



Technische Universität Graz  
Institut für Fahrzeugtechnik  
[ FSI Frank Stronach Institute ]



**Institut für Fahrzeugtechnik**

**Vorstand : Univ.-Prof. Dr. techn. Wolfgang HIRSCHBERG**

Technische Universität Graz

# **Entwicklung von Konstruktionsmethoden zur semiautomatischen Generierung von Karosseriebauteilen in der Konzeptphase**

eingereicht von

**Georg Brauchart**

Matrikel-Nr.: 9530346

Studienrichtung: F748 Verkehrstechnik

**Betreuer:**

**Dipl. Ing. Dr. Mario Hirz** (Institut für Fahrzeugtechnik)

**Dipl. Ing. Alexander Harrich** (Institut für Fahrzeugtechnik)

**Dipl. Ing. Alexander Haselwanter** (Magna Steyr Graz)

Abgabe: 17.08.2010

## Kurzfassung

Das Thema dieser Diplomarbeit ist die Untersuchung von Möglichkeiten, um den CAD-Erstellungsaufwand (in Catia V5) von Karosseriebauteilen in der Konzeptphase zu reduzieren. In den allgemeinen Basisüberlegungen zu dieser Themenstellung stehen dabei die Reduktion der Komplexität und eine einheitliche Vorgehensweise beim Modellaufbau und der Referenzierung im Vordergrund. Um den Konstruktionsprozess in der Konzeptphase zu beschleunigen werden zwei unterschiedliche Ansätze beschrieben. Ein Ansatz beschreibt die Möglichkeit der Einbindung von Wissensvorlagen bzw. Bauteiltemplates aus Bibliotheken. Bei dieser Methodik steht dem Zeit- und Wissensvorteil, der in der Konzeptphase gewonnen wird, ein erhöhter Aufwand durch den Aufbau von Bibliotheksmodellen im Vorfeld gegenüber. Durch eine wiederholte Nutzung dieser Vorlagen kann nach einer gewissen Einlaufphase von einer Gesamteffizienzsteigerung ausgegangen werden. Der zweite Ansatz beschreibt die Möglichkeit, den Erstellungsaufwand in der Konzeptphase durch die Anwendung einer „funktionalen Prinzipmodellmethodik“ zu reduzieren. Hier wird eine teilweise parametrisch-assoziative Vorgehensweise mit einer Kombination aus Schnitten und isolierten Elementen angewendet. Bei der Anwendung der funktionalen Prinzipmodellmethodik steht dem Zeitvorteil, der in der ersten Konzeptphase gewonnen wird, der Aufwand einer Modellneuerstellung mit einem parametrisch-assoziativem Aufbau gegenüber. Diese Modellneuerstellung ist notwendig, da Modelle, die mit der funktionalen Prinzipmodellmethodik erstellt werden, zwar für Simulationen und Packageuntersuchungen ausreichend sind, für ein fertigungsgerechtes Modell im Allgemeinen aber einen zu geringen Detaillierungsgrad erreichen. Da die geometrische Form des Bauteils nach der Erstellung des funktionalen Prinzipmodells bekannt ist, verringert sich der parametrisch-assoziative Erstellungsaufwand aufgrund der besseren Planbarkeit erheblich. Insbesondere bei konzeptionellen Untersuchungen unterschiedlicher Varianten, wenn erst nach der Konzeptfestlegung ein parametrisch-assoziativer Modellaufbau durchgeführt wird, kann von einer Reduktion des Gesamtaufwandes ausgegangen werden. Eine Zusammenfassung der erarbeiteten Vorgehensweisen schließt diese Diplomarbeit ab.

---

## **Abstract**

The subject of this diploma thesis is the development of a design method for body in white components (in Catia V5) that reduces the time investigation in the concept phase. Special attention is put on the reduction of the complexity and for the creation of a uniform procedure for modelling processes. Two different options have been developed with the target to increase the efficiency in the design processes. One option describes the possibility of integrating knowledge- and part templates from libraries. In this methodology, the time and knowledge advantage is achieved with an increased effort for the development of library models. Through repeated use of these templates an overall efficiency improvement can be achieved. The second option describes the ability to reduce the time investigation in the concept phase through the application of a “functional principle model methodology”. In this case a partial parametric-associative approach is applied with a combination of section cuts and isolated elements. In applying the functional principle model methodology, advantages in the concept phase are obtained by the effort for creating a new model with a parametric-associative structure. This becomes necessary because models created with the functional principle model methodology are sufficient for simulations and packaging but have a too low detail level for manufacturing. If the geometrical shape of the component is known, the creating effort for the parametric-associative model is significantly reduced. If the parametric-associative model creating process starts after the concept definition, a reduction of the overall effort can be expected. A summary of the developed methods concludes this diploma thesis.

## Dankesworte

Recht herzlich bedanken möchte ich mich bei

**Hr. Prof. Dr. Hirschberg** (Leiter des Instituts für Fahrzeugtechnik an der TU-Graz) und **Hr. Dipl. Ing. Christian Vogl** (Leitung Aufbau bei Magna Steyr Graz), die diese Diplomarbeit ermöglicht haben.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinen Institutsbetreuern

**Hr. Dipl. Ing. Dr. Mario Hirz** (Leiter des Bereiches Parametrische Geometrieerzeugung am Institut für Fahrzeugtechnik der TU- Graz) und **Hr. Dipl. Ing. Alexander Harrich** (Institut für Fahrzeugtechnik, TU-Graz), für die ausgezeichnete Zusammenarbeit. Sie verbrachten viel Zeit damit, dieses Manuskript in den unterschiedlichen Stadien zu lesen und gaben mir in vielen Diskussionen wichtiges und detailliertes Feedback. Recht herzlichen Dank dafür!

Recht herzlich bedanken möchte ich mich auch bei

**Hr. Dipl. Ing. Alexander Haselwanter** (Industriebetreuer seitens Magna Steyr Graz), für die sehr gute Zusammenarbeit. In den anfänglichen wöchentlichen Meetings half er durch zahlreiche Anregungen und Fragestellungen entscheidend mit, diese Diplomarbeit auf „Schiene“ zu bringen. Besten Dank dafür!

Bedanken möchte ich mich auch bei allen Mitarbeitern des Instituts für Fahrzeugtechnik, insbesondere bei **Hr. Dipl. Ing. Johannes Mayr** und **Hr. Dipl. Ing. Patrick Rossbacher**, die stets ein offenes Ohr für Fragen und Anliegen hatten.

**Mein besonderer Dank gilt aber meinen Eltern Frau Johann und Gottfried Brauchart sowie meiner Tante Gerda Gesek, die nicht nur in finanzieller Hinsicht, sondern auch stets durch aufmunternde Worte und moralische Unterstützung entscheidend zu diesem Studium beigetragen haben. Ohne diesen familiären Rückhalt wäre das Studium wohl kaum zu bewältigen gewesen!**

---

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Kurzfassung .....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>II</b>
<b>Dankesworte.....</b>	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XIV</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>15</b>
<b>2 Aufgabenstellung – Zielsetzung.....</b>	<b>16</b>
<b>3 Basisüberlegungen zur parametrischen Konstruktion.....</b>	<b>18</b>
3.1 Verwendetes CAD System.....	18
3.1.1 Verwendete Module .....	18
3.2 Unterschiedliche Modelle für unterschiedliche Anforderungen .....	18
3.2.1 „Stand-Alone“ Variante.....	19
3.2.2 Schablonen Variante.....	19
3.2.3 Exakte Variante.....	20
3.2.4 Hybridkonstruktion .....	21
3.3 Begriffsdefinition parametrisch-assoziative Flächenmodellierung .....	21
3.3.1 Parametrik .....	21
3.3.2 Assoziativität.....	21
3.3.3 Parametrisch-assoziative Modellierung .....	21
3.4 Positionierung - Referenzierung.....	22
3.4.1 Koordinatensysteme .....	22
3.4.2 Referenzen .....	23
3.4.2.1 Übersicht Referenzierung.....	24
3.4.2.2 Absolute Referenzierung.....	24
3.4.2.3 Relative Referenzierung.....	25
3.4.2.3.1 Benutzerkoordinatensystem .....	25
3.4.2.4 Verschachtelte Referenzen .....	27
3.4.2.5 Verlust einer Referenz .....	27

---

3.4.2.6 Möglichkeiten zur Aufhebung der Referenzierung .....	28
3.4.2.6.1 Referenzen isolieren.....	28
3.4.2.6.2 Umstellung von relativer zu absoluter Bemaßung .....	29
3.4.2.6.3 Selbständige Einstellung von Abhängigkeiten .....	30
3.5 Die Funktion „ERSETZEN“ .....	31
3.5.1 Anwenden der Funktion „ERSETZEN“ .....	32
3.5.2 Beispiele zur Funktion ERSETZEN .....	34
3.5.2.1 Beispiel 1 .....	34
3.5.2.2 Beispiel 2 .....	35
3.6 Stabilität der Modelle .....	37
3.6.1 Stabilitätshierarchie von Drahtgeometrien .....	38
3.7 Modellaufbau – Strukturbaum .....	38
3.7.1 Baumaufbauschema im Geometriebereich.....	40
3.7.2 Suchvorgang im Baum.....	41
3.7.3 Austausch von Teilbereichen .....	42
3.7.4 Ablage von Referenzen in der Baumstruktur .....	42
3.7.4.1 Zentralreferenzen.....	43
3.7.4.2 Lokale Referenzen .....	43
3.7.4.3 Gemischte Variante.....	44
3.7.4.4 Ablagen, die zu vermeiden sind .....	45
3.7.4.5 Skelettmodell .....	45
3.7.4.6 Umsetzung in Catia V5 .....	45
3.8 Abhängigkeiten im Modell anzeigen.....	47
3.8.1 Abhängigkeiten eines Konstruktionselements anzeigen .....	47
3.8.2 Abhängigkeiten eines geometrischen Sets anzeigen.....	49
3.9 Kopieren eines Geometrischen Sets .....	51
3.10 Arbeiten mit Bibliotheken .....	51
3.11 Bauteilbibliotheken.....	51
3.11.1 Einfache Bauteilbibliothek .....	51
3.11.2 Arbeiten mit Konstruktionstabellen .....	52
3.12 Teilkonstruktionsbibliotheken .....	53
3.12.1 Power Copy .....	53
3.12.2 Benutzerkomponente .....	53

