und für die Serienproduktion ungeeignet. Die Stärke der CFK- Grundfläche beträgt 1,5 mm und besitzt drei CFK- Lagen. Da die Dicke der CFK- Konstruktion nur experimentell ermittelt werden kann und über FEM- Analyse berechnet wird, wird hier eine Stärke von 1,5 mm angenommen. Es werden nicht viele CFK- Lagen benötigt, denn die Krafteinleitung in der CFK- Säule kommt allein aus der z- Richtung und muss der Eigenmasse der Vordertür standhalten. Die Masse der Aluminiumsäule wurde über die Formel (3) errechnet. Die Flächen und Stärken des Aluminiumteils wurden über CATIA ermittelt und miteinander multipliziert um das Volumen zu bestimmen. Über die Dichte von Aluminium $\rho_{Alu} = 2,7 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$ und dem Volumen der Aluminiumsäule $V_{Alusäule} = 1,68 \cdot 10^{-4} m^3$ ergab sich eine Masse von 454 g. Die Masse der CFK- Säule wird ebenfalls über die Formel (3) errechnet. Die Flächen und Stärken der CFK- Säule werden weiterhin über CATIA ermittelt und werden miteinander multipliziert um das Volumen zu erhalten. Der Volumenanteil der CFK- Säule liegt

bei: $V_{CFK-Säule} = 1,87 * 10^{-4} m^3$. Der Faseranteil in der CFK- Säule liegt weiterhin bei 40% und der Matrixanteil bei 60%. Mit den Dichtewerten von CFK und PA66 lässt über die Formel (3) folgende Gleichung erstellen:

$$m_{CFK-Säule} = V_{CFK-Säule} * (\rho_{CFK} * 0,4 + \rho_{PA66} * 0,6) \quad (10)$$

$$m_{CFK-Säule} = 1,87 * 10^{-4} m^3 * (1,8 * 10^3 \frac{kg}{m^3} * 0,4 + 1,14 * 10^3 \frac{kg}{m^3} * 0,6)$$

$$m_{CFK-Säule} = 0,263 kg = 263 g$$

Im Gegensatz zur Aluminiumsäule von 454 g, hat die CFK- Säule mit einer Masse von 263 g einen Massevorteil von 191 g. Das ist eine Masseersparnis von 42%. Auch in diesem Fall lässt sich die große Massereduzierung auf die geringere Dichte des CFK- Gewebes zurückführen.

In der Aluminiumkonstruktion existieren wie in der CFK- Konstruktion zwei Türschalen die miteinander verbunden sind. In der reinen Aluminiumkonstruktion werden die beiden Hälften über eine Lasernaht miteinander verschweißt. In der CFK- Konstruktion ist dies nicht möglich, denn CFK lässt sich nicht aufschmelzen, was eine Schweißverbindung nicht möglich macht. Hierzu wird in der CFK- Schale eine zusätzliche Verbindungshilfe benötigt. Die Verbindungshilfe wird über eine Schiene realisiert, indem das zweite Aluminiumteil eingehängt wird (vgl. Bild 40).

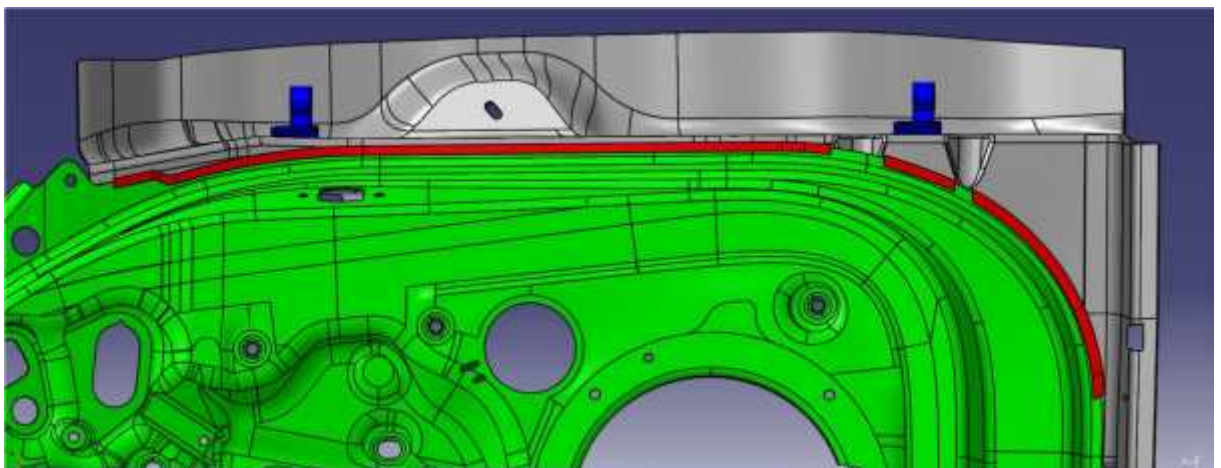


Bild 40: Schienenverbindung beider Türteile

Die Schiene wird, wie die Lippe in der oberen Scharnierversteifung, über mehrere Lagen auflaminiert und umschließt den Flansch der Aluminiumschale. Danach werden mit einer Kunststoffmatrix die Gewebelagen fixiert. Eine weitere Möglichkeit

der Herstellung liegt in der Aufdickung im Schienenbereich über mehrere Lagen, bis die erwünschte Höhe erreicht ist. Im nächsten Schritt wird eine Nut in das aufgedickte CFK- Gewebe eingefräßt. Die Stärke der Schiene liegt bei 1,5 mm und beinhaltet drei CFK- Lagen. Die Masse der Schiene wird auf die CFK- Konstruktion mit beaufschlagt und ist für die CFK- Konstruktion als Verbindungselement nicht substituierbar. Mithilfe von Formel (3) wird die Masse der Schiene bestimmt. Flächen und Stärke der Schiene wird über CATIA ermittelt und miteinander multipliziert um das Volumen zu errechnen. Das Volumen der Schiene beträgt: $V_{Schiene} = 1,2 * 10^{-5} m^3$. Der Matrixanteil liegt bei 60% und der Faseranteil liegt bei 40%. Mit den Dichtewerten von CFK und PA66 lässt über die Formel (3) folgende Gleichung erstellen:

$$m_{Schiene} \approx V_{Schiene} * (\rho_{CFK} * 0,4 + \rho_{PA66} * 0,6) \quad (11)$$

$$m_{Schiene} = 1,2 * 10^{-5} m^3 * (1,8 * 10^3 \frac{kg}{m^3} * 0,4 + 1,14 * 10^3 \frac{kg}{m^3} * 0,6)$$

$$m_{Schiene} = 0,017 kg = 17 g$$

Die Schiene in der CFK- Konstruktion besitzt eine Masse von 17 g und ist zusätzlich in der Gesamtmasserechnung mit enthalten.

In der folgenden Tafel wird ein Überblick der einzelnen Leichtbauvarianten aufgezeigt und miteinander verglichen. Am Ende der Tafel wird die Gesamtersparnis der Leichtbauvariante aufgezeigt.

Tafel 8: Überblick der CFK- Masseverteilung

Einzelteil	Referenzkonstr.	Leichtbaukonstr.	Masseersparnis
Scharnier Tür	109 g	18 g	83,5 %
Scharnier Karosserie	195 g	29 g	85 %
Versteifung unten	97 g	54 g	45 %
Unterlage	39 g	20 g	49 %
Versteifung oben	58 g	50 g	14 %
Befestigung	104 g	108 g	- 4 %
Säule	454 g	263 g	42 %
Schiene	-	17 g	-
Gesamt	1360 g	606 g	55 %

Bei der Gesamtmasse wurde mit jeweils zwei Scharnieren gerechnet, um auf das korrekte Ergebnis zu kommen. Die Referenzkonstruktion, also die Aluminiumkonstruktion, besitzt eine Gesamtmasse von 1360 g und die Leichtbaukonstruktion, also die CFK- Konstruktion besitzt, eine Masse von 606 g. Das ergibt eine Gesamtmasseersparnis von 55 %. Mit der CFK- Konstruktion wird über die Hälfte an Masse eingespart und bringt somit einen enormen Vorteil. Ein Nachteil hingegen sind die Kosten in der Herstellung der CFK- Konstruktion, denn sie liegen weitaus höher als in der Aluminiumkonstruktion. Dieser Punkt muss untersucht werden, ob sich der Umstieg auf die CFK- Konstruktion in der Kostenfrage lohnen würde. Zur Kostensenkung könnte auch statt CFK, GFK genutzt werden. Der Materialenaustausch müsste im Punkt Steifigkeit und Festigkeit untersucht werden, denn GFK besitzt eine geringere Steifigkeit als CFK. Der Herstellungsprozess ist der gleiche wie bei CFK, aber die Anschaffungskosten was Material betrifft ist wesentlich günstiger. Die Dichte von GFK liegt bei: $\rho_{GFK} = 2,55 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$ und ist somit höher als bei CFK, sodass die Masseersparnis im Vergleich zum CFK nachteilig ist, aber immer noch ausreichend, im Gegensatz zur Aluminiumkonstruktion. Die Verteilung des Faser- und Matrixanteil liegt weiterhin bei 60% Matrix- und 40% Faseranteil. In einer folgenden Tabelle ist ein Vergleich zwischen Aluminiumkonstruktion und GFK- Konstruktion zu erkennen.

Tafel 9: Überblick der GFK- Masseverteilung

Einzelteil	Referenzkonstr.	Leichtbaukonstr.	Masseersparnis
Scharnier Tür	109 g	21 g	81 %
Scharnier Karosserie	195 g	36 g	82 %
Versteifung unten	97 g	57 g	41 %
Unterlage	39 g	25 g	36 %
Versteifung oben	58 g	52 g	10 %
Befestigung	104 g	108 g	- 4 %
Säule	454 g	319 g	30 %
Schiene	-	20 g	-
Gesamt	1360 g	695 g	49 %

Bei der Gesamtmasse wurden ebenfalls mit zwei Scharnieren gerechnet, um auf das korrekte Ergebnis zu kommen. Die Masse bei der GFK- Leichtbaukonstruktion liegt bei 695 g und die Aluminiumkonstruktion liegt bei 1360 g. Das ergibt sich eine Massereduzierung von 49%. Der geringe Unterschied in der Masse zwischen der CFK- Konstruktion und der GFK- Konstruktion liegt im 60%igen Matrixvolumen, denn die Matrix besitzt in beiden Komponenten die gleiche Dichte. Der einzige Unterschied liegt in den unterschiedlichen Faserdichten in der Masserechnung. Der einzige Schwachpunkt in der GFK- Konstruktion liegt in der Steifigkeit und Festigkeit. Dieser Fakt müsste untersucht werden, ob sie den Lasten der Fahrzeugschür standhalten kann.

6.3 Verbindungsvarianten Al mit CFK

Im folgenden Kapitel werden verschiedene Verbindungsvarianten von Aluminium mit CFK aufgezeigt. Ziel ist es, eine optimale Verbindung zwischen der Aluminiumschale und der CFK- Schale zu finden. Als Ansatz der Lösungsfindung zu diesem Problem dient die Schiene in der CFK- Schale.

Als erste Verbindungsvariante wird eine Klebeverbindung untersucht. Die Aluminiumschale wird in die Schiene der CFK- Schale eingehängt und miteinander

verklebt (vgl. Bild 41). Dazu wird eine Klebepistole verwendet und diese drückt eine Klebespur in die Nut der Schiene hinein.