---

3.13 Allgemeines .....	54
3.14 Aufbau und Aussehen einer dynamischen Bibliothek .....	54
3.14.1 Erstellen einer Bibliotheksdatei .....	54
3.14.2 Suchen in der Bibliothek .....	54
3.14.3 Vorteil dieser Vorgehensweise .....	56
<b>4 Übersicht Methodik .....</b>	<b>57</b>
4.1 Entwicklungsphasen in der Automobilentwicklung.....	57
4.1.1 Unterteilung der Konzeptphase .....	58
4.2 Unterscheidung „Funktionale Konstruktion“ – „Parametrisch-assoziative Konstruktion“ .....	59
4.3 Übersicht der bearbeiteten Themenstellungen .....	59
4.3.1 Erstellung von Prinzipschnitten .....	59
4.3.2 Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“ .....	60
4.3.3 Arbeiten mit Basismodellen.....	60
4.3.4 Das Konzeptmodell.....	61
4.3.5 Allgemeines .....	61
<b>5 Erstellung von Prinzipschnitten .....</b>	<b>62</b>
5.1 Unterscheidung von Schnittarten .....	62
5.1.1 Gesamtpackage / Teilpackageschnitt.....	62
5.1.2 Prinzipschnitt .....	63
5.1.3 Einzelteilschnitt .....	63
5.1.4 Wiederhol- oder Normschnitt.....	64
5.1.5 Normteilschnitt .....	65
5.2 Methodik zur Erstellung eines Prinzipschnittes.....	65
5.3 Ablegen eines Prinzipschnittes in einer Bibliothek.....	69
5.4 Einfügen eines Prinzipschnittes .....	71
5.5 Drehen des Prinzipschnittes.....	73
5.6 Zusammenfassung .....	75
<b>6 Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“ .....</b>	<b>76</b>
6.1 Arbeiten mit Schnitten - Schnittmethode .....	76
6.1.1 Grundlagen für das Arbeiten mit Schnitten .....	77
6.1.1.1 Erstellung von Schnitten.....	77

---

6.1.1.2 Die Leitkurve (Spine).....	77
6.1.1.3 Die Führungskurve.....	78
6.1.1.4 Verbindungszuordnungen (Coupling) .....	79
6.1.1.5 Flächen, die eine exakt definierte Entformschräge benötigen.....	79
6.1.1.6 Baumaufbau .....	82
6.1.2 Funktionen zur Flächenerstellung aus Schnitten .....	82
6.1.3 Methodik der Flächenerstellung aus Schnitten .....	83
6.1.3.1 Profile mit einer Führungskurve steuern .....	83
6.1.3.2 Übergänge erstellen.....	85
6.1.3.3 Verwendung bereits vorhandener Schnitte.....	87
6.1.3.4 Drehen von Schnitten.....	89
6.1.3.5 Ohne definierte Maße arbeiten.....	91
6.1.3.6 Beispiel Tunnelblech .....	91
6.1.4 Modellentstehungsablauf .....	92
6.2 Arbeiten mit dem Kompass .....	96
6.2.1 Grundlegendes zum Arbeiten mit dem Kompass.....	97
6.2.1.1 Eingabefenster Kompass .....	97
6.2.1.2 Ausrichtung Kompass .....	97
6.2.1.3 Bewegung des Kompasses mit der Maus.....	98
6.2.1.4 Erzeugung von Punkten mit dem Kompass .....	99
6.2.1.5 Elemente mit dem Kompass bewegen .....	99
6.2.1.6 Tangentenrichtung eines Splines mit dem Kompass erstellen .....	100
6.2.2 Methodisches Vorgehen bei der Arbeit mit dem Kompass.....	101
6.2.2.1 Beispiel: Konstruktion Fersenblech .....	102
<b>7 Arbeiten mit Basismodellen .....</b>	<b>106</b>
7.1 Grundlagen für die Erstellung von Basismodellen .....	106
7.1.1 Referenzebene .....	107
7.1.1.1 Referenzebene mit Inputdaten .....	107
7.1.1.2 Referenzebene ohne Inputdaten .....	108
7.1.2 Funktionsebene .....	109
7.1.2.1 Voraussetzungen und Einschränkungen .....	112
7.1.3 Strukturebene .....	112
7.1.4 Zusammenfassung der Methodik von Basismodellen.....	113



---

7.2 Beispiel Hauptboden vorne links .....	114
7.3 Beispiel Fahrzeugtürinnenblech .....	120
<b>8 Das Konzeptmodell .....</b>	<b>123</b>
8.1 Vom Basismodell zum Konzeptmodell .....	123
8.2 Bereitstellen von Varianten im Modell .....	124
8.2.1 Möglichkeit 1 .....	124
8.2.2 Möglichkeit 2 .....	125
8.2.3 Möglichkeit 3 .....	126
8.3 Vereinfachter Idealablauf .....	127
<b>9 Zusammenfassung .....</b>	<b>128</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>130</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung .....</b>	<b>131</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Themenschwerpunkte und Terminalschiene der Diplomarbeit .....	17
Abbildung 2: „Stand-Alone“ – Variante (Bsp.: Stabkonstruktion).....	19
Abbildung 3: Schablonen Variante anhand einer Türblech-Konstruktion .....	20
Abbildung 4: Koordinatensystem entsprechend DIN 70000.....	23
Abbildung 5: In der Konstruktion angewendetes Koordinatensystem .....	23
Abbildung 6: Absolute Referenzierung eines Punktes im Raum .....	24
Abbildung 7: Funktion „Gleitende Skizze“ .....	24
Abbildung 8: Relative Referenzierung.....	25
Abbildung 9: Einfügen eines Benutzerkoordinatensystems .....	26
Abbildung 10: Funktion „Positionierte Skizze“ .....	26
Abbildung 11: Verschachtelte Referenzierung .....	27
Abbildung 12: Verlust einer Referenz .....	28
Abbildung 13: Punkte isolieren .....	29
Abbildung 14: Umstellung von relativer zu absoluter Bemaßung von Raumpunkten.....	30
Abbildung 15: Gleitende Einstellung von Abhängigkeiten in einer Skizze .....	31
Abbildung 16: Arbeitsweise der Funktion „ERSETZEN“ (1/2).....	32
Abbildung 17: Arbeitsweise der Funktion „ERSETZEN“ (2/2).....	32
Abbildung 18: Aktivieren der Funktion „ERSETZEN“.....	33
Abbildung 19: Dialogfenster „ERSETZEN“.....	33
Abbildung 20: Ersetzen von Punkten.....	33
Abbildung 21: Beispiel 1 Ersetzen (1/3).....	34
Abbildung 22: Beispiel 1 Ersetzen (2/3).....	34
Abbildung 23: Beispiel 1 Ersetzen (3/3).....	35
Abbildung 24: Beispiel 2 Ersetzen (1/3).....	35
Abbildung 25: Beispiel 2 Ersetzen (2/3).....	36
Abbildung 26: Beispiel 2 Ersetzen (3/3).....	36
Abbildung 27: Stabilität Scheitelpunkt.....	37
Abbildung 28: Abhängigkeitskette Scheitelpunkt.....	38
Abbildung 29: Stabilitätshierarchie von Drahtgeometrie .....	38
Abbildung 30: Baumaufbau in einem Startmodell.....	39
Abbildung 31: Baumaufbauschema im Geometriebereich.....	40
Abbildung 32: Darstellung des Suchvorgangs im Baum .....	41
Abbildung 33: Funktion „Schnelle Auswahl“ .....	42
Abbildung 34: Darstellung des Austauschs kompletter Teilbereiche.....	42
Abbildung 35: Darstellung Zentralreferenzen .....	43
Abbildung 36: Lokale Referenzen.....	44
Abbildung 37: Nicht zu verwendende Referenzierung.....	45

---

Abbildung 38: Baumaufbau in Catia V5 .....	46
Abbildung 39: Funktion „Zusammenfügen“ .....	47
Abbildung 40: Abhängigkeiten eines Konstruktionselementes anzeigen (1/3) .....	48
Abbildung 41: Abhängigkeiten eines Konstruktionselementes anzeigen (2/3) .....	48
Abbildung 42: Abhängigkeiten eines Konstruktionselements anzeigen (3/3) .....	49
Abbildung 43: Abhängigkeiten eines Geometrischen Sets anzeigen (1/3) .....	49
Abbildung 44: Abhängigkeiten eines Geometrischen Sets anzeigen (2/3) .....	50
Abbildung 45: Abhängigkeiten eines Geometrischen Sets anzeigen (3/3) .....	50
Abbildung 46: CAD Katalog aus dem Internet.....	52
Abbildung 47: Arbeiten mit einer Konstruktionstabelle .....	52
Abbildung 48: Einfügen einer „Power Copy“ .....	53
Abbildung 49: Strukturierung der Bibliothek mit Ordnern.....	54
Abbildung 50: Suchen in der Bibliothek (1/3) .....	55
Abbildung 51: Suchen in der Bibliothek (2/3) .....	55
Abbildung 52: Suchen in der Bibliothek (3/3) .....	56
Abbildung 53: Phasen der Automobilentwicklung.....	57
Abbildung 54: Kostenentstehung und Kostenbeeinflussung im Produktentstehungsprozess ....	58
Abbildung 55: Unterteilung der Konzeptphase .....	58
Abbildung 56: Übersicht zur Erstellung von Prinzipschnitten .....	59
Abbildung 57: Übersicht zur Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“ .....	60
Abbildung 58: Übersicht zum Arbeiten mit Basismodellen.....	60
Abbildung 59: Das Konzeptmodell.....	61
Abbildung 60: Gesamtpackageschnitt.....	62
Abbildung 61: Prinzipschnitt Türinnenblech vorne im Bereich Schweller .....	63
Abbildung 62: Einzelteilschnitt - Teilbereichsschnitt Seitenwandrahmen .....	64
Abbildung 63: Wiederholschnitt - Türdichtung.....	64
Abbildung 64: Normteilschnitt - Schraube.....	65
Abbildung 65: Erstellung eines Prinzipschnittes (1/6).....	66
Abbildung 66: Erstellung eines Prinzipschnittes (2/6).....	66
Abbildung 67: Erstellung eines Prinzipschnittes (3/6).....	67
Abbildung 68: Erstellung eines Prinzipschnittes (4/6).....	67
Abbildung 69: Erstellung eines Prinzipschnittes (5/6).....	68
Abbildung 70: Erstellung eines Prinzipschnittes (6/6).....	68
Abbildung 71: Erstellen einer „Power Copy“ (1/4) .....	69
Abbildung 72: Erstellen einer „Power Copy“ (2/4) .....	70
Abbildung 73: Erstellen einer „Power Copy“ (3/4) .....	70
Abbildung 74: Erstellen einer „Power Copy“ (4/4) .....	71
Abbildung 75: Einfügen einer Datei aus der Bibliothek (1/4).....	71
Abbildung 76: Einfügen einer Datei aus der Bibliothek (2/4).....	72

---

Abbildung 77: Einfügen einer Datei aus der Bibliothek (3/4).....	72
Abbildung 78: Einfügen einer Datei aus der Bibliothek (4/4).....	73
Abbildung 79: Drehen eines Prinzipschnittes (1/4).....	73
Abbildung 80: Drehen eines Prinzipschnittes (2/4).....	74
Abbildung 81: Drehen eines Prinzipschnittes (3/4).....	74
Abbildung 82: Drehen eines Prinzipschnittes (4/4).....	74
Abbildung 83: Übersicht Schnittarten.....	75
Abbildung 84: Übersicht Erstellung/Einfügen von Prinzipschnitten.....	75
Abbildung 85: Beispiel für eine Schnitterstellung in einer 2D-Skizze.....	77
Abbildung 86: Beispiel für eine Leitkurve (Spine).....	78
Abbildung 87: Beispiel einer Führungskurve.....	78
Abbildung 88: Beispiel einer Verbindungszuordnung zwischen zwei Schnitten.....	79
Abbildung 89: Entformkegel.....	80
Abbildung 90: Zusammenhang Leitkurve und Entformung.....	80
Abbildung 91: Entformanalyse.....	81
Abbildung 92: Entformanalyse einer gekrümmten Fläche.....	81
Abbildung 93: Möglicher Baumaufbau bei Anwendung der Schnittmethodik.....	82
Abbildung 94: Funktionen zur Flächenerstellung aus Schnitten.....	82
Abbildung 95: Elemente der Schnittmethode.....	83
Abbildung 96: Varianz mit Führungskurven (1/4).....	84
Abbildung 97: Varianz mit Führungskurven (2/4).....	84
Abbildung 98: Varianz mit Führungskurven (3/4).....	85
Abbildung 99: Varianz mit Leitlinien (4/4).....	85
Abbildung 100: Übergangsfläche zwischen Profilen erstellen (1/3).....	86
Abbildung 101: Übergangsfläche zwischen Profilen erstellen (2/3).....	86
Abbildung 102: Übergangsfläche zwischen Profilen erstellen (3/3).....	87
Abbildung 103: Vorhandene Skizze verwenden (1/5).....	87
Abbildung 104: Vorhandene Skizze verwenden (2/5).....	88
Abbildung 105: Vorhandene Skizze verwenden (3/5).....	88
Abbildung 106: Vorhandene Skizze verwenden (4/5).....	89
Abbildung 107: Vorhandene Skizze verwenden (5/5).....	89
Abbildung 108: Drehen von Schnitten (1/3).....	90
Abbildung 109: Drehung von Schnitten (2/3).....	90
Abbildung 110: Drehen von Schnitten (3/3).....	90
Abbildung 111: Ohne definierte Maße arbeiten.....	91
Abbildung 112: Konzeptmodell Mitteltunnel.....	92
Abbildung 113: Modellentstehungsablauf Tunnel (1/8).....	92
Abbildung 114: Modellentstehungsablauf Tunnel (2/8).....	93
Abbildung 115: Modellentstehungsablauf Tunnel (3/8).....	93

---

Abbildung 116: Modellentstehungsablauf Tunnel (4/8).....	94
Abbildung 117: Modellentstehungsablauf Tunnel (5/8).....	94
Abbildung 118: Modellentstehungsablauf Tunnel (6/8).....	95
Abbildung 119: Modellentstehungsablauf Tunnel (7/8).....	95
Abbildung 120: Modellentstehungsablauf Tunnel (8/8).....	96
Abbildung 121: Hauptfunktionen für die Arbeitweise mit dem Kompass .....	96
Abbildung 122: Eingabefenster Kompass .....	97
Abbildung 123: Ausrichtung Kompass .....	98
Abbildung 124: Bewegen des Kompasses mit der Maus.....	98
Abbildung 125: Punkterzeugung mit dem Kompass.....	99
Abbildung 126: Punktbeziehung mit dem Kompass .....	99
Abbildung 127: Bewegung eines gesamten Modells mit dem Kompass .....	100
Abbildung 128: Erstellung einer Tangentenrichtung mit dem Kompass .....	100
Abbildung 129: Verändern der Tangentenrichtung mit dem Kompass .....	101
Abbildung 130: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (1/10) .....	102
Abbildung 131: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (2/10) .....	102
Abbildung 132: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (3/10) .....	103
Abbildung 133: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (4/10) .....	103
Abbildung 134: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (5/10) .....	103
Abbildung 135: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (6/10) .....	104
Abbildung 136: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (7/10) .....	104
Abbildung 137: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (8/10) .....	105
Abbildung 138: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (9/10) .....	105
Abbildung 139: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (10/10) .....	105
Abbildung 140: Aufbau logik Basismodell .....	106
Abbildung 141: Zentraler Referenzbereich.....	107
Abbildung 142: Darstellung der Abhängigkeitskette von Referenzen.....	107
Abbildung 143: Unterscheidung der Referenzen.....	108
Abbildung 144: Skelettmodell Hauptboden links .....	109
Abbildung 145: Bauteilstrukturierung eines Fahrzeugtürinnenblechs.....	109
Abbildung 146: Erstellung der Skizzenreferenzpunkte .....	110
Abbildung 147: Anwendung der relativen Bemaßung zum Referenzsystem .....	110
Abbildung 148: Steuergeometrie .....	111
Abbildung 149: Modellaufbau bei mehreren Varianten in einem Modell.....	112
Abbildung 150: Strukturaufbau logik .....	113
Abbildung 151: Basismodelle Boden vorne links.....	114
Abbildung 152: Bauteilstrukturierung in Teilbereiche.....	115
Abbildung 153: Skelettmodell .....	115
Abbildung 154: Änderungen im Skelettmodell.....	116

---

Abbildung 155: Hauptstrukturänderung durch eine neue Steuerkurve .....	116
Abbildung 156: Skizzenbemaßung auf dem Skelettmodell .....	117
Abbildung 157: Skizze ersetzen .....	117
Abbildung 158: Erstellung einer Hilfsfläche zur Zusammenfassung von Verprägungen .....	118
Abbildung 159: Trimmen der Stegflächen mit der Hilfsfläche .....	118
Abbildung 160: Verrundung mit der Verprägungsfläche .....	118
Abbildung 161: Verrundung mit der Hauptfläche .....	119
Abbildung 162: Basismodell aus der Bibliothek .....	119
Abbildung 163: Änderungen am Basismodell .....	120
Abbildung 164: Basismodell Fahrzeugtürinnenblech .....	120
Abbildung 165: Verwendete Referenzen Fahrgtürinnenblech .....	121
Abbildung 166: Baufbau und Hauptteilbereich eines Fahrzeugtürinnenblechs .....	121
Abbildung 167: Ersetzen der Strakdaten .....	123
Abbildung 168: Modellupdate mit den „neuen“ Strak Daten .....	124
Abbildung 169: Änderungen über Steuergeometrien vornehmen .....	124
Abbildung 170: Variantenbereitstellung Möglichkeit 1 .....	125
Abbildung 171: Variantenbereitstellung Möglichkeit 2 .....	125
Abbildung 172: Neuen Konstruktionsbereich anlegen .....	126
Abbildung 173: Vereinfachter Idealprozess zur Erstellung eines Konzeptmodells .....	127

**Abkürzungsverzeichnis**

bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
et.al.	et altera
ggf.	gegebenenfalls
Hrsg.	Herausgeber
i.d.R.	in der Regel
o.g.	oben genannte(n)
o.J.	ohne Jahresangabe
S.	Seite(n)
sog.	sogenannte(n)
u.a.	unter anderem
u.U.	unter Umständen
z.B.	zum Beispiel
2D	2-dimensional
3D	3-dimensional

## 1 Einleitung

Die in den letzten Jahren stark angestiegenen Rechenleistungen, welche flächen- deckend und zu günstigen Preisen verfügbar sind, haben dazu geführt, dass die virtuelle Entwicklung im Automobilbau immer stärker Einzug gehalten hat und weiter ausgebaut wird. Die Zielsetzung ist dabei, Testphasen und Prototypenphasen durch virtuelle Simulationen zu ersetzen. An der Technischen Universität Graz wurde dazu ein eigenes Kompetenzzentrum mit dem Namen „virtual vehicle“ eingerichtet. Diese Forschungsgruppe beschäftigt sich ausschließlich mit der Entwicklung neuer Simulationsmethoden und Werkzeuge, die die zeit- und kostenintensiven Test- und Prototypphasen minimieren sollen. Das Schlagwort „Time to market“, sprich kürzere Entwicklungszeiten, um damit schneller auf veränderte Marktbedürfnisse reagieren zu können, ist ein weiterer Aspekt, auf den in diesem Zusammenhang hinzuweisen ist.