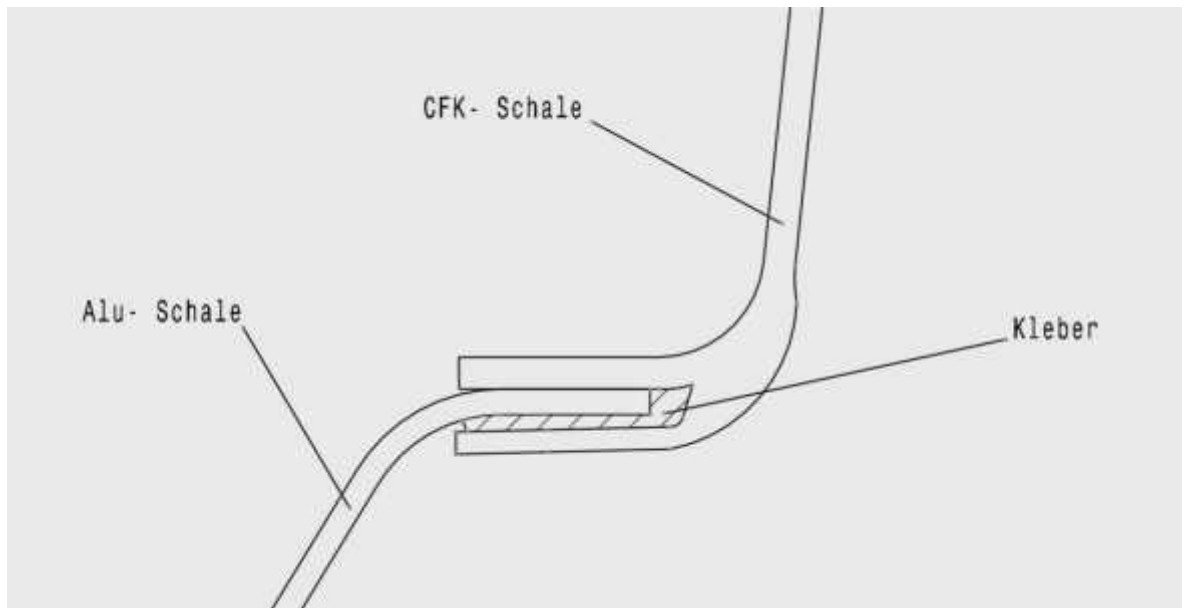


Bild 41: Verbindungsvariante Klebverbindung

Ein großer Vorteil dieser Verbindung ist die einfache und schnelle Herstellung der Fügevariante. Ein weiterer Vorteil ist der geringe Kostenpunkt. Dieser Vorteil erzielt sich zum einen in der einfachen Herstellung, wie in den geringen Materialkosten für diese Verbindung. Nachteilig ist zu erwähnen, dass bei der Aushärtzeit des Klebers das Teil gut fixiert werden muss, damit sich die Teile gegeneinander nicht verschieben. Des Weiteren muss die Aushärtzeit abgewartet werden, um weitere Produktionsschritte einzuleiten. Ein weiterer Nachteil liegt in der Alterung des Klebers, denn wenn die Lebensdauer des Klebers abgelaufen ist, kann das Aluminiumteil sich aus der Verankerung lösen.

In der 2. Variante liegt eine Nietverbindung vor. Der Niet wird in das Aluminiumteil mit dem CFK-Teil gepresst, somit ergibt sich eine feste Verbindung (vgl. Bild 42).

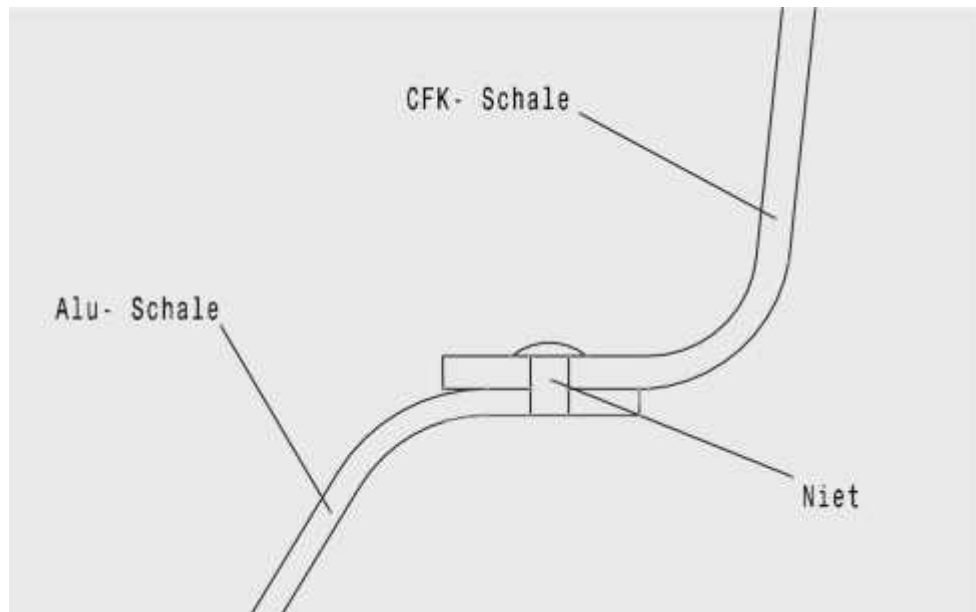


Bild 42: Verbindungsvariante Nietverbindung

Vor dem Pressvorgang wird eine Bohrung in das CFK- Teil und Al- Teil angefertigt. Der Bohrungsdurchmesser ist kleiner als der Nietdurchmesser, um eine sichere Presspassung zu liefern. Vorteilig bei dieser Variante ist die zugfeste Verbindung zwischen Al- Teil und CFK-Teil, das garantiert eine anhaftende und dauerhafte Verbindung. Nachteilig in dieser Fügevariante ist der größere Herstellungsaufwand, als bei der Klebverbindung. Des Weiteren liegen auch die Kosten höher, denn die Materialien und der Aufwand in der Herstellung sind aufwändiger und kostenintensiver als bei der Klebverbindung.

In der nächsten Version wird die Innenhochdruckfüge Variante untersucht. In diesen Komponenten wird eine Durchgangsbohrung in das CFK- Gewebe gebracht und in das Aluminiumteil wird ein Kragen gezogen. Im nächsten Schritt wird der Kragen in die Bohrung geführt und darin fixiert. Danach wird eine Druckdüse in den Kragen der Aluminiumschale geführt. Durch diese Druckdüse wird Flüssigkeit gepresst und weitet dadurch den Kragen des Aluteiles auf. Durch diesen Vorgang wird eine Presspassung mit der CFK- Bohrung angefertigt (vgl. Bild 43).

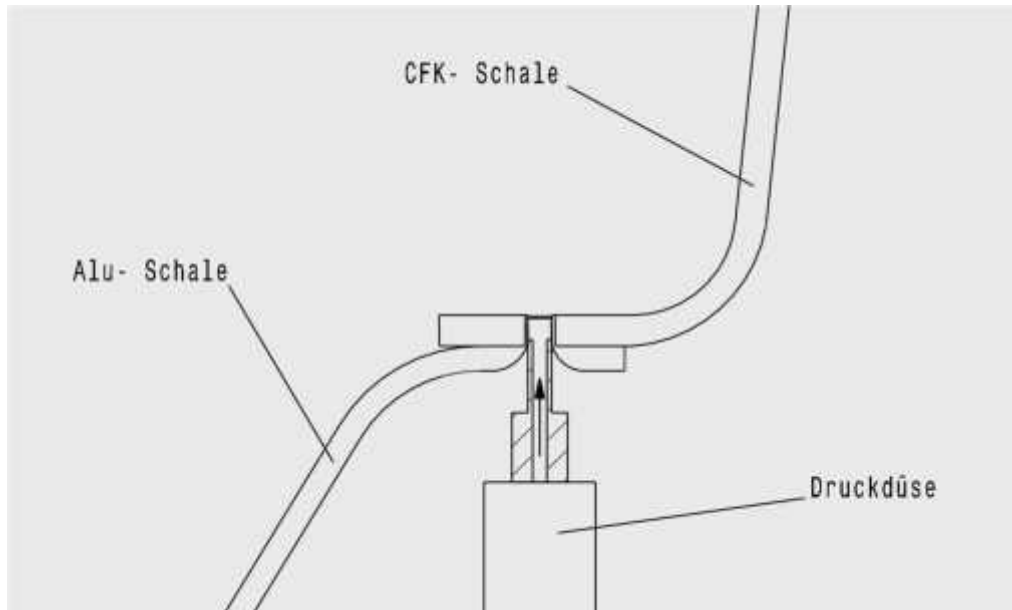


Bild 43: Verbindungsvariante Innenhochdruckfügen

In der Spitze der Druckdüse wird durch das verdrängte Medium eine Presspassung erzielt (vgl. Bild 44).

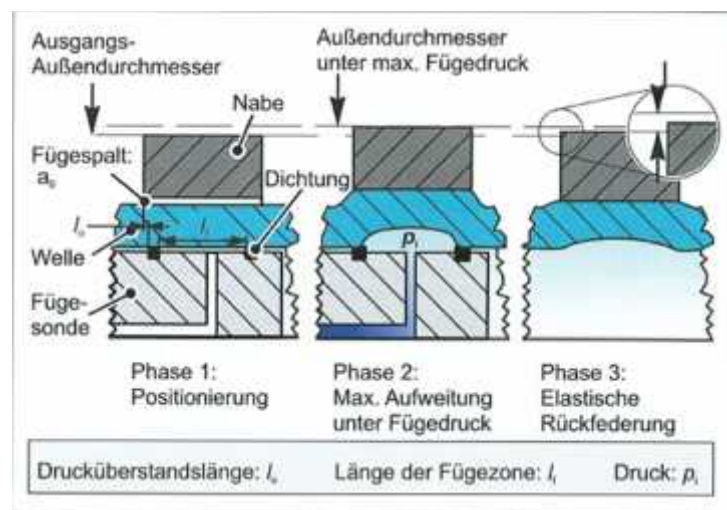


Bild 44: Fügeprinzip Innenhochdruckfügen [25, S. 841]

Durch die Presspassung mit hohem Pressdruck entsteht eine feste und stabile Verknüpfung. Weiterhin altert diese Verbindung nicht und bleibt eine lange Zeit erhalten. Ein weiterer Vorteil ist die einseitige Einführung der Druckdüse in die Bohrung. Nachteilig ist der hohe Aufwand im Fügemechanismus, denn durch das erstmalige Bohren und Kragenziehen in die beiden Schalen wird das System sehr

aufwändig. Ein weiterer Nachteil ist die Kostenfrage, denn durch den hohen Aufwand in der Herstellung der Verbindung kommen höhere Ausgaben zustande.

Eine weitere Füge-technik ist das Stanznieten. Dieses Konzept ist eine Weiterentwicklung des Nietens. In dieser Variante wird über eine Matrize und einem sich senkenden Stempel, ein Halbhohlstanzniet in die beiden Schalenlagen gepresst und es entsteht eine formschlüssige Verbindung (vgl. Bild 45).

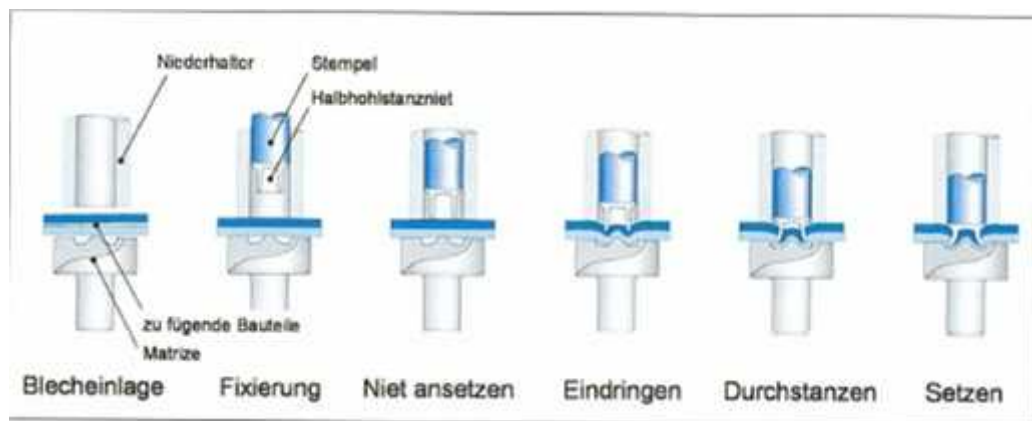


Bild 45: Fügeprinzip Stanznieten [25, S. 749]

Das folgende Schliffbild zeigt ein Beispiel einer Verbindung von Al-Teil mit einem Faserverbundteil (vgl. Bild 46).

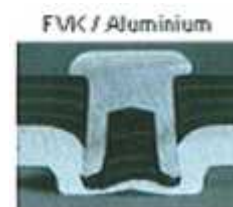


Bild 46: Schliffbild Stanznieten [25, S. 752]

In dieser Version fallen die vorbereitenden Arbeitsschritte weg. Es müssen beide Bauteile übereinander gelegt werden und es kann gefügt werden. Ein weiterer Vorteil ist die formschlüssige Verbindung, was eine sichere und dauerhafte Nahtstelle gewährleistet. In diesem Mechanismus kommen die Stanzwerkzeuge von beiden Seiten an die Füge-stelle schlecht heran.

Eine weitere Variante bietet das Blindnieten. In diesem Konzept wird in beiden Ebenen Durchgangsbohrungen gebracht, um eine Blindniethülse einzulassen. Im nächsten Schritt wird ein Nietdorn in die Hülse gesteckt und durch Einziehen des Nietdornes wird die Blindniethülse so umgeformt, dass eine formschlüssige Verbindung entsteht (vgl. Bild 47).

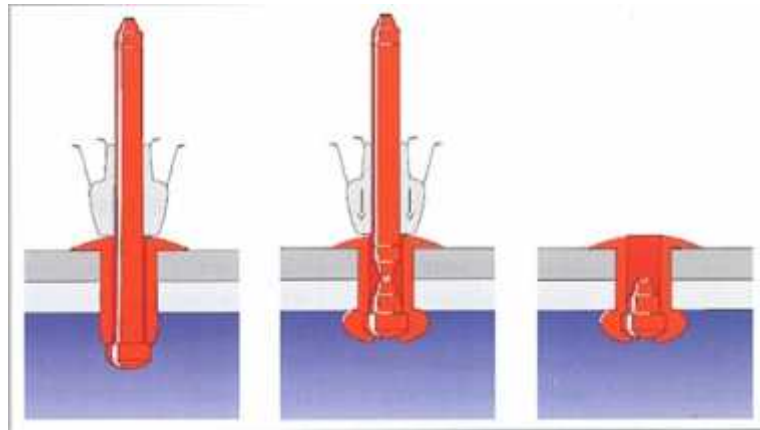


Bild 47: Fügeprinzip Blindnieten [25, S. 763]

Durch die formschlüssige Verbindung wird eine sichere Vereinigung zwischen CFK-Gewebe und Aluminiumschale gesichert. Ein weiterer Punkt ist die einseitige Verarbeitung des Setzvorganges des Stanzwerkzeuges, was an schwierigen Fügestellen die nur von einer Seite zugänglich sind von Vorteil ist. Nachteilig hingegen ist der höhere Kostenaufwand, denn zum Fügen werden mehrere Komponenten benötigt. Eine Unsicherheit bietet noch der Kopf des Nietdorns, denn bei nicht korrektem Anzug kann sich der Nietdorn aus der Hülse lösen und die Verbindung kann sich lösen.

Im letzten Fügemechanismus werden Hochgeschwindigkeitsbolzen gesetzt, um beide Schalen miteinander zu verbinden. In dieser Variante wird mit einer Pistole Bolzen in beide Schichten geschossen, um eine Nahtstelle zu erzeugen.

Im folgenden Schlißbild wird eine Paarung von einer Faserverstärkten Kunststoffplatte mit einer Aluminiumplatte gezeigt (vgl. Bild 48)



Bild 48: Schlißbild Hochgeschwindigkeitsbolzen [25, S. 810]

Welcher in dieser Version ist die einseitige Montage der Bolzen durch eine Pistole was das Erreichen der Fügestelle erleichtert. Dadurch entstehen auch geringe

Ausgaben, denn die einfachen Nägel und das simple Werkzeug sind nicht sehr kostenintensiv (vgl. Bild 49).

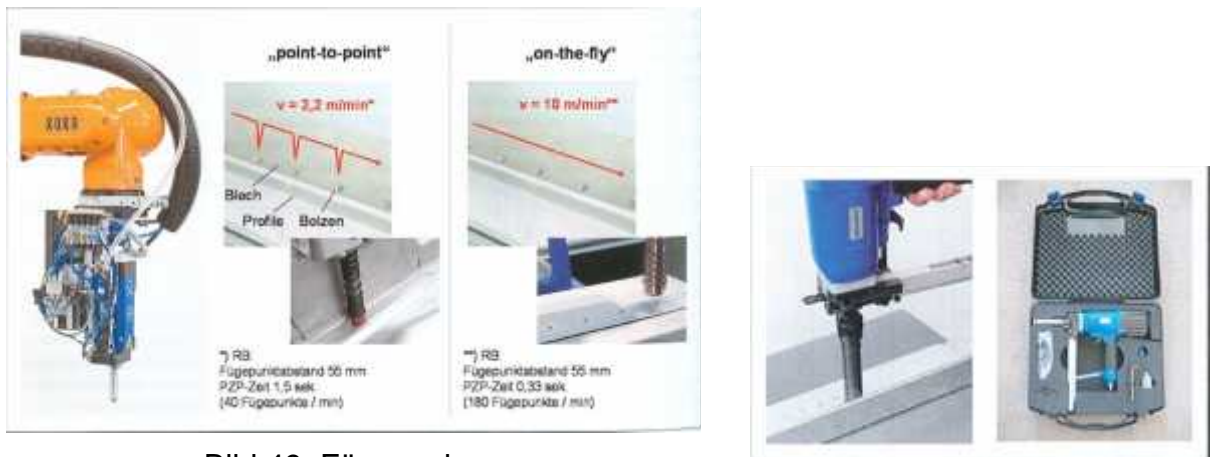


Bild 49: Fügewerkzeug
Hochgeschwindigkeitsbolzen [25, S. 818]

Ein weiterer Punkt ist das Wegfallen der Vorbereitung der beiden Schichten für den Fügevorgang. Es werden beide Schalenlagen aufeinander gelegt und der Verbindungsvorgang kann vollzogen werden. Auch die Geschwindigkeit für das Setzen der Bolzen ist sehr hoch. Nachteilig sind die geringeren Fügekräfte für den Erhalt der Bindung im Gegensatz zu den anderen Versionen. Im folgenden Bild wird ein Beispiel einer fertigen Hochgeschwindigkeitsbolzen-Setzung für CFK-Gewebe und Aluminium gezeigt (vgl. Bild 50).



Bild 50: Beispiel Hochgeschwindigkeitsbolzen-Setzung [25, S. 822]

Im Vergleich der verschiedenen Varianten liegt die Klebverbindung und die Hochgeschwindigkeitsbolzen-Setzung im Ranking am weitesten vorn, denn diese Fügevarianten sind die günstigsten und die am einfachsten herzustellenden Verkettungen. Der einzige größere Nachteil in der Klebverbindung liegt in der Lebensdauer und in der geringeren Verbindungskraft im Vergleich der anderen

Varianten. Dazu könnte eine kombinierte Verbindung aus den Varianten genommen werden. Beispielsweise eine Klebverbindung mit Hochgeschwindigkeitsbolzen Setzung, um die Verknüpfung stabiler zu gestalten.

6.3.1 Verbindungsstellen der CFK- und Aluminiumkonstruktion

Damit eine stabile und dauerhafte Paarung zwischen der CFK- Konstruktion und der Aluminiumkonstruktion existieren kann, müssen mehrere Verbindungsstellen zueinander geschaffen werden. In der CFK- Konstruktion wurden deshalb drei Fügestellen vorgesehen. Der erste Verbindungspunkt wurde im Kapitel 6.2 Leichtbauvariante der Vordertür über das Versteifungsteil schon präsentiert. Die weiteren Verknüpfungspunkte werden in folgenden Bildern aufgezeigt (vgl. Bild 51 und 52).

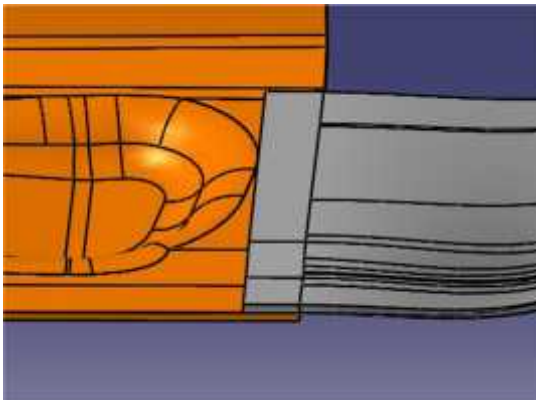


Bild 51: untere Verbindungsstelle

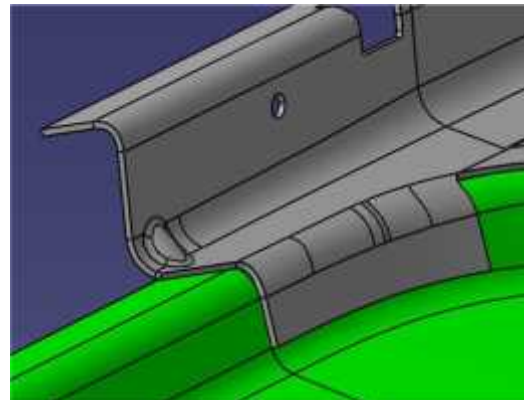


Bild 52: obere Verbindungsstelle

Die obere Verbindungsstelle fügt die CFK- Säule mit der Aluminiumkonstruktion und befindet sich in der oberen Säulenpartie. Die beiden Lagen überlappen sich gegenseitig und werden über die verschiedenen Verbindungsvarianten aus Kapitel 6.3 Verbindungsvarianten Al mit CFK zusammen gehalten. In der unteren Verbindungsstelle wird die CFK- Säule mit der unteren Aluminiumschale kombiniert und befindet sich in der unteren Säulenpartie. Auch an dieser Stelle werden die aufgezeigten Fügevarianten aus Kapitel 6.3 Verbindungsvarianten Al mit CFK genutzt. Neben den aufgezeigten Verknüpfungsstellen wurde zusätzlich eine Schiene zur Paarung der CFK- Schale und der Aluminiumschale konstruiert und wird im Kapitel 6.2 Leichtbauvariante der Vordertür erläutert (vgl. Bild 40).