Die meisten Simulationsschritte benötigen eine geometrische Datenbasis (abgesehen von prinzipiellen Überlegungen). Ziel ist es, so rasch wie möglich erste Konzeptdaten seitens der Konstruktion zur Verfügung stellen zu können, um bereits in einer sehr frühen Entwicklungsphase erste Prinzipsimulationen und Konzeptbewertungen (Funktionen, Package, Ergonomie, Produktion, Festigkeitsberechnung, Akustik, Fahrdynamik, ...) durchführen zu können. Mögliche Schwachstellen können so bereits sehr früh vermieden bzw. behoben werden. Abgesehen von einer Beschleunigung des gesamten Entwicklungsprozesses entstehen in dieser Projektphase auch im Falle einer Konzeptumstellung oder bei Variantenstudien relativ geringe Kosten.

Am Institut für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Graz wurde deshalb eine Forschungsgruppe mit der Zielsetzung der Entwicklung von Methoden zur parametrischen Geometrieerzeugung eingerichtet. Im Rahmen dieses Forschungsschwerpunktes wurde die vorliegende Diplomarbeit durchgeführt. Das Ziel der Diplomarbeit besteht darin, Möglichkeiten aufzuzeigen, wie der Konstruktionsprozess in der Konzeptphase der Automobilentwicklung beschleunigt und verbessert werden kann.



## 2 Aufgabenstellung – Zielsetzung

Die konzeptionelle Automobilentwicklung im Spannungsfeld verschiedener Einflussparameter stellt eine große Herausforderung an die angewandten Entwicklungswerkzeuge dar. Dabei kommt den modernen parametrisch-assoziativen Konstruktionsprogrammen eine wichtige Bedeutung zu. Diese bieten zwar vielseitige Möglichkeiten zur Vereinfachung der Fahrzeugentwicklung, machen es dem Anwender aber aufgrund ihrer Komplexität schwer, diese Vorteile effektiv auszunützen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit nach neuartigen Konstruktionsmethoden, die einen einfachen Zugang zu den angebotenen Möglichkeiten bieten. Auf Basis moderner CAD-Werkzeuge sollen Möglichkeiten durchgängiger Methoden zur semi-automatischen Generierung von Karosseriebauteilen erarbeitet und evaluiert werden.

### Arbeitsumfang:

- Einarbeitung in das Programmpaket Catia V5
- Einarbeitung in die Entwicklungsprozesse in der Automobilindustrie
- Ermittlung der technischen Einflussparameter auf die Geometrieerzeugung in der Konzeptphase
- Aufzeigen von möglichen durchgängigen Konstruktionsmethoden zur semiautomatischen Generierung von Karosseriebauteilen
- Zusammenfassung und Dokumentation der Ergebnisse

Der Start der Diplomarbeit erfolgte im Juli 2009. In mehreren darauffolgenden Besprechungen mit dem Industriepartner Magna Steyr Graz wurden in Zusammenarbeit mit diesem die Themenschwerpunkte, welche im Rahmen dieser Diplomarbeit bearbeitet werden, festgelegt. Es wurde eine Einteilung in 4 Bereiche vorgenommen:

- Basisüberlegungen zur parametrisch-assoziativen Konstruktion
- Erarbeitung einer Methodik zur Erstellung von Prinzipschnitten
- Erarbeitung einer Methodik zur Erstellung eines „funktionalen Konzeptmodells“
- Erarbeiten einer Methodik zur Erstellung von „Basismodellen“

Im Themenbereich „Basisüberlegungen“ sollen grundsätzliche Überlegungen zur Referenzierung in Modellen, zum Strukturbaufbau, zur Funktion „Ersetzen“, zur Darstellung von Abhängigkeiten, zur Stabilität eines Modells und zur Bibliothek in Catia V5 dargestellt werden.

Im Themenbereich „Prinzipschnitte“ soll eine Methodik erarbeitet werden, um Prinzipschnitte effizienter zu erstellen und um diese auch in anderen Modellen

weiterverwenden zu können. Diese Prinzipschnitte sollen adaptierbar sein oder einfach als Wissensvorlage dienen.

Im Themenbereich „funktionales Konzeptmodell“ soll eine Möglichkeit entwickelt werden, um in der Startphase der Konzeptentwicklung so rasch als möglich eine erste Datenbasis zu erhalten.

Im Themenbereich „Basismodell“ soll eine mögliche Arbeitsweise zur Erstellung von vorgefertigten adaptierbaren Modellen (Templates) dargestellt werden. Diese Modelle sollen in einer Bibliothek abgelegt und bei Bedarf an unterschiedliche geometrische Randbedingungen angepasst werden können.

Im nachfolgenden Bild (Abbildung 1) sind eine Übersicht der Themenschwerpunkte und die Terminalschiene der Diplomarbeit dargestellt.

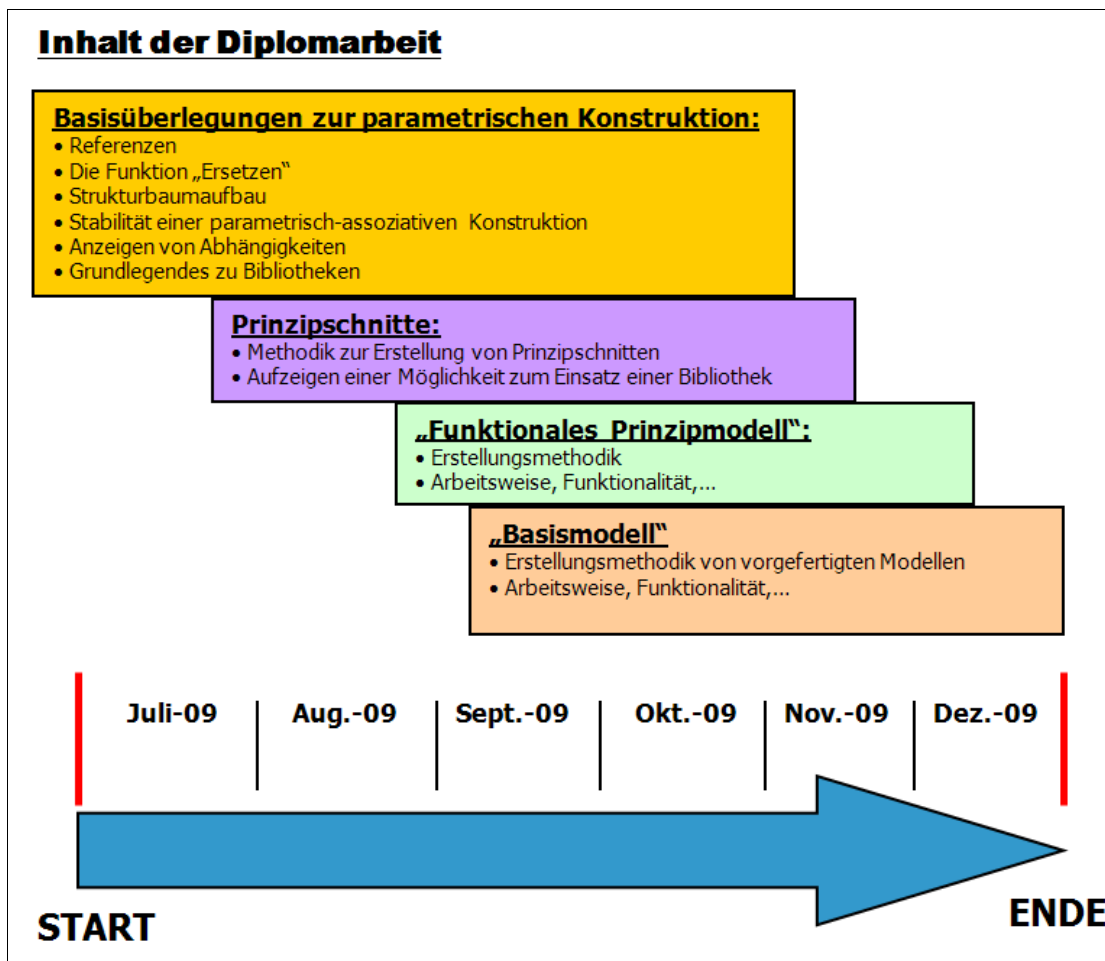


Abbildung 1: Übersicht der Themenschwerpunkte und Terminalschiene der Diplomarbeit

## **3 Basisüberlegungen zur parametrischen Konstruktion**

### **3.1 Verwendetes CAD System**

In dieser Diplomarbeit wird das CAD System CATIA V5 der Firma Dassault Systems<sup>1</sup> behandelt, welches in der Automobilindustrie neben anderen CAD Systemen (Unigraphics<sup>2</sup>, Pro-E<sup>3</sup>,...) ein Standardprodukt ist. Es wird nicht detailliert auf Grundfunktionen des CAD Programms eingegangen, eine gewisse Kenntnis von üblichen Konstruktionsmethoden wird ebenso vorausgesetzt.

Für andere CAD Pakete können die im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit erarbeiteten prinzipiellen Vorgehensweisen ebenfalls angewendet werden, müssen aber an die spezifischen Programmfunktionen der einzelnen Programmpakete angepasst werden.

#### **3.1.1 Verwendete Module**

Catia V5 ist grundsätzlich in drei Varianten (Plattformen) erhältlich:

- P1 (Plattform 1) enthält Grundfunktionalitäten
- P2 (Plattform 2) Standardplattform für komplexe Konstruktionsmethodik
- P3 (Plattform 3) enthält spezielle Funktionalitäten für Sonderbereiche

Zusätzlich ist in jeder Plattform eine Vielzahl unterschiedlicher Module für verschiedene Anwendungsbereiche erhältlich.

In der Automobilindustrie wird die Standardplattform P2 in verschiedenen Konfigurationen (Modulen) verwendet. Basis dieser Diplomarbeit ist die Plattform P2 mit den Modulen Generativ Shape Design (GSD) und Automotive Body in White Templates (ABT), wie sie im Karosseriebau verwendet wird.