7 Schlussbetrachtung

7.1 Konstruktionskritik und Fazit

Die Abgleittür über ein einteiliges Scharniersystem, über ein zweiteiliges Scharniersystem und die gegenläufig öffnende Parallelogrammtür erfüllt nicht im ausreichenden Maße den Anforderungen für ein Einstiegskonzept. Die ausgearbeiteten Varianten sind als Lösungsansätze zu verstehen. Gerade die Raumausnutzung der einzelnen Scharniere in allen drei Versionen muss untersucht werden, um die Verletzungsgefahr von Fahrgästen und Kollision mit anderen Teilen zu vermeiden. Des Weiteren sollte versucht werden, den Einstiegsraum in das Fahrzeug zu vergrößern. Ein weiterer Punkt ist die massive Ausführung der Scharniersysteme, die noch Optimierungsbedarf aufzeigen, damit ein Ausgleich zwischen ausreichender Steifigkeit und minimaler Masse entsteht. In der Variante Abgleittür über ein zweiteiliges Scharniersystem sollte versucht werden, die obere Scharnierpartie unter dem Fenster mit einer anderen Version zu substituieren. Eine Möglichkeit wäre, einen Steuerhebel zur Führung der Fahrzeugtür im Dachbereich unterzubringen, damit die Tür einen größeren Einstiegsbereich frei geben kann. In der Darstellung gegenläufig öffnende Parallelogrammtür müsste die Karosseriegeometrie umgestaltet werden, damit die Führungsschienen in die Struktur integriert werden können. Weiterhin sollte eine Möglichkeit gefunden werden, die Führungsschienen nicht zu sehr weit nach außen rotieren zu lassen, um eine Stolpergefahr beim Einsteigen in das Fahrzeug zu vermeiden. Eine Lösungsmöglichkeit wäre das Installieren einer Teleskopschiene, um einen größeren Abstand von Automobiltür zur Karosserie zu gewinnen. Ein weiterer Punkt sind die höheren Unterhaltskosten, denn die aufgezeigten Varianten verfügen über einen komplexeren Aufbau und eine Mehrzahl an Komponenten im Vergleich zum Schwenktürmechanismus. Das Schwenktürsystem besitzt nur zwei Scharniere und einen einfachen Aufbau. Die Abgleittür über das einteilige Scharniersystem besitzt sieben Scharniere und einen, wie die anderen konstruierten Versionen, komplexen Aufbau. Die Abgleittür über das zweiteilige System besitzt sechs Scharniere und die gegenläufig öffnende Parallelogrammtür besitzt 13 Scharniere. Es müsste demnach untersucht werden, ob der erhöhte Kostenpunkt von den Kunden akzeptabel ist.

Die ausgearbeiteten CFK- Beispiele für die Vordertür sind ebenfalls nur als Lösungsansatz zu sehen, denn es sind keine Festigkeits- und Steifigkeitsuntersuchungen vorgenommen worden. Es wurde lediglich darauf geachtet, eine Vordertür zu konstruieren, die weniger massiv als die Referenzdarstellung ist. Wichtige Punkte der Anfertigung waren die Herstellbarkeit der einzelnen Stellen, sowie die Anbindung und Integrierung an umliegende Bauteile. Weiterhin wurde darauf geachtet, zusätzliche Komponente einzusparen und vorhandene Teile über bessere Konstruktionen einzuschränken. Die fehlende Festigkeitsuntersuchung ist dadurch begründet, dass die Berechnung des Faserverbundes über die Bruchdehnung erfolgt. Die Berechnung über die von Mises-Spannung würde falsche Ergebnisse liefern. Für die Berechnung der Bruchdehnung sind Wöhlerkurven erforderlich, die eine Aussage über die Ausstreckung eines Faserverbundes liefern zu können. Diese Wöhlerkurven sind nur durch Prüfstandtests erstellbar und von Bauteil zu Bauteil unterschiedlich. Eine Anfertigung der Leichtbauversion und prüfen des Teiles würde den Rahmen der Diplomarbeit sprengen. Auch hier wird von erhöhten Ausgaben in der Herstellung und Anschaffung des Materials von CFK ausgegangen. Die Kostenfrage liegt bei GFK im Gegensatz zum CFK deutlich niedriger, liefert aber kleinere Festigkeitswerte. Es müsste also geprüft werden, welches Material in Festigkeit und Kostenfrage das Optimum bietet. Aber es kann eine Masseersparnis der Leichtbaukonstruktion mit CFK von 55% und mit GFK von 49% aufgezeigt werden.

7.2 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Diplomarbeit soll eine Analyse bestehender Öffnungskonzepte liefern die eine Marktuntersuchung und eine Patentrecherche beinhalten. Weiterhin sollen konstruktive Lösungsansätze ausgearbeitet werden, um verschiedene Einstiegskonzepte zu entwickeln. Ein weiterer Punkt besteht im konsequenten Leichtbau im Türbereich für zukünftige Oberklassemodelle. Hier wurde speziell eine Neukonstruktion vorgenommen mit leichteren Werkstoffen. Es sind Verbindungsvarianten ausgearbeitet worden, um die Leichtbaukonstruktion mit den umliegenden Bauteilen zu verknüpfen.

Im ersten Schritt sind in einer Situationsanalyse die grundlegenden Öffnungsmechanismen auf Funktionsprinzip und Öffnungsrichtung untersucht und

ausgewertet worden. Anschließend erfolgte eine Marktanalyse, damit abgeschätzt werden konnte, was andere Fahrzeughersteller an Einstiegskonzepten liefern, aber auch um sich Anregungen zu holen. Des Weiteren wurde eine Patentrecherche angefertigt, um geschütztes Material frühzeitig erkennen zu können. Damit eine erfolgreiche Türkonstruktion entwickelt werden kann, wurden die Hauptkriterien für einen Öffnungsmechanismus analysiert und erstellt. Anschließend wurden die Hauptkriterien mit den verschiedenen Öffnungsvarianten von Viertürer Prinzipien verglichen und in einem Punktesystem ausgewertet. Im nächsten Schritt sind die Randbedingungen für das Entwerfen einer Tür für einen PKW betrachtet worden. Schwerpunkt waren die Bestimmungen des Gesetzgebers nach EWG- und ECE Richtlinien. Beispielsweise sind Türschlossbestimmungen, Seitenaufpralltests, Verankerungen des Sicherheitsgurtes und Richtlinien zur Einschränkung des Sichtfeldes zu nennen. Im nächsten Punkt wurde eine Auswertung der vorliegenden Konstruktionskarosserie vorgenommen, diese beinhaltet eine Einschätzung des Bauraumes des Referenzfahrzeuges Audi A8. Damit eine Türöffnungsvariante entwickelt werden kann, müssen die Anforderungen der Konstruktion definiert werden, diese Punkte sind in einem Lastenheft niedergelegt. Im Anschluss der vorliegenden Betrachtungen sind drei Öffnungsmechanismen entwickelt worden. Es wurde auf Öffnungsverlauf sowie auf Scharnierauslegung eingegangen und in einem letzten Schritt wurden die Einstiegskonzepte miteinander verglichen. Im letzten Schritt ist eine Zwanglauf und Getriebefreiheitsgrad Rechnung angelegt worden, um einen Beweis für die definierte Laufbahn der Fahrzeugtür zu erbringen. Im nächsten Kapitel geht es um eine Erarbeitung für ein Leichtbaukonzept einer Vordertür. Es wurde in verschiedenen Absätzen die Notwendigkeit des Leichtbaus geklärt und es wurde eine Liste von verschiedenen Leichtbaumaterialien angefertigt und miteinander verglichen und ausgewertet, um den besten Rohstoff zu finden. Anschließend wurde der Aufbau und die Herstellung des Rohmaterials erläutert. Im nächsten Schritt wurden verschiedene Stellen der Vordertür auf das leichtere Material umkonstruiert. Schwerpunkte waren die Herstellbarkeit und die Substitution von mehreren Bauteilen. Darauf folgend wurde eine Tafel erstellt mit den einzelnen umkonstruierten Stellen. Diese wurden dann mit den Referenzbauteilen im Punkt Masseersparnis miteinander verglichen. Anschließend wurden verschiedene Verbindungsvarianten von Aluminium- mit Faserverbundteilen untersucht und aufgelistet um eine optimale Verknüpfungsart zu finden. Im Anschluss sind

verschiedene Verbindungsstellen konstruiert worden, um die Faserverbundschale mit der Aluminiumschale erfolgreich zu vereinigen. Im letzten Schritt wurde eine Konstruktionskritik mit abschließendem Fazit erstellt.

Das Ziel dieser Arbeit im Punkt Öffnungsmechanismus wurde nicht ausreichend erfüllt, kann aber als Lösungsansatz dienen. Es wurde bestätigt, dass der Schwenktürmechanismus des am weitesten verbreiteten Einstiegskonzepts ist und auch in Zukunft noch lange Bestand haben wird. Im Punkt Leichtbau der Vordertür wurde eine Masseersparnis erzielt und es wurde aufgezeigt, dass die Entwicklung von Metallstoffen zu Kunststoffen weiter ausgebaut werden kann. Aber auch diese Leichtbaukonstruktion ist hier nur als Lösungsansatz zu verstehen und bedarf noch weitere Verbesserungen. Es ist eine Ausstrahlung der Faserverbundkonstruktion erforderlich. Die ausgearbeiteten Verbindungsvarianten sind ebenfalls verwendbar und dienen als Verknüpfungsbeispiele für die Aluminium- und Faserverbundschale. Die Lösungsansätze in der vorliegenden Diplomarbeit können hierbei als Grundlage dienen.



Quellenverzeichnis

- [1] <http://rwd-cars.de/pics/BMW-Z1-008.jpg>, 03.05.12
- [2] <http://www.unicates.de/optik/fluegeltueren/>, 04.05.12
- [3] <http://www.renault.de/renaultmodellpalette/renaultpkw/trafic/trafic/ausstattungsdetails-und-farben/ausstattungsdetails/index.jsp> -, 04.05.12
- [4] http://bc02.rp-online.de/polopoly_fs/knopfdruck-oeffnen-stueren-gleiten-daparallelfahrzeugseite1.2395116.1318287122!/httpImage/646411747.jpg_ggen/derivatives/rpo_zoom1024/646411747.jpg 04.05.12
- [5] http://www.auto-news.de/auto/news/bildergalerie_Welcome-to-tomorrow-Das-Concept-Car-Pininfarina-Sintesi_id_21048&picindex=3, 07.05.12
- [6] http://www.thecarconnection.com/image/100009869_2005-honda-wow-concept, 09.05.12
- [7] <http://www.autobild.de/bilder/nissan-studie-pivo-25719.html#bild7>, 09.05.12
- [8] http://www.mercedes-fans.de/inside/inside_artikel/id=1756, 09.05.12
- [9] <http://www.grueneautos.com/2011/09/yo-auto-auf-der-iaa-2011-e-concept-und-e-crossover/>, 09.05.12
- [10] Nagel, L.: Vorlesungsunterlagen Konstruktion Türen. Zwickau: WHZ, 2012
- [11] Steber, W.: Der sichere Weg zur Meisterprüfung im Kfz- Handwerk StVZO: Würzburg, Vogel Buchverlag
- [12] Burmann, H.; Jahnke, J.: Straßenverkehrsrecht: Verlag C. H. Beck München
- [13] Engel, K.: Kleinau, Technische Vorschriften für Kraftfahrzeuge: Erich Schmidt Verlag
- [14] Böhle, J.: Quasistatische Simulation des Seitenaufpralls bei Personenkraftwagen: Braunschweig, VDI Verlag
- [15] Laurick, W.; Werner, H.; Strebel, W.; Döbrösy, L.: Abstimmung von Sicherheitsgurt und Überlebensraum im Hinblick auf Einflußgrößen von Sicherheitsgurten und Fahrzeuginnenraum auf Verletzungen sowie Überprüfung der ECE- Regelung: Düsseldorf, VDI- Verlag