### **3.2 Unterschiedliche Modelle für unterschiedliche Anforderungen**

In unterschiedlichen Projektphasen werden hinsichtlich Genauigkeit und Detaillierungsgrad unterschiedliche Anforderungen an die Konstruktionsmodelle gestellt. Diese Überlegungen basieren auf dem nachfolgenden Anwendungszweck, für den Daten zur Verfügung gestellt werden müssen. Dementsprechend können unterschiedliche Ansätze verfolgt werden. Prinzipielle Untersuchungen und

---

<sup>1</sup> <http://www.3ds.com>

<sup>2</sup> [http://www.plm.automation.siemens.com/de\\_de/](http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/)

<sup>3</sup> <http://www.ptc.com>

Konzeptauslegungen können mit einfacher Geometrie und geringem Detaillierungsgrad durchgeführt werden. Dies hat den Vorteil, mit vergleichsweise geringem Aufwand erste Konzept- und Variantenbewertungen durchführen zu können. Je höher der Detaillierungsgrad, desto größer ist der Aufwand bei konzeptionellen Änderungen. Im weiteren Entwicklungsprozess muss jedoch der Detaillierungs- und Genauigkeitsgrad stetig erhöht werden, um auch fertigungstechnische und funktionelle Aspekte genau bewerten zu können. Schlussendlich muss dem Lieferanten für Prototypenteile und zur Produktionsentwicklung ein funktionelles und fertigungsgerechtes Modell zur Verfügung gestellt werden.

Hier soll zwischen drei prinzipiellen Varianten betreffend den verwendeten Inputdaten und den Genauigkeiten unterschieden werden.

### 3.2.1 „Stand-Alone“ Variante

Im Allgemeinen ist unter einer „Stand-Alone“ Konstruktion in diesem Zusammenhang die Anwendung einer Konstruktionsmethode zu verstehen, die keine Referenzen (z.B. Designflächen,...) verwendet und für prinzipielle Untersuchungen einfach und mit einem geringen Detaillierungsgrad aufgebaut ist. Diese Art von Konstruktionsmodellen kann rasch geändert werden und eignet sich besonders in einer sehr frühen Entwicklungsphase, um prinzipielle Untersuchungen und Simulationen durchführen zu können. Es können auf einfache Weise unterschiedliche Prinzip-Varianten dargestellt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen fließen in den Entwicklungsprozess als grundsätzliche Konzepte ein. Das soll heißen, dass das prinzipielle Konzept für den weiteren Entwicklungsprozess übernommen wird, dieses aber oft aufgrund des vorhandenen Packages im Detail nicht vollständig umgesetzt werden kann.

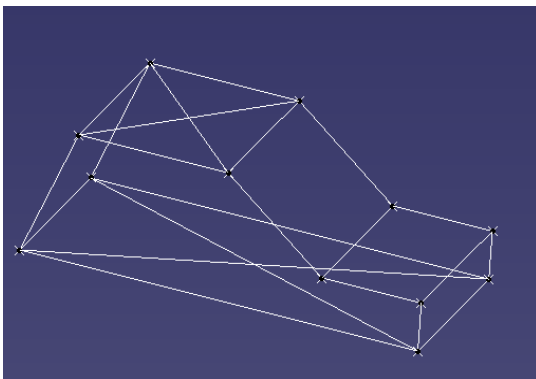


Abbildung 2: „Stand-Alone“ – Variante (Bsp.: Stabkonstruktion)

Wie weit der Detaillierungsgrad einer solchen Konstruktion gehen muss bzw. kann, hängt vom spezifischen Anwendungsfall ab.

### 3.2.2 Schablonen Variante

Bei einer Schablonenkonstruktion wird eine veränderbare Schablone („Template“) auf die Input-Geometrie gelegt und diese Schablone entsprechend angepasst. Diese Variante ist wesentlich genauer und weist auch einen höheren Detaillierungsgrad auf.

Jedoch stellt sie in vielen Bereichen eine Näherungslösung dar, da das Modell nur entsprechend der vorhandenen Schablone die Input-Geometrie abbilden kann. Diese Variante kann in einer Konzeptphase Anwendung finden, in der bereits eine genauere Datenbasis erwartet wird. Diese Schablonen-Templates müssen im Vorfeld erstellt werden. Es ist dabei eine genaue Analyse durchzuführen, welche Anpassungsmöglichkeiten für den Praxiseinsatz sinnvoll und notwendig sind. Der erhebliche Erstellungsaufwand dieser Modelle kann bei einer oftmaligen Nutzung dieser Templates sinnvoll sein.

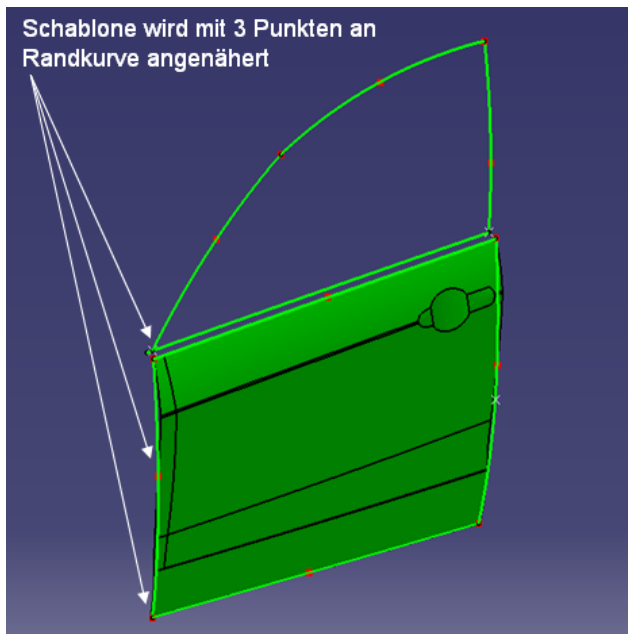


Abbildung 3: Schablonen Variante anhand einer Türblech-Konstruktion<sup>4</sup>

In der Diplomarbeit von Hrn. Dipl. Ing. Johannes Mayr wird unter anderem diese Arbeitsweise anhand eines Fahrzeugtürinnenblechs ausführlich und genau beschrieben.

### 3.2.3 Exakte Variante

Bei der exakten Variante baut das Modell auf allen Inputdaten (z.B. Designdaten,...) exakt auf. Diese Variante ist wesentlich aufwendiger als die vorhin genannten, eine exakt-genaue Modellerstellung ist aber nur mit dieser Variante möglich. Prinzipiell kann auch mittels Templates ein „exaktes“ Ergebnis erzielt werden, wenn:

- Die Schablone so angepasst werden kann, dass die Randbedingungen genau abgebildet werden können.
- Die Schablone „händisch“ erweitert bzw. modifiziert werden kann, so dass die Randbedingungen genau abgebildet werden können.

---

<sup>4</sup> Diplomarbeit Mayr Johannes, „Datenbankgestützte parametrisierte Geometrieerzeugung und Methodenentwicklung am Beispiel eines PKW-Türinnenblechs“, TU - Graz 2009

Bei der exakten Variante kann der Detaillierungsgrad beliebig erhöht werden, da dieses Modell bereits an die Serienentwicklung weitergeben werden kann (bei entsprechendem Reifegrad) und für genauere Fertigungs- und Simulationsuntersuchungen geeignet ist.

### 3.2.4 Hybridkonstruktion

Je nach Bedarf kann es auch zu einer Vermischung der Varianten in einem Modell kommen. Zum Beispiel kann mit einem Schablonen-Template begonnen werden und Teilbereiche werden nachfolgend exakt konstruiert.

## 3.3 Begriffsdefinition parametrisch-assoziative Flächenmodellierung

### 3.3.1 Parametrik

*„Unter Parametrik versteht man das Beeinflussen der Gestalt von Objekten über erzeugende – meist geometrische – Parameter. Diese Parameter werden im Modell gespeichert und erlauben dem Anwender ein nachträgliches Ändern bzw. Editieren. Typische Beispiele dafür sind Verrundungsradien, Durchmesser, Abstände, Segmentlängen und Winkel von Abstellungen.“<sup>5</sup>*

Der Vorteil der Parametrik liegt in der Tatsache, dass bei Änderungen, die über Parameter beschrieben werden, keine Flächenneuerstellung erfolgen muss. Die Änderung der geometrischen Gestalt der Fläche erfolgt durch eine Änderung des jeweiligen Parameterwertes. Dies bringt einen erheblichen Zeitvorteil mit sich. In Catia V5 sind alle geometrischen Grundelemente standardmäßig parametrisiert.

### 3.3.2 Assoziativität

*„Assoziativität umfasst das Herstellen von Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Objekten innerhalb eines Modells oder zwischen mehreren Modellen.“<sup>6</sup>*

Vor allem in Kapitel 7 „Arbeiten mit Basismodellen“ wird dargestellt, wie solche Abhängigkeitsketten aussehen können.

### 3.3.3 Parametrisch-assoziative Modellierung

*„Parametrisch-assoziative Konstruktion verbindet die Eigenschaften von Parametrik und Assoziativität miteinander. Die geometrische Gestalt des Objektes und die Konstruktionsabsicht sind im Modell gespeichert. Eine Änderung mindestens einer bestimmenden Größe löst eine Neuberechnung (Update) aus.“<sup>7</sup>*

---

<sup>5</sup> Egbert Braß, „Konstruieren mit Catia V5“ 2005, S. 19

<sup>6</sup> Ebenda.

<sup>7</sup> Egbert Braß, „Konstruieren mit Catia V5“ 2005, S. 19f.

*„Ein weiteres Merkmal der parametrisch-assoziativen Arbeitsweise liegt in der zunehmenden Bedeutung der Methodik.“ „Der Arbeit am System muss eine konzeptionelle Phase auch in konstruktionsmethodischer Hinsicht vorangestellt werden. Es sind Fragen nach den Abhängigkeiten zwischen den betrachteten Bauteilen und nach den zu erwartenden Änderungen zu klären. Bauteile sind zu strukturieren, dazu sind meist Teilbereiche/Zonen zu definieren.“<sup>8</sup>*

*„Das Hauptziel dieser Arbeitsweise sind letztlich immer höhere Effizienz und Produktivität. Konkret bedeutet das eine Verkürzung von Entwicklungszeiten, die Möglichkeit mehrere Varianten in der gleichen Zeit zu untersuchen, oder Änderungsschleifen in kürzerer Zeit zu realisieren.“<sup>9</sup>*

In Kapitel 3 „Basisüberlegungen zur parametrischen Konstruktion“ und Kapitel 7 „Arbeiten mit Basismodellen“ wird auf spezielle Überlegungen zu einer parametrisch-assoziativen Konstruktion eingegangen. In Kapitel 8 „Das Konzeptmodell“ werden unter anderem einige Möglichkeiten der Variantenerstellung dargestellt.