- [16] Kramer, F.: Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen: 2009, Vieweg+Teubner
- [17] Grabner, J.; Nothhaft, R.: Konstruieren von Pkw- Karosserien: München, Springer Verlag
- [18] <http://www.autobild.de/marken-modelle/audi/a8>, 22.05.12
- [19] Volmer, J.; Getriebetechnik Lehrbuch: Karl-Marx-Stadt, VEB Verlag Technik Berlin
- [20] Mücklich, S.: Vorlesungsunterlagen Leichtmetalle. Zwickau: WHZ, 2012
- [21] Klose, H.: Vorlesungsunterlagen Verbundwerkstoffe Verstärkungswerkstoffe Faserwerkstoffe. Zwickau: WHZ, 2012
- [22] Klose, H.: Vorlesungsunterlagen Verstärkungswerkstoffe Textile Halbzeuge. Zwickau: WHZ, 2012
- [23] Frotscher S., Biermann P.: Protokoll - Nichtmetallische Werkstoffe. Zwickau: WHZ 2012
- [24] Klose, H.: Vorlesungsunterlagen PMC- Polymer Matrix Composites Faserkunststoffverbunde. Zwickau: WHZ, 2012
- [25] Henning, F., Moeller E.: Handbuch Leichtbau Methoden, Werkstoffe, Fertigung. München, Hanser Verlag München

Anlagen

Anlage 1: Gebrauchsmusterschrift DE 00009321411 U1

		
<p>⑮ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND</p>  <p>DEUTSCHES PATENTAMT</p>	<p>⑭ Gebrauchsmuster DE 93 21 411 U 1</p> <p>⑲ Aktenzeichen: G 93 21 411.1 ⑳ Anmeldetag: 29. 4. 93 aus Patentanmeldung: P 43 14 115.3 ㉑ Eintragungstag: 13. 11. 97 ㉒ Bekanntmachung im Patentblatt: 2. 1. 98</p>	<p>㉓ Int. Cl. 6: B 60 J 5/00 B 60 J 5/06 B 60 J 5/12 E 05 D 15/06 E 05 D 15/10</p>
DE 93 21 411 U 1		
<p>㉔ Inhaber: Adam Opel AG, 65428 Rüsselsheim, DE</p>		
<p>㉕ Schiebetür, insbesondere für Kraftfahrzeuge</p>		
DE 93 21 411 U 1	<p>BUNDESDRUCKEREI 10. 97. 702 261/7 6/6</p>	

Anlage 2: Offenlegungsschrift DE 00010130313 A1



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 101 30 313 A 1**

9 Int. Cl.⁷:
B 60 J 5/06
E 05 D 15/10

27 Aktenzeichen: 101 30 313.0
22 Anmeldetag: 21. 6. 2001
44 Offenlegungstag: 24. 1. 2002

DE 101 30 313 A 1

16 Unionspriorität:
09/598,520 21. 06. 2000 US

21 Anmelder:
Ford Global Technologies, Dearborn, Mich., US

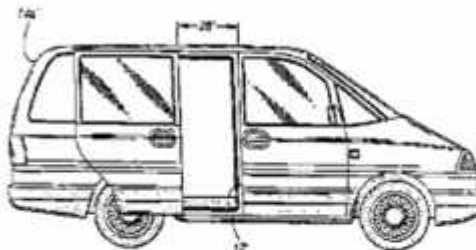
18 Vertreter:
Patentanwälte Effert, Bressel und Kollegen, 12489
Berlin

27 Erfinder:
Patel, Rajesh, Farmington Hills, Mich., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- 24 Kraftfahrzeug mit Schiebetür
- 25 Die Erfindung betrifft eine profilierte, seitliche Schiebetür eines Kraftfahrzeugs, ausgestattet mit einer Führungskonstruktion, die eine volle Bewegung der Tür zulässt, ohne die Stabilität der Tür ungünstig zu beeinflussen. Die Führungskonstruktion kann einen Schlitzen, der längs einer relativ kurzen Schiene an der Unterkante der Tür bewegbar ist, und einen Stabilisierungsarm enthalten, der eine begrenzte Gleitbewegung relativ zu der Tür zulässt. Die relative Gleitbewegung ermöglicht es, dass die profilierte Tür aus dem Anschlag mit der Türöffnung kommt, wenn sich die Tür in der völlig offenen Stellung befindet. Dies ermöglicht es, dass die Türöffnung nicht versperrt ist, so dass Fahrgäste oder Last leichter durch die Türöffnung gelangen können.



DE 101 30 313 A 1

Anlage 3: Patentschrift DE 00019958746 B4



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 199 58 746 B4 2008.08.14

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 199 58 746.9
(22) Anmeldetag: 07.12.1999
(43) Offenlegungstag: 21.06.2001
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 14.08.2008

(51) Int Cl.⁸: **B60J 5/00** (2006.01)
E05D 11/10 (2008.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Webasto Türsysteme GmbH, 82131 Stockdorf, DE

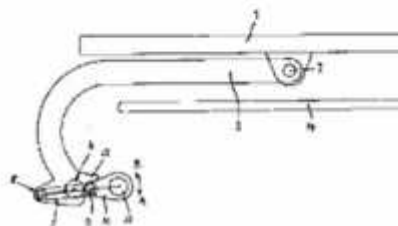
(72) Erfinder:
Pappert, Josef, 82166 Gräfelfing, DE;
Schmidhuber, Horst, 86938 Schondorf, DE

(74) Vertreter:
WIESE KONNERTH FISCHER Patentanwälte
Partnerschaft, 81379 München

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 197 04 811 C1
DE 199 14 935 A1
DE 197 24 439 A1

(54) Bezeichnung: **Schwenktür für ein Fahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Schwenktür eines Fahrzeugs mit einem Türflügel, der an einem Schwenkarm einer Drehsäule gelagert und durch Rotation der Drehsäule mittels einer Antriebseinrichtung aus einer Schließstellung in eine Offenstellung an der Außenwand des Fahrzeugs verschwenkbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung der Drehsäule (4) eine Lenkeranordnung (5, 9, 10) aufweist, die bei geöffnetem Türflügel (1) in einer Totpunkt- oder einer Überdortpunktstellung angeordnet ist, welche eine durch die Antriebseinrichtung aufhebbare Verriegelung des geöffneten Türflügels (1) bildet.



Anlage 4: Patentschrift DE 102007010690 B4

(19)  Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) DE 10 2007 010 690 B4 2011.06.30

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2007 010 690.6
(22) Anmeldetag: 27.02.2007
(43) Offenlegungstag: 28.08.2008
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 30.06.2011

(51) Int Cl.: **B60J 5/00** (2006.01)
F16B 2/04 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 8 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Faurecia Innenraum Systeme GmbH, 76767,
Hagenbach, DE**

(74) Vertreter:
**PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 10719,
Berlin, DE**

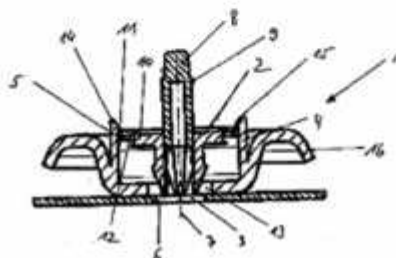
(72) Erfinder:
**Schmelz, Thomas, 34266, Niestetal, DE; Eckhardt,
Bernhard, 35578, Wetzlar, DE; Mangold, Claus,
34298, Helsa, DE; Hermann, Marko, 37269,
Eschwaga, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	199 14 189	B4
DE	10 2004 035009	A1
DE	72 22 417	U1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Anbindung eines Türmoduls an ein Innenblech einer Kraftfahrzeugtür**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (1) zur Anbindung eines Türmoduls (16) an ein Innenblech einer Kraftfahrzeugtür, enthaltend mindestens einen Clip (2) zum Hintergreifen eines Randbereichs einer Innenblechöffnung (3) im Eingriffszustand des Clips sowie mindestens eine korrespondierende Aufnahme (4) zum Halten und Führen des Clips in Richtung der Innenblechöffnung sowie eine Haltevorrichtung (15) zum definierten Halten des Clips in der Aufnahme im Nichteingriffszustand, dadurch gekennzeichnet, dass der Clip (2) vom Nichteingriffszustand in den Eingriffszustand in der Aufnahme entlang einer Eingriffsrichtungsachse verschiebbar ist.



Anlage 5: Patentschrift EP 00002224082 A1



(11) **EP 2 224 082 A1**

(12) **EUROPEAN PATENT APPLICATION**
published in accordance with Art. 153(4) EPC

(43) Date of publication:
01.09.2010 Bulletin 2010/35

(51) Int Cl.:
E05B 65/32 (2006.01) B60J 5/00 (2006.01)

(21) Application number: 08852751.0

(86) International application number:
PCT/JP2008/071055

(22) Date of filing: 19.11.2008

(87) International publication number:
WO 2009/066708 (28.05.2009 Gazette 2009/22)

(84) Designated Contracting States:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR
Designated Extension States:
AL BA MK RS

- SHIMIZU, Kimito
Kariya-shi
Aichi 448-8605 (JP)
- NISHIO, Takashi
Kariya-shi
Aichi 448-8650 (JP)

(30) Priority: 22.11.2007 JP 2007303198

(74) Representative: Albutt, Anthony John
D Young & Co LLP
120 Holborn
London EC1N 2DY (GB)

(71) Applicant: AISIN SEIKI KABUSHIKI KAISHA
Kariya-city, Aichi 448-8650 (JP)

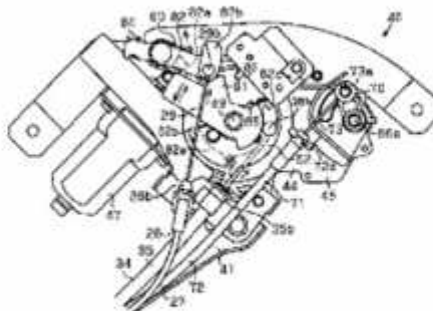
(72) Inventors:
• AKIZUKI, Ryujiro
Kariya-shi
Aichi 448-8650 (JP)

(54) **OPENING/CLOSING DEVICE FOR VEHICLE DOOR**

(57) A vehicle door opening/closing device having a latch mechanism, a locking mechanism, an actuator, and a canceling mechanism is provided. The actuator has an electric motor and a pivotable drive lever. The canceling mechanism operates to block transmission of power be-

tween the electric motor and the drive lever when manipulation force of a vehicle door handle is transmitted to the canceling mechanism through the locking mechanism. The manipulation force of the door handle is transmitted to the canceling mechanism only when the vehicle door is in an unlocked state.

Fig.10



Printed by Jouve 75001 PARIS (FR)

EP 2 224 082 A1

Anlage 6: Patentschrift EP 00002281987 A1



(11) EP 2 281 987 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION
published in accordance with Art. 153(4) EPC

(43) Date of publication:
09.02.2011 Bulletin 2011/06

(51) Int Cl.:
E05B 65/20(2006.01) B60J 5/00(2006.01)

(21) Application number: 09732025.3

(86) International application number:
PCT/JP2009/054768

(22) Date of filing: 12.03.2009

(87) International publication number:
WO 2009/128309 (22.10.2009 Gazette 2009/43)

(84) Designated Contracting States:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR
Designated Extension States:
AL BA RS

• NISHIO, Takashi
Kariya-shi
Aichi 448-8650 (JP)
• YAMADA, Yusuke
Kariya-shi
Aichi 448-8605 (JP)

(30) Priority: 18.04.2008 JP 2008109062

(74) Representative: Albutt, Anthony John
D Young & Co LLP
120 Holborn
London EC1N 2DY (GB)

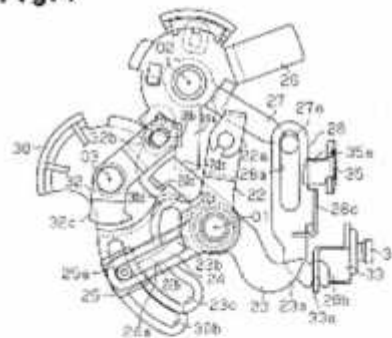
(71) Applicant: Aisin Seiki Kabushiki Kaisha
Kariya-shi, Aichi 448-8650 (JP)

(72) Inventors:
• AKIZUKI, Ryujiro
Kariya-shi
Aichi 448-8650 (JP)

(54) VEHICLE DOOR LOCK DEVICE

(57) A vehicle door lock device includes an active lever freely switchable between an unlock position and a lock position, a switching actuator, and a switching lever receiving drive force of the switching actuator to move a bushing. The active lever includes a first engagement piece and a second engagement piece. When the active lever is located at the unlock position, the second engagement piece engages with the first engagement piece located at a set position of the bushing to limit movement of the switching lever so that movement of the bushing is restricted within a range between an unset position and the set position. When the active lever is located at the lock position, the first engagement piece is arranged at a position avoiding engagement with the second engagement piece to allow the switching lever to move the bushing between the unset position and a double lock position.

Fig. 4



EP 2 281 987 A1

Anlage 7: Patentschrift EP 00002302155 A1



(11) EP 2 302 155 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
30.03.2011 Bulletin 2011/13(51) Int. Cl.:
E05F 15/20 (2006.01) B60J 5/00 (2006.01)
E05F 15/00 (2006.01)

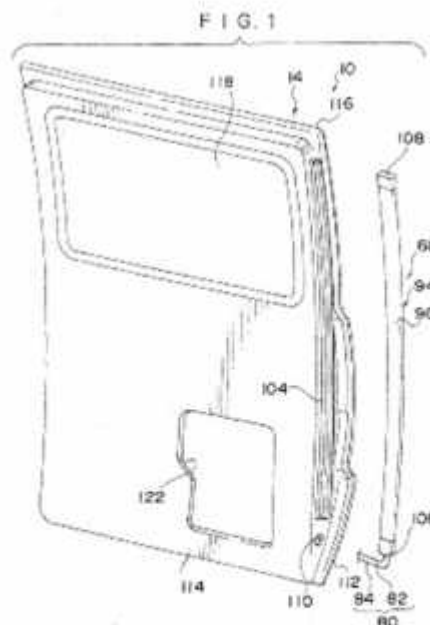
(21) Application number: 10173185.9

(22) Date of filing: 22.12.1998

(84) Designated Contracting States:
DE FR GB(30) Priority: 24.12.1997 JP 35497597
20.03.1998 JP 7269698
27.03.1998 JP 10008698(62) Document number(s) of the earlier application(s) in
accordance with Art. 76 EPC:
98961480.5 / 1 043 471(71) Applicant: Asmo Co., Ltd.
Kosai-shi, Shizuoka 431-0493 (JP)(72) Inventors:
• Ishihara, Hidenori
Hamamatsu-shi Shizuoka 433-8126 (JP)
• Tsuge, Noboru
Kariya-shi Aichi 448-0813 (JP)(74) Representative: Viering, Jentschura & Partner
Grillparzerstrasse 14
81675 München (DE)Remarks:This application was filed on 18-08-2010 as a
divisional application to the application mentioned
under INID code 62.

(54) Automatic opening-and-closing device

(57) An automatic opening-and-closing device can be obtained which can prevent a foreign object from being caught in by detecting the foreign object even if an opening/closing speed of a moving body changes or the foreign object is small. An automatic sliding door device 10 detects that there is a foreign object on a locus of sliding of a door panel 14, by detecting a pushing reaction force when a pressure sensitive sensor 60 pushes the foreign object at the time of forward sliding of the door panel 14 slides forward. Hence, even if the sliding speed of the door panel 14 changes, or even if the foreign object is small, the foreign object can be detected to thereby prevent the foreign object from being caught in the door. Moreover, with the automatic sliding door device 10, a code 80 is passed through inside of the door panel 14 and connected to a lower end portion of the pressure sensitive sensor 60 via a circular hole 110 formed at a lower end portion of the door panel 14. Hence, the detection range on the upper end side of the door panel 14 can be made wider, and management of the code 80 at the time of assembly becomes easy.



EP 2 302 155 A1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Anlage 8: Patentschrift EP 00002330266 A1



(11) EP 2 330 266 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION
published in accordance with Art. 153(4) EPC

(43) Date of publication:
08.06.2011 Bulletin 2011/23

(51) Int Cl:
E05B 65/20(2006.01) B60J 5/00(2006.01)

(21) Application number: 09816054.2

(86) International application number:
PCT/JP2009/065742

(22) Date of filing: 09.09.2009

(87) International publication number:
WO 2010/035638 (01.04.2010 Gazette 2010/13)

(84) Designated Contracting States:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR
Designated Extension States:
AL BA RS

- NISHIO, Takashi
Kariya-shi, Aichi-ken
Aichi 448-8650 (JP)
- YAMADA, Yusuke
Kariya-shi, Aichi-ken
Aichi 448-8605 (JP)
- SANNOHE, Sho
Kariya-shi, Aichi-ken
Aichi 448-8650 (JP)

(30) Priority: 29.09.2008 JP 2008250936

(71) Applicant: Aisin Seiki Kabushiki Kaisha
Kariya-shi, Aichi 448-8650 (JP)

(74) Representative: TBK
Bavariaring 4-6
80336 München (DE)

(72) Inventors:
• AKIZUKI, Ryujiro
Kariya-shi, Aichi-ken
Aichi 448-8650 (JP)

(54) DOOR LOCK DEVICE

(57) A door lock device includes an electrical drive source, which pivots a drive member from a predetermined neutral position, and a return urging member, which returns the drive member to the predetermined neutral position. The drive member pushes a locking lever with a first engagement portion and moves the locking lever to a lock position when the drive member moves from the predetermined neutral position in a first direction in a state in which the locking lever is arranged at an unlock position. The drive member allows the double lock lever to move to the second position and disengages the first engagement portion from the locking lever when subsequently returned to the predetermined neutral position. The drive member pushes the double lock lever with a second engagement portion when moved again from the predetermined neutral position in the first direction.

Fig.3



EP 2 330 266 A1

Anlage 9: Patentschrift EP 00002333205 A1



(11) EP 2 333 205 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION
published in accordance with Art. 153(4) EPC

(43) Date of publication:
15.06.2011 Bulletin 2011/24

(51) Int Cl:
E05B 65/20 (2006.01) *B60J 5/00* (2006.01)
E05B 17/04 (2006.01)

(21) Application number: 09814397.7

(86) International application number:
PCT/JP2009/063102

(22) Date of filing: 22.07.2009

(87) International publication number:
WO 2010/032552 (25.03.2010 Gazette 2010/12)

(84) Designated Contracting States:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR
Designated Extension States:
AL BA RS

• TAKENOSHITA Koichi
Miyazaki-shi
Miyazaki 880-0293 (JP)
• ISHIBASHI Yuki
Miyazaki-shi
Miyazaki 880-0293 (JP)

(30) Priority: 16.09.2008 JP 2008236511

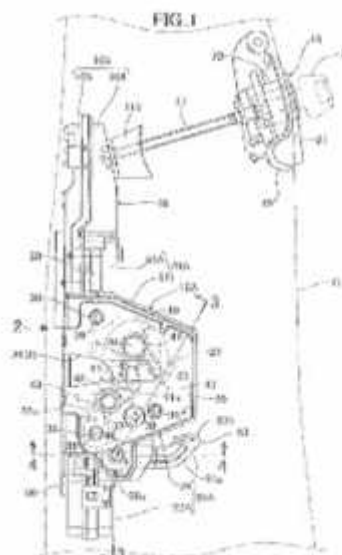
(74) Representative: Piésold, Alexander James
Dehns
St Bride's House
10 Salisbury Square
London
EC4Y 8JD (GB)

(71) Applicant: Kabushiki Kaisha Honda Lock
Miyazaki-shi, Miyazaki 880-0293 (JP)

(72) Inventors:
• TABE Koichi
Miyazaki-shi
Miyazaki 880-0293 (JP)

(54) DOOR OPENING AND CLOSING DEVICE FOR VEHICLE

(57) A door opening and closing device for a vehicle is provided in which a pivoting force of a rotor pivoting in response to a key operation of a cylinder lock is transmitted to a key operating force input member side of a door lock device via a pivot rod, wherein pivoting force transmission means (18) is provided between a pivot rod (17) and the key operating force input member, the pivoting force transmission means (18) being formed by housing within an extension case (103) a driven-side pivot member detachably linked to the key operating force input member in a relatively non-pivotable manner, a drive-side pivot member detachably linked to the other end part of the pivot rod (17) in a relatively non-pivotable manner, and a transmission member transmitting a pivoting force from the drive-side pivot member to the driven-side pivot member, and the extension case (103) is detachably mounted on a casing (25A) of a door lock device (16A) so as to extend from the casing (25A). This enables the degree of freedom in layout of a lock/unlock switching mechanism with respect to the cylinder lock to be increased without causing any increase in the dimensions of the lock/unlock switching mechanism.



Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

EP 2 333 205 A1

Anlage 10: Patentschrift EP 00002397352 A1



(11) EP 2 397 352 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION
published in accordance with Art. 153(4) EPC

(43) Date of publication: 21.12.2011 Bulletin 2011/51
 (51) Int Cl.: B60J 5/00 (2006.01) B60J 5/04 (2006.01)
 (21) Application number: 10741017.7
 (86) International application number: PCT/JP2010/000065
 (22) Date of filing: 07.01.2010
 (87) International publication number: WO 2010/092737 (19.08.2010 Gazette 2010/33)

(84) Designated Contracting States:
 AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
 HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
 PT RO SE SI SK SM TR

(72) Inventors:
 • YASUHARA, Shigeto
 Wako-shi
 Saitama 351-0193 (JP)
 • SEGAWA, Shingo
 Wako-shi
 Saitama 351-0193 (JP)

(30) Priority: 11.02.2009 JP 2009029207
 11.02.2009 JP 2009029208

(71) Applicant: Honda Motor Co., Ltd.
 Minato-ku
 Tokyo 107-8556 (JP)

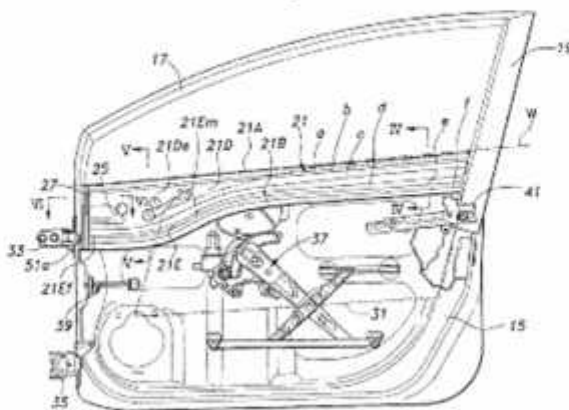
(74) Representative: Prechtel, Jörg
 Weickmann & Weickmann
 Patentanwälte
 Postfach 86 08 20
 81635 München (DE)

(54) VEHICULAR DOOR STRUCTURE

(57) The object of the invention is to avoid deformation of vehicle doors by transferring the impact in the even of a front collision from the front pillar to the center pillar while properly receiving a moment by the collision. To achieve the object, a beam member (21) attached to an inner panel (15) has a part (21C) formed in S-shape in cross-section, an upper part (21D) of the S-shape part

(21C) extending along a line (W) that levels with the lower boundary of the window (19), while a lower part (21E) of the S-shape part extending parallel to and lower than the line (W). The lower part (21E) further extends downward toward the front of the vehicle so that the front end of the lower part (21E) of the S-shape part levels with an upper door hinge (33).