Ausgangspunkt dieser Diplomarbeit ist die Betrachtung eines einzelnen, nach außen hin „unabhängigen“ (ohne externe automatisierte Abhängigkeiten) Modells. Auf Multi-Model-Links (Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Modellen), wird nachfolgend nicht eingegangen. Bei der Zusammenarbeit großer Personengruppen, die wiederum weltweit örtlich verteilt sein können, stellen Multi-Model-Links aufgrund des zwingend notwendigen Vorhandenseins von allen verlinkten Modellen (diese müssen auch den aktuellen Stand darstellen) eine große Herausforderung bezüglich der Projektorganisation dar.

### **3.4 Positionierung - Referenzierung**

Im Karosseriebau wird vorwiegend „lagerichtig“ gezeichnet. Das heißt, jedes Bauteil bezieht sich auf das gleiche fahrzeugfeste Koordinatensystem und wird in Einbaulage gezeichnet. Der Vorteil liegt darin, dass keine (nachträgliche) Positionierung der Bauteile vorgenommen werden muss. Ausnahme davon sind Normteile und Standardteile. Diese werden in einem eigenen Koordinatensystem konstruiert und erst bei Verwendung positioniert.

#### **3.4.1 Koordinatensysteme**

*„In der Berechnung und beim Fahrzeugversuch bietet sich das in der DIN 70000 definierte Koordinatensystem an. Der Ursprung liegt im Schwerpunkt, die X-Achse zeigt in Fahrtrichtung, die Y-Achse nach links und die Z-Achse nach oben.“<sup>10</sup>*

---

<sup>8</sup> Egbert Braß, „Konstruieren mit Catia V5“ 2005, S. 20

<sup>9</sup> Ebenda.

<sup>10</sup> Karl Ludwig Haken, „Grundlagen der Kraftfahrzeugtechnik“, 2007, S. 11

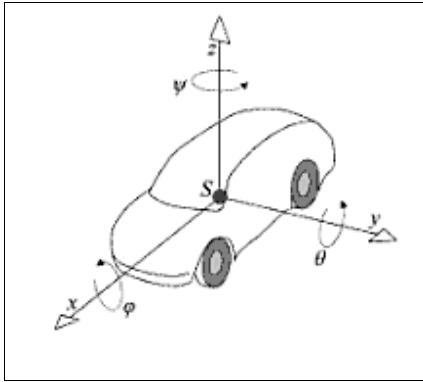


Abbildung 4: Koordinatensystem entsprechend DIN 70000

„Dieses Koordinatensystem kann allerdings in der Fahrzeugkonstruktion nicht angewendet werden, da zunächst die Lage des Schwerpunkts nicht bekannt ist. Daher wird in der Konstruktion gewöhnlich ein Punkt im Bereich der Fahrzeugfront als Ursprung verwendet (z.B.: in der Mitte der Vorderachse). Damit die Koordinaten der meisten Bauteile positive Werte haben, zeigt jetzt die X-Achse nach hinten, die Y-Achse nach rechts und die Z-Achse nach oben.“<sup>11</sup>

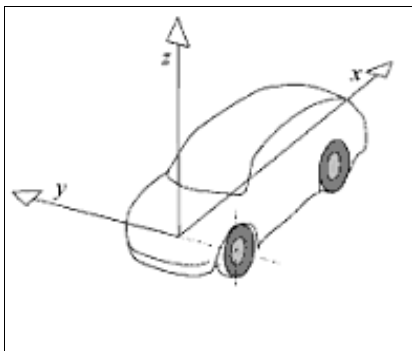


Abbildung 5: In der Konstruktion angewendetes Koordinatensystem

### 3.4.2 Referenzen

Unter Referenzen sind in diesem Zusammenhang Bezugsэлеmente zu verstehen, auf die sich nachgelagerte Elemente beziehen bzw. unter welchen eine Abhängigkeit besteht. Die Basis jeder Referenzierung ist das Koordinatensystem. In diesem Fall ist es das fahrzeugfeste Hauptkoordinatensystem, auf das jedes weitere Element (wenn auch nicht immer direkt) Bezug nimmt. Jedes Element (Benutzerkoordinatensystem, Punkt, Linie, Ebene, Kurve, Fläche, Flächenverband, Solid) kann als Bezugsэлеment (Referenzelement) für weitere Elemente Verwendung finden bzw. selbst in einer Abhängigkeitskette stehen. Im Anschluss sind unterschiedliche Referenzierungsmöglichkeiten am Beispiel einer Punktabhängigkeit dargestellt. Diese gelten sinngemäß auch für alle anderen Elemente.

<sup>11</sup> Karl Ludwig Haken, „Grundlagen der Kraftfahrzeugtechnik“, 2007, S. 11.



### 3.4.2.1 Übersicht Referenzierung

Bei der Referenzierung soll zwischen drei prinzipiellen Varianten unterschieden werden:

- Absolute Referenzierung
- Relative Referenzierung
- Verschachtelte Referenzierung

### 3.4.2.2 Absolute Referenzierung

Bei der absoluten Referenzierung erfolgt die Bemaßung auf das fahrzeugfeste Koordinatensystem. Vorteil dieser Methode ist, dass der Referenzpunkt immer an der gleichen raumfesten Stelle (im Ursprung des Koordinatensystems) bleibt.

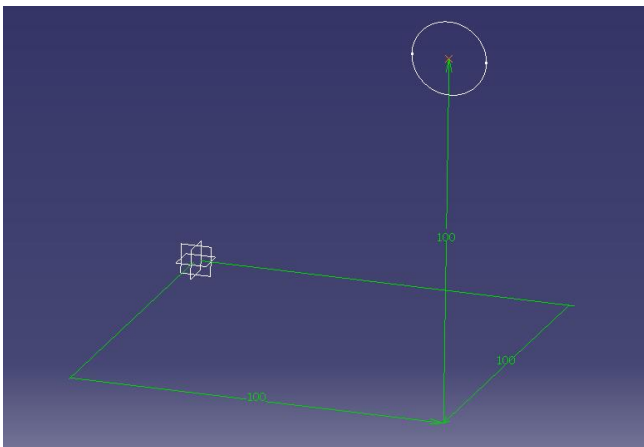


Abbildung 6: Absolute Referenzierung eines Punktes im Raum

Um eine absolute Referenzierung in einer Skizze durchführen zu können, kann die Funktion „gleitende Skizze“ verwendet werden. Dabei erfolgt eine Normalprojektion des Ursprungs in die jeweilige Skizzenebene.

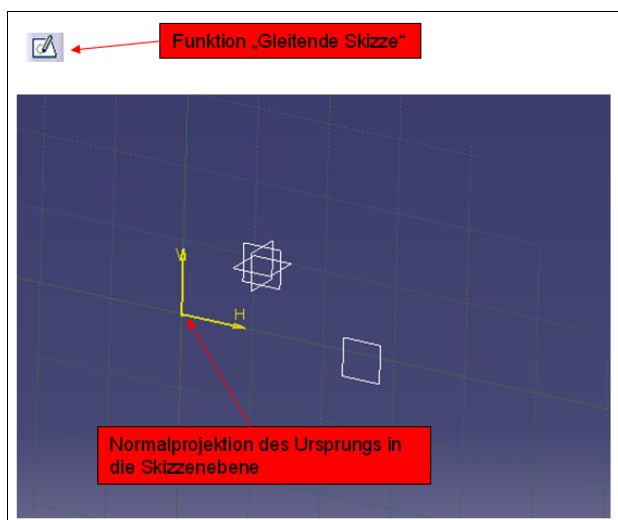


Abbildung 7: Funktion „Gleitende Skizze“

### 3.4.2.3 Relative Referenzierung

Bei einer relativen Referenzierung wird ein Punkt relativ zu einem anderen Punkt bemaßt. Der Vorteil liegt in der Abhängigkeitskette. Ändert sich der Ausgangspunkt, so verschieben sich auch alle abhängigen Punkte und somit auch die weiterfolgenden Konstruktionselemente automatisch. Dies scheint auf den ersten Blick ideal für eine variable Konstruktion zu sein, im Großen und Ganzen ist dem auch so. Im Laufe der zeitlichen Entstehungsphase eines Fahrzeuges kann es aber sinnvoll und notwendig sein, zumindest für Teilbereiche die relative Referenzierung aufzuheben. Mit jeder Änderung des Ausgangspunktes ändern sich alle untergeordneten Hierarchien. Dies ist in vielen Fällen erwünscht, jedoch nicht in allen (z.B. bei bereits abgestimmten Elementen, die als Basis für Anbauteile an Kollegen weitergegeben wurden und somit exakt raumfest bleiben sollen).

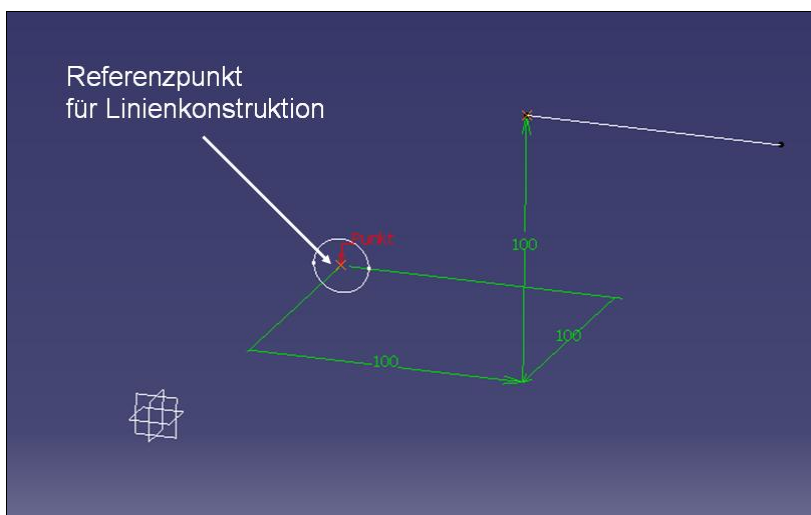


Abbildung 8: Relative Referenzierung

Es ist zu beachten, dass eine geringe Verschiebung der Referenz in der nachfolgenden Abhängigkeitskette optisch oft schwer wahrnehmbar ist. Weiters muss beachtet werden, dass sich eine Referenz in allen drei Raumrichtungen (x, y, z) verschieben kann.

#### 3.4.2.3.1 Benutzerkoordinatensystem

Bestehen in einer Konstruktion gewisse Fixpunkte, auf die immer wieder Bezug genommen werden soll, so empfiehlt es sich, ein (oder mehrere) Benutzerkoordinatensystem einzufügen. Ist dieses Benutzerkoordinatensystem aktiv, so ist die weitere Bemaßung wie beim Hauptkoordinatensystem durchzuführen. Weiters besteht die Möglichkeit einer Ausrichtung des Benutzerkoordinatensystems. Dies kann in vielen Fällen, insbesondere bei einer nicht hauptachsenparallelen Ausrichtung, eine erhebliche Erleichterung mit sich bringen. Ist das Benutzerkoordinatensystem in eine Abhängigkeitskette eingebunden (z.B. auf parametrische Punkte bezogen), so kann eine dynamische Anpassung erfolgen.

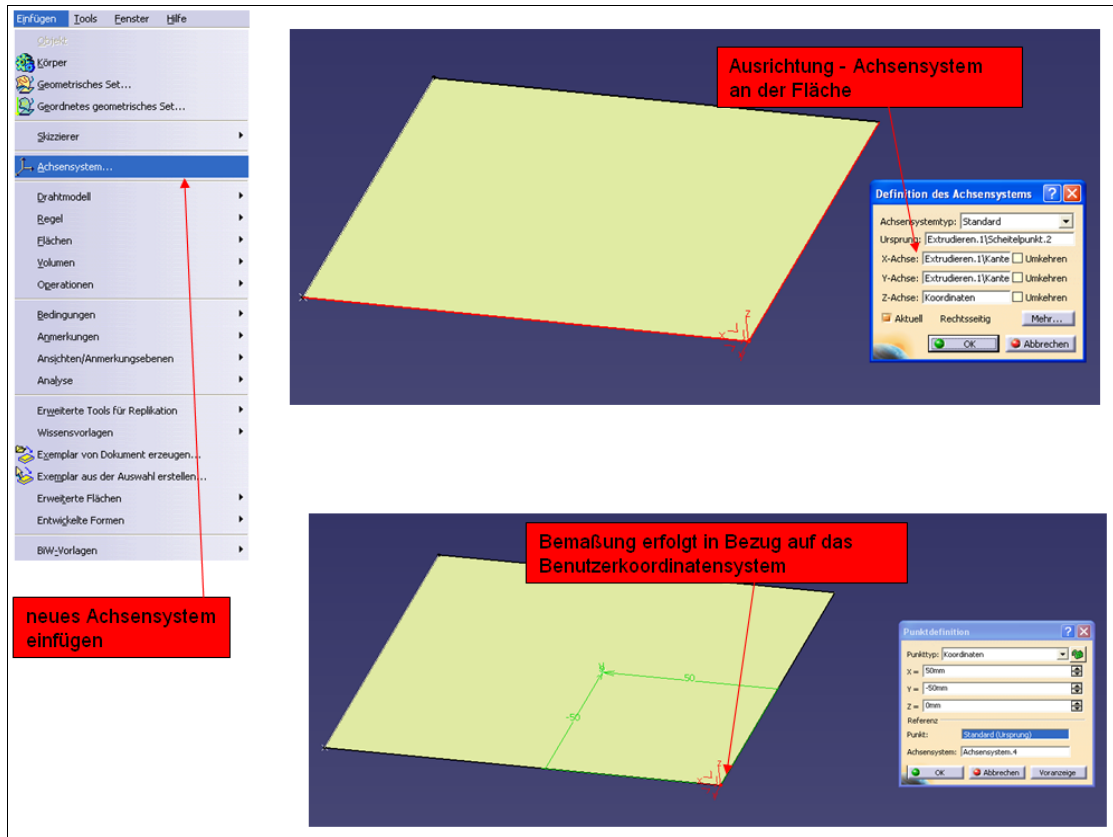


Abbildung 9: Einfügen eines Benutzerkoordinatensystems

Im 2D-Bereich besteht die Möglichkeit, mit der Funktion „Positionierte Skizze“ zu arbeiten. Nach Auswahl der Funktion sind neben der Skizzenebene der Ursprungspunkt und die Ausrichtung des Achsensystems anzugeben.

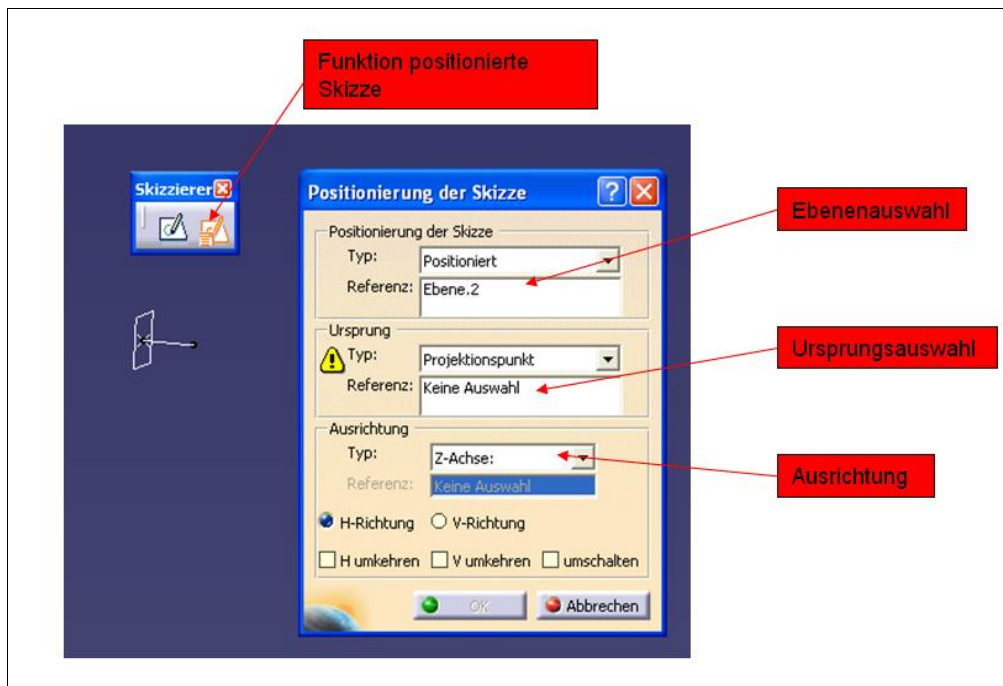


Abbildung 10: Funktion „Positionierte Skizze“

### 3.4.2.4 Verschachtelte Referenzen

Die Referenzierung erfolgt auf ein bereits selbst relativ referenziertes Element. Diese Vorgehensweise kann immer weiter in die Tiefe geführt werden. Es ist aber zu beachten, dass diese verschachtelten Referenzierungen immer komplexer werden und nicht mehr einfach durchschaubar sind. Bei einer logisch richtigen Abhängigkeitskette und gut strukturierten Einheiten kann diese Referenzierung aber durchaus vorteilhaft sein.

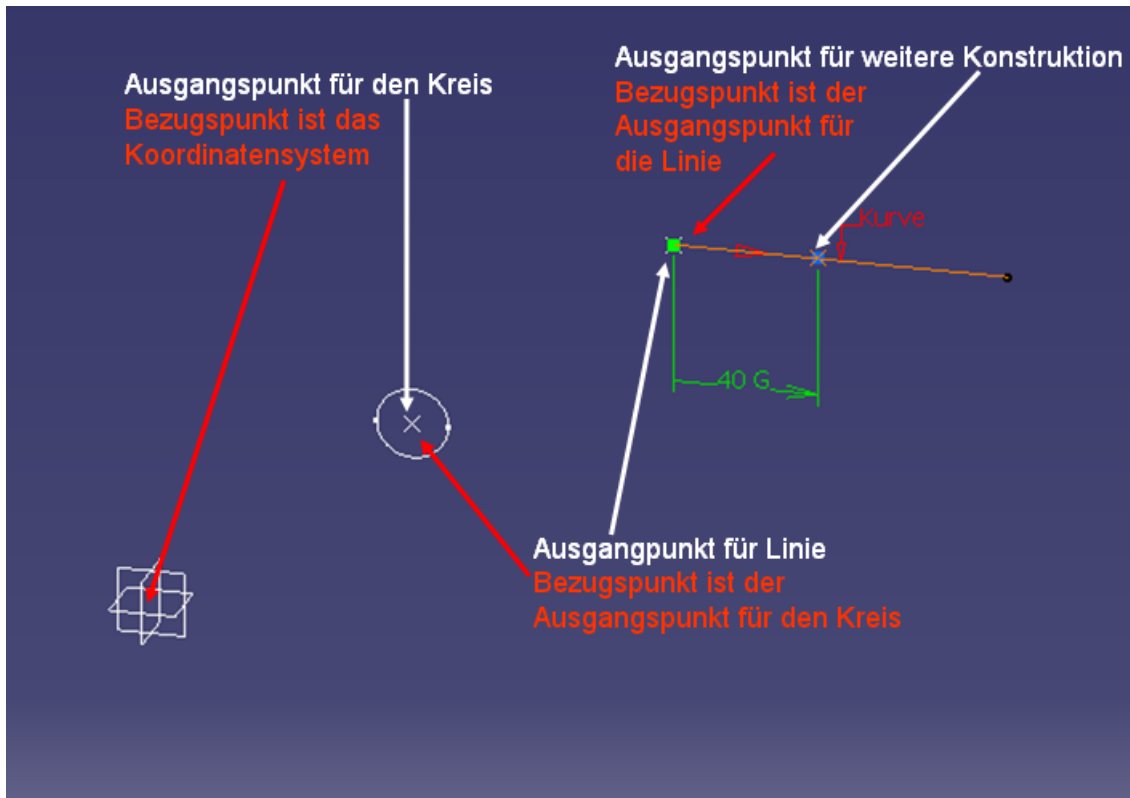


Abbildung 11: Verschachtelte Referenzierung

Verschiebt man den Ausgangspunkt für den Kreis (Abbildung 11), so verändert sich im selben Maß auch die Linie und der Ausgangspunkt für die weitere Konstruktion. Am stabilsten und deshalb zu bevorzugen sind immer Punkt- und Ebenenabhängigkeiten.