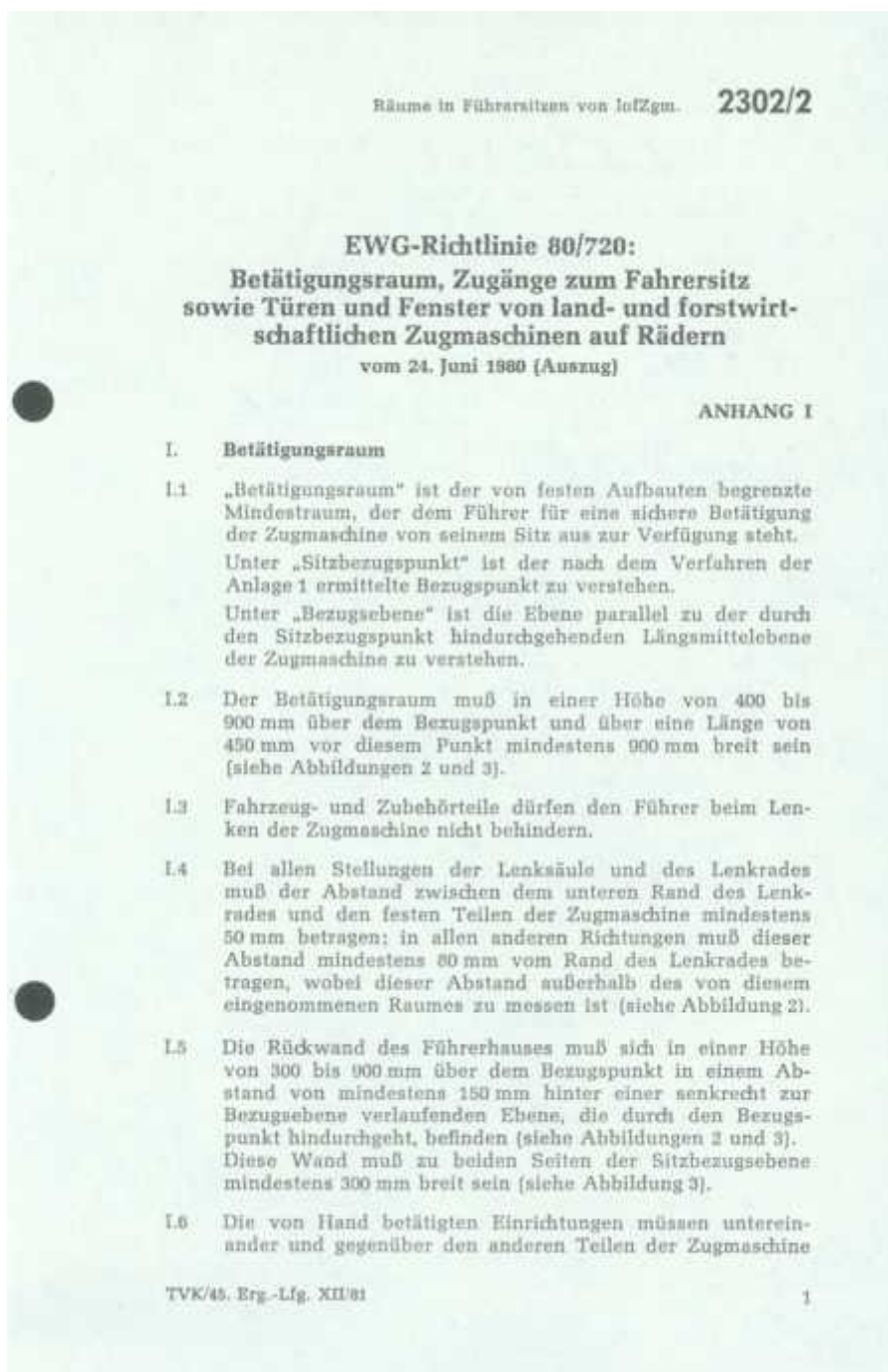
Fig.2



Prepared by Jovva, 75001 PARIS (FR)

EP 2 397 352 A1

Anlage 11: Auszug EWG- Richtlinie 80/720



2302/2 Bau- und Betriebs-Vorschriften

(Abmessungen in mm)

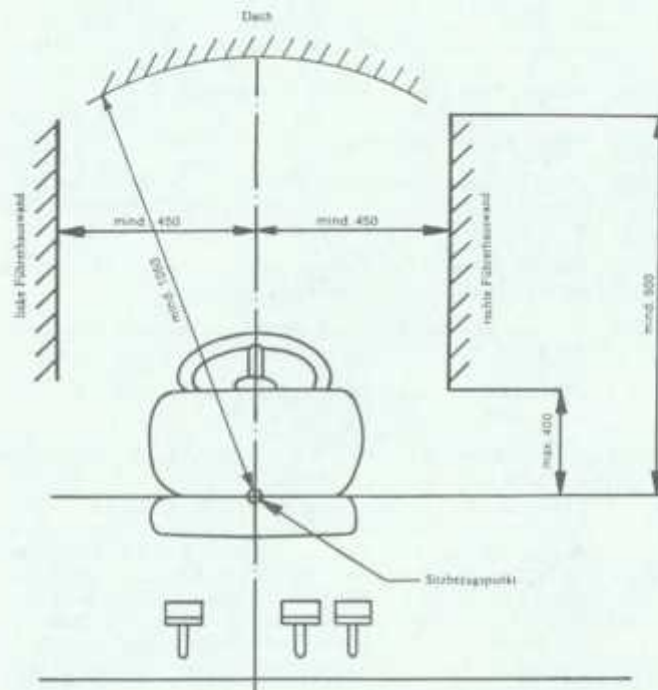


Abbildung 1

Anlage 12: Auszug §35e

§ 35 e StVZO: Türen 2500

§ 35 e Türen

(1) Türen und Türverschlüsse müssen so beschaffen sein, daß beim Schließen störende Geräusche vermeidbar sind.

§ 35 e Abs. 1 (Vermeidung störender Geräusche beim Schließen der Türen)

tritt in Kraft am 1. Juli 1961, jedoch nur für erstmals in den Verkehr kommende Fahrzeuge.

(2) Türverschlüsse müssen so beschaffen sein, daß ein unbeabsichtigtes Öffnen der Türen nicht zu erwarten ist.

§ 35 e Abs. 2 (Vermeidung des unbeabsichtigten Öffnens der Türen)

tritt in Kraft am 1. Juli 1961, jedoch nur für erstmals in den Verkehr kommende Fahrzeuge.

(3) ¹ Die Türbänder (Scharniere) von Drehtüren – ausgenommen Falttüren – an den Längsseiten von Kraftfahrzeugen mit einer durch die Bauart bestimmten Höchstgeschwindigkeit von mehr als 25 km/h müssen auf der in der Fahrtrichtung vorn liegenden Seite der Türen angebracht sein. ² Dies gilt bei Doppeltüren für den Türflügel, der zuerst geöffnet wird; der andere Türflügel muß für sich verriegelt werden können. ³ Türen müssen bei Gefahr von jedem erwachsenen Fahrgast geöffnet werden können.

§ 35 e Abs. 3 (Türbänder)

gilt für Kraftomnibusse, die der gewerbsmäßigen Personenbeförderung dienen, und tritt in Kraft am 1. Juli 1963 für andere Fahrzeuge, die nach diesem Tage erstmals in den Verkehr kommen.

(4) ¹ In Kraftomnibussen müssen sich die Fahrgasttüren an der rechten Fahrzeugseite befinden. ² Es müssen mindestens vorhanden sein

1. bei Kraftomnibussen mit nicht mehr als 26 Fahrgastplätzen eine Fahrgasttür,
2. bei Kraftomnibussen mit mehr als 26 Fahrgastplätzen zwei Fahrgasttüren oder eine Doppeltür.

³ Die Abmessungen der Fahrgasttüren müssen der Anlage X (Kennzahl 2502) entsprechen.

§ 35 e Abs. 4 und Anlage X Nr. 4 (Fahrgasttüren in Kraftomnibussen) sind spätestens ab 1. Januar 1989 auf die von diesem Tage an erstmals in den Verkehr kommenden Kraftomnibusse anzuwenden. Auf Kraftomnibusse, die vor dem 1. Januar 1989 erstmals in den Verkehr

Anlage 13: Auszug EWG- Richtlinie 70/387

Richtl. Türen 2510

EWG-Richtlinie 70/387 vom 27. Juli 1970: Türen

Anlage I

- 1. Allgemeines**
- 1.1 Die Konstruktion der Fahrzeuge muß ein sicheres Ein- und Aussteigen ermöglichen.
- 1.2 Die Türen und Ein- und Ausstiege müssen sich gefahrlos und bequem benutzen lassen.
- 1.3 Die Türen und Türverschlüsse müssen so beschaffen sein, daß beim Schließen störende Geräusche vermeidbar sind.
- 1.4 Die Türverschlüsse müssen so beschaffen sein, daß ein unbeabsichtigtes Öffnen der Türen verhindert wird.
- 2. Schlösser und Scharniere (Bau- und Montagevorschriften)**
- 2.1 Die Scharniere von Drehtüren — ausgenommen Faltdüren — an den Längsseiten von Kraftfahrzeugen müssen auf der in der Fahrtrichtung vorn liegenden Seite der Türen angebracht sein. Dies gilt bei Doppeltüren für den Türflügel, der zuerst geöffnet wird; der andere Türflügel muß für sich verriegelt werden können.
- 2.2 Die Schlösser und Scharniere der Seitentüren von Personenkraftwagen¹⁾ müssen die in Anlage II genannten Anforderungen erfüllen.
- 3. Trittstufen (Bau- und Montagevorschriften)**
- 3.1 Ist der Fahrzeugboden am Einstieg mehr als 700 mm über der Fahrbahn angeordnet, so muß das Fahrzeug mit einer Trittstufe oder mit mehreren Trittstufen ausgestattet sein. Die Trittstufe bzw. die untere von mehreren Trittstufen darf nicht mehr als 700 mm über dem Boden liegen und muß gleitsicher sein. Radnabe, Felge oder andere Teile des Rades gelten nicht als Trittstufen im Sinne dieser Richtlinie; das gilt nicht, wenn der Einbau von Trittstufen aus konstruktiven oder betriebstechnischen Gründen an einer anderen Stelle des Fahrzeuges nicht möglich ist.

¹⁾ Klasse M1 der internationalen Klasseneinteilung. Vgl. Bemerkungen unter Buchstabe b) des Anhangs I der in Artikel 3 genannten Richtlinie des Rates.

2510 Bau- und Betriebsvorschriften

Prüfanordnung für die statische Belastung (mit der Querkraft) der Türscharniergruppe

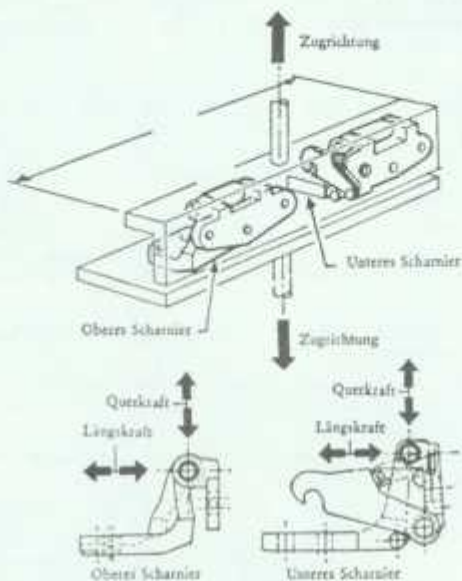


Abb. 1

4.1.1.2.2 Die vorgeschriebene Kraft muß auf diese Vorrichtung so wirken, daß sie auf das Schloß kein Biegemoment ausübt. Außerdem ist eine statische Querkraft von 90,7 kp (88,9 daN) aufzubringen, die das Schloß im Sinne der Türöffnungsbewegung von seinem Anschlag weg zu bewegen versucht.

4.1.1.2.3 In den Abbildungen 2 und 3 sind Beispiele einer Prüfvorrichtung bzw. -anordnung wiedergegeben.

4.1.2 Prüfverfahren und Prüfvorrichtung

Die in den Absätzen 4.1.1.1 und 4.1.1.2 genannten Scharniere und Schösser sind auf einer Zugprüfmaschine mit einem Arbeitsbereich von mindestens 1500 kp (1470 daN) zu befestigen. Die Kräfte werden allmählich gesteigert mit einer Prüfgeschwindigkeit von nicht mehr als 5 mm/min, bis die in den Absätzen 3.1 und 3.2 vorgeschriebenen Werte erreicht sind.

Anlage 14: Auszug EWG- Richtlinie 76/115

EWG-Richtl. Verankerungen der Sicherheitsgurte in Kfz

2304

EWG-Richtlinie 76/115: Verankerungen der Sicherheitsgurte in Kraftfahrzeugen

(Auszug)

ANHANG I

**Begriffsbestimmungen,
Antrag auf Erteilung der EWG-Betriebserlaubnis,
EWG-Betriebserlaubnis, Vorschriften, Prüfungen,
Übereinstimmung der Produktion, Betriebsleitung****1. Begriffsbestimmungen**

Im Sinne dieser Richtlinie bedeutet:

- 1.1. „*Fahrzeugtyp*“, hinsichtlich der Verankerungen der Sicherheitsgurte, Kraftfahrzeuge, die untereinander keine wesentlichen Unterschiede insbesondere hinsichtlich der folgenden Punkte aufweisen:
Maße, Form oder Werkstoffe der Teile des Fahrzeugaufbaus, der Sitzstruktur oder jedes anderen Fahrzeugteils, an dem die Verankerungen befestigt sind;
- 1.2. „*Verankerung*“ die Teile des Fahrzeugaufbaus, der Sitzstruktur oder eines anderen Fahrzeugteils, an denen die Befestigungsbeschläge des Gurtes anzubringen sind;
- 1.3. „*Sicherheitsgurt (Gurt)*“ eine Anordnung von Gurten mit Verschuß, Verstelleinrichtung und Befestigungsbeschlägen, die in einem Fahrzeug verankert werden kann und so beschaffen ist, daß sie die Gefahr von Verletzungen ihres Benutzers im Falle eines Zusammenstoßes oder plötzlicher Verzögerungen des Fahrzeugs verringert, indem sie die Bewegungsfreiheit des Körpers des Benutzers einschränkt. Eine derartige Anordnung wird generell als „*Gurtanordnung*“ bezeichnet. Zu diesem Begriff sind auch alle Vorrichtungen zur Energieaufnahme oder zum Aufrollen des Gurtes zu zählen;
- 1.4. „*Gurtführung*“ Vorrichtung zur Anpassung des Sicherheitsgurtes an die Stellung seines Benutzers;
- 1.5. „*Effektive Verankerung*“ der gemäß den Vorschriften der Nummer 4.4. zur Bestimmung des Winkels, den jedes Gurtteil in bezug auf den Benutzer bildet, benutzte Punkt, d. h. der Punkt, an dem ein Gurt befestigt werden müßte, um dieselbe Lage des Gurtes zu erreichen wie die beabsichtigte Lage bei Benutzung. Dieser Punkt kann je nach

TVK/47. Erg.-Lfg. XII/82

1

Anlage 15: Auszug EWG- Richtlinie 77/649

Sichtfeld der Fahrer von Kfz **2365**

**EWG-RICHTLINIE 77/649: Sichtfeld der Fahrer
von Kraftfahrzeugen**
Vom 27. September 1977 (Auszug)

ANHANG I

1. Anwendungsbereich

1.1 Diese Richtlinie bezieht sich auf das Sichtfeld von 180° nach vorn der Fahrer von Fahrzeugen der Klasse M₁.

1.1.1 Sie hat zum Zweck sicherzustellen, daß ein angemessenes Sichtfeld vorhanden ist, wenn die Windschutzscheibe und die übrigen verglasten Flächen trocken und sauber sind.

1.2 Die Bestimmungen dieser Richtlinie wurden so formuliert, daß sie auf Fahrzeuge der Klasse M₁ mit Lenkung zutreffen. Auf Fahrzeuge der Klasse M₁ mit Rechtslenkung sind diese Vorschriften nach Umkehrung der Kriterien sinngemäß anzuwenden.

2. Begriffsbestimmungen

(2.1)

2.2 **Fahrzeugtyp hinsichtlich des Sichtfelds**
„Fahrzeugtyp hinsichtlich des Sichtfelds“ bezeichnet die Fahrzeuge, die sich in folgenden wichtigen Punkten nicht unterscheiden:

2.2.1 den äußeren und inneren Formen und Anordnungen nach Punkt 1, die einen Einfluß auf die Sichtverhältnisse haben können, und

2.2.2 der Form und den Abmessungen der Windschutzscheibe und ihrer Befestigung.

2.3 **Dreidimensionales Koordinatensystem**
Das „dreidimensionale Koordinatensystem“ bezeichnet ein aus einer vertikalen Längsebene x - z, einer horizontalen Ebene x - y und einer vertikalen Querebene y - z, bestehendes Bezugssystem (siehe Anhang IV, Anlage, Abbildung 5), das zur Bestimmung der räumlichen Zuordnung der Lage der Auslegungspunkte auf den Zeichnungen und ihrer tatsächlichen Lage im Fahrzeug verwendet wird. Das Verfahren zur Ausrichtung des Fahrzeugs im Koordinatensystem wird in Anhang IV angegeben. Alle auf den Boden-Nullpunkt bezogenen Koordinaten sind für das in Anhang I Punkt 2.6 der Richt-

TVK/46. Erg.-Lfg. VI/82 1

Sichtfeld der Fahrer von Kfz

2365

Anlage

Teile der dreidimensionalen Normpuppe

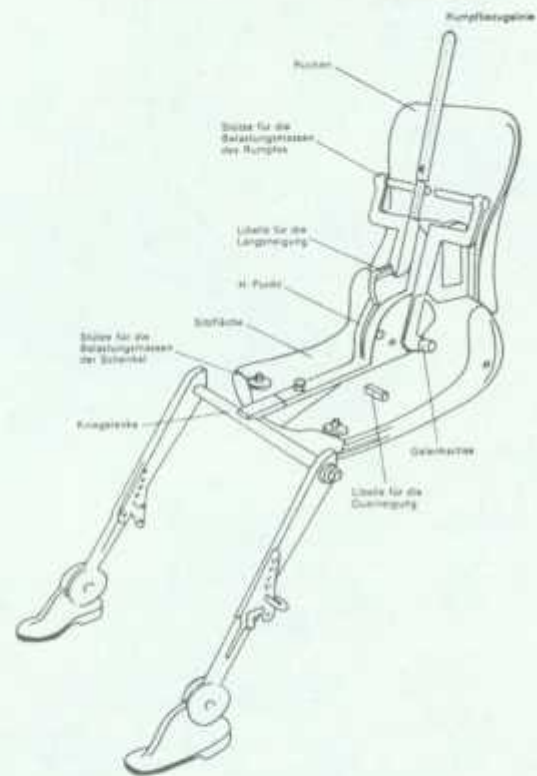


Abbildung 1

2365 Bau- und Betriebs-Vorschriften

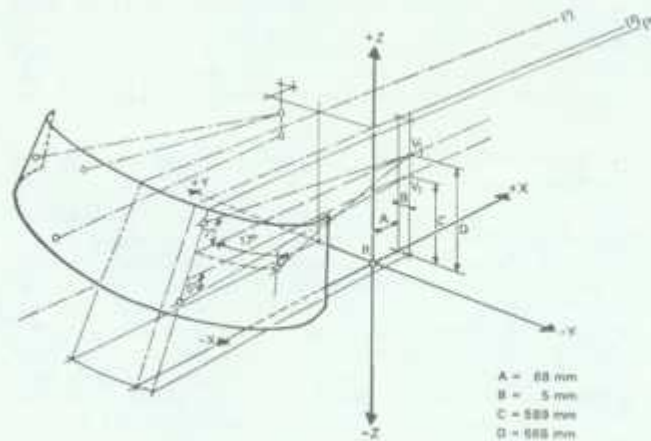


Abbildung 1 Bestimmung der V-Punkte

- (1) Spur der Längsmittlebene des Fahrzeugs.
 (2) Spur der vertikalen Ebene durch R.
 (3) Spur der vertikalen Ebene durch V_1 und V_2 .

Lagekriterien der P- und E-Punkte für die Ansicht der Säulen und äußeren Säule
 (in Anhang 1 Punkt 3.3.2.2 vorgegebener Sonderfall)

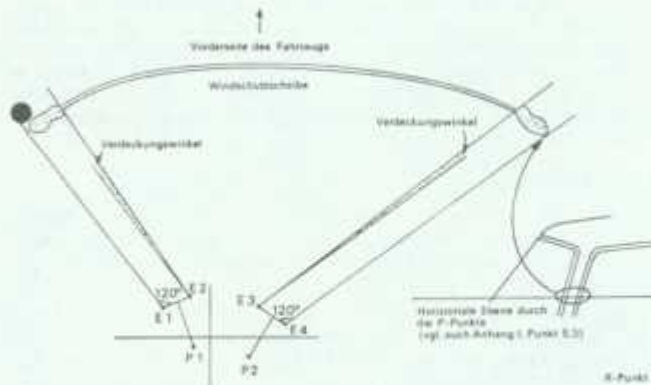


Abbildung 2 Verdeckung durch Säulen

Sichtfeld der Fahrer von Kfz 2365

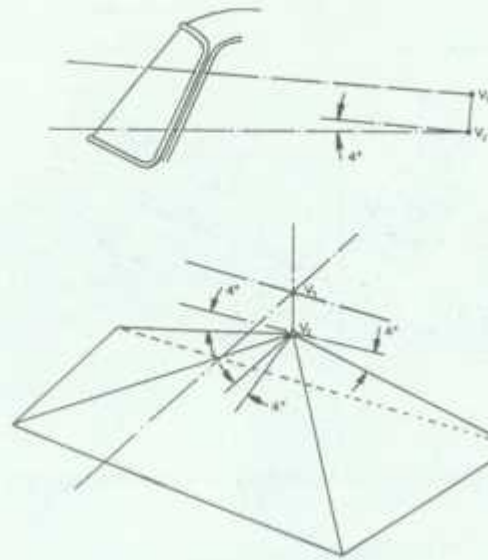


Abbildung 3 Bestimmung der Verdeckungen
in unmittelbarem Sichtfeld des Fahrers von 180° nach vorn

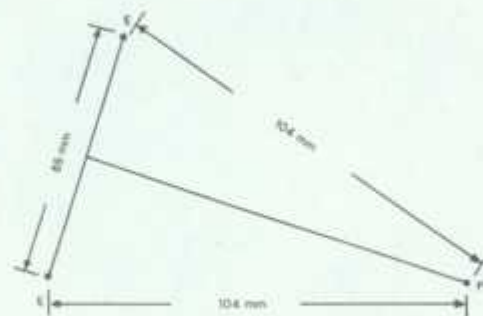


Abbildung 4 Diagramm zur Angabe der Lage der E-Punkte
relativ zum P-Punkt