### 3.4.2.5 Verlust einer Referenz

Im Verlauf des Entwicklungsprozesses und eines immer höher werdenden Detaillierungsgrades kann es zum „Verlust“, einer Referenz kommen. Als Beispiel sei hier die Erhöhung des Detaillierungsgrades einer Designfläche dargestellt. Verwendet man eine Fugenlinie als Referenzelement (bei Strakflächen ist die Verwendung von Kanten unumgänglich), so kann **auch bei Beibehaltung** der „theoretischen“ Fugenlinie die Referenz verloren gehen. Aufgrund des Einbringens von Verrundungen, Bördelungen, usw. gehen die Bezugskanten verloren. Wenn man eine solche Referenzierung vornimmt, ist es sinnvoll, bereits bei Projektstart mit der

Designabteilung eine Vereinbarung zu treffen, dass die theoretischen Flächen und Kurven (die ja vorhanden sind) immer mitgeliefert werden, um eine konsistente Referenzierung zu ermöglichen.

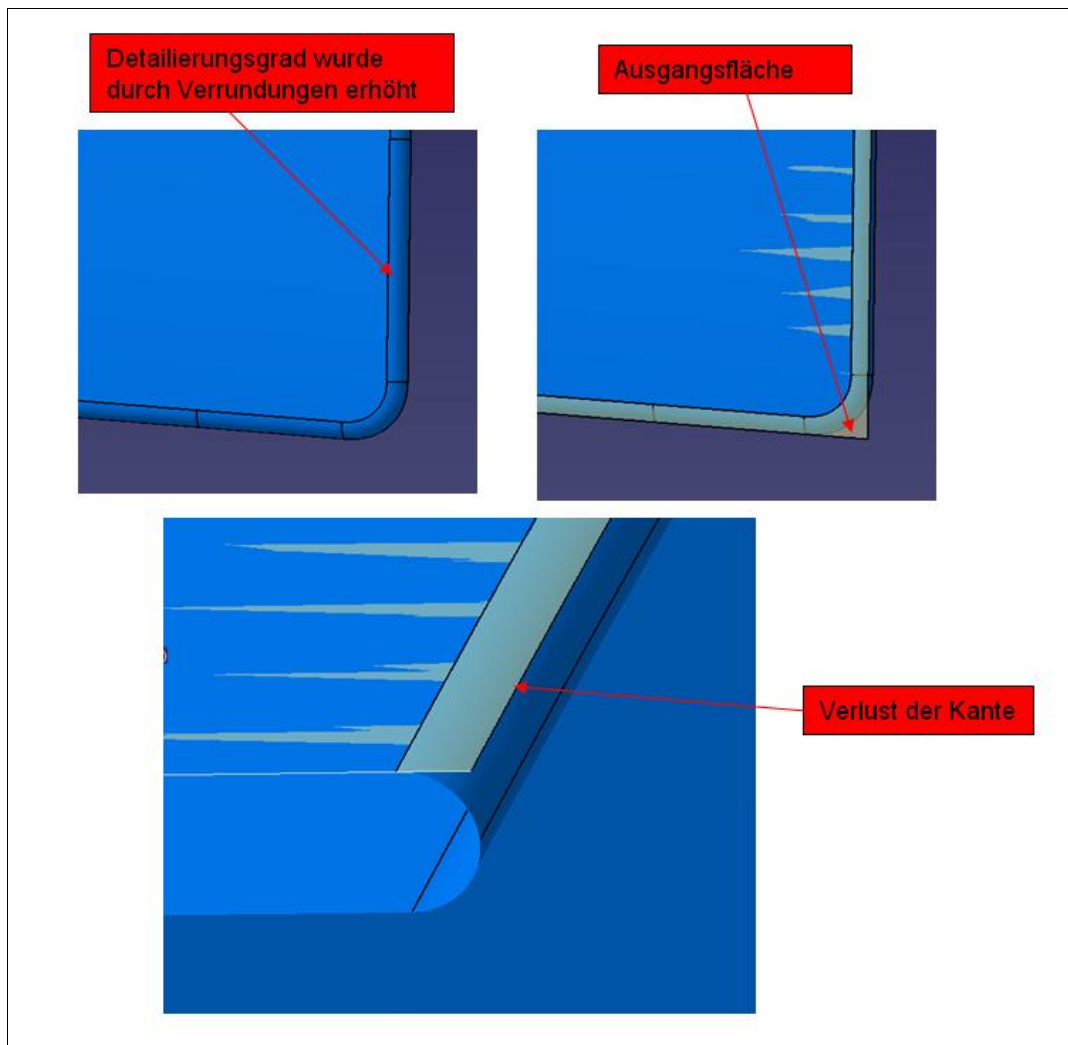


Abbildung 12: Verlust einer Referenz

### 3.4.2.6 Möglichkeiten zur Aufhebung der Referenzierung

Bevor eine Referenz getauscht wird, muss überlegt werden, ob alle relativen Verschiebungen auch gewollt sind oder ob gewisse Elemente in der aktuellen Lage (wie vor dem Austauschvorgang) beibehalten werden sollen. Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, um das Beibehalten von Elementen zu bewerkstelligen:

#### 3.4.2.6.1 Referenzen isolieren

Es besteht die Möglichkeit, einen oder mehrere Referenzpunkte durch lagegleiche isolierte Punkte zu ersetzen oder umzudefinieren. Diese Punkte sind dann raumfest und es bestehen keine Abhängigkeiten mehr. Zu beachten ist, dass auch keine Parametrisierung der Position mehr vorhanden ist. Benötigt man im Nachhinein wieder

eine Parametrisierung der Position, müssen die isolierten Referenzpunkte wieder gegen parametrische Referenzpunkte getauscht oder in solche umdefiniert werden.

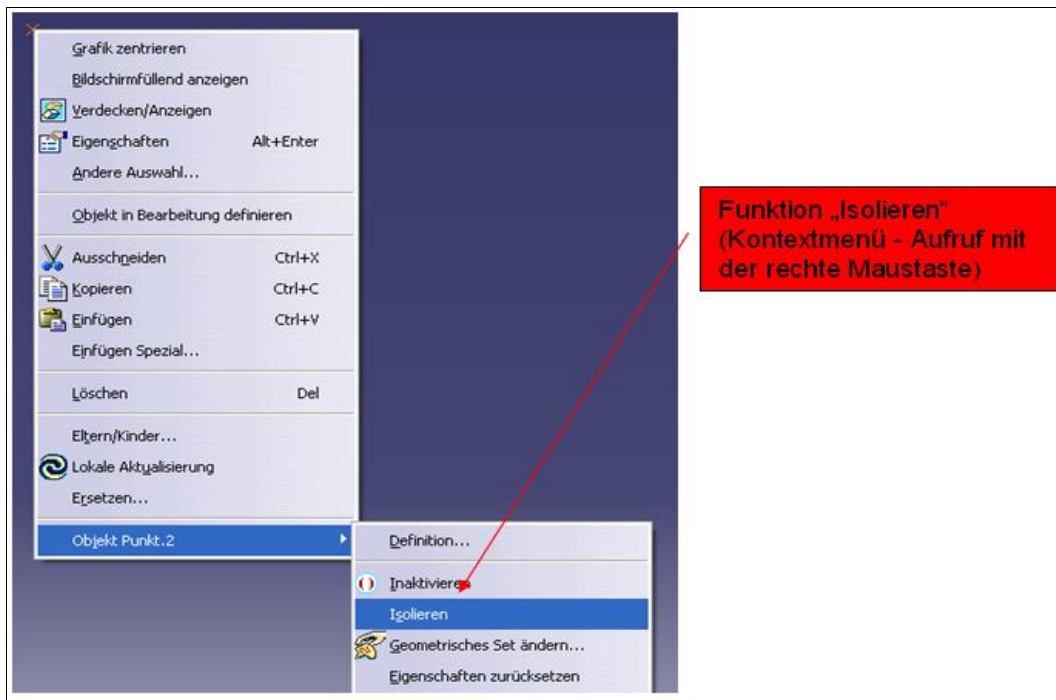


Abbildung 13: Punkte isolieren

Grundsätzlich können alle Elemente isoliert werden. Bei komplexen Elementen wie Flächen, Flächenverbänden, usw. ist eine nachträgliche Parametrisierung allerdings nicht mehr möglich.

### 3.4.2.6.2 Umstellung von relativ zu absoluter Bemaßung

Bei der Umstellung von relativ auf absolute Bemaßung von Raumpunkten entsteht der gleiche Effekt wie beim Isolieren, eine Parametrisierung ist aber nach wie vor vorhanden und nachträgliche Änderungen können einfach ausgeführt werden.

Die Vorgehensweise sieht wie folgt aus. Der Kompass wird auf den umzudefinierenden Punkt gesetzt. Danach wird die Referenz mit „Auswahl löschen“ gelöscht und die Funktion „Kompassposition“ ausgewählt. Der Punkt besitzt nun eine absolute Referenzierung mit den aktuellen Kompasskoordinaten (siehe Abbildung 14).

Bei komplexen Elementen ist aufgrund fehlender Parameter eine Umstellung oft nicht möglich. Z.B. sind bei einer Offsetfläche keine Parameter zur Umdefinition vorhanden.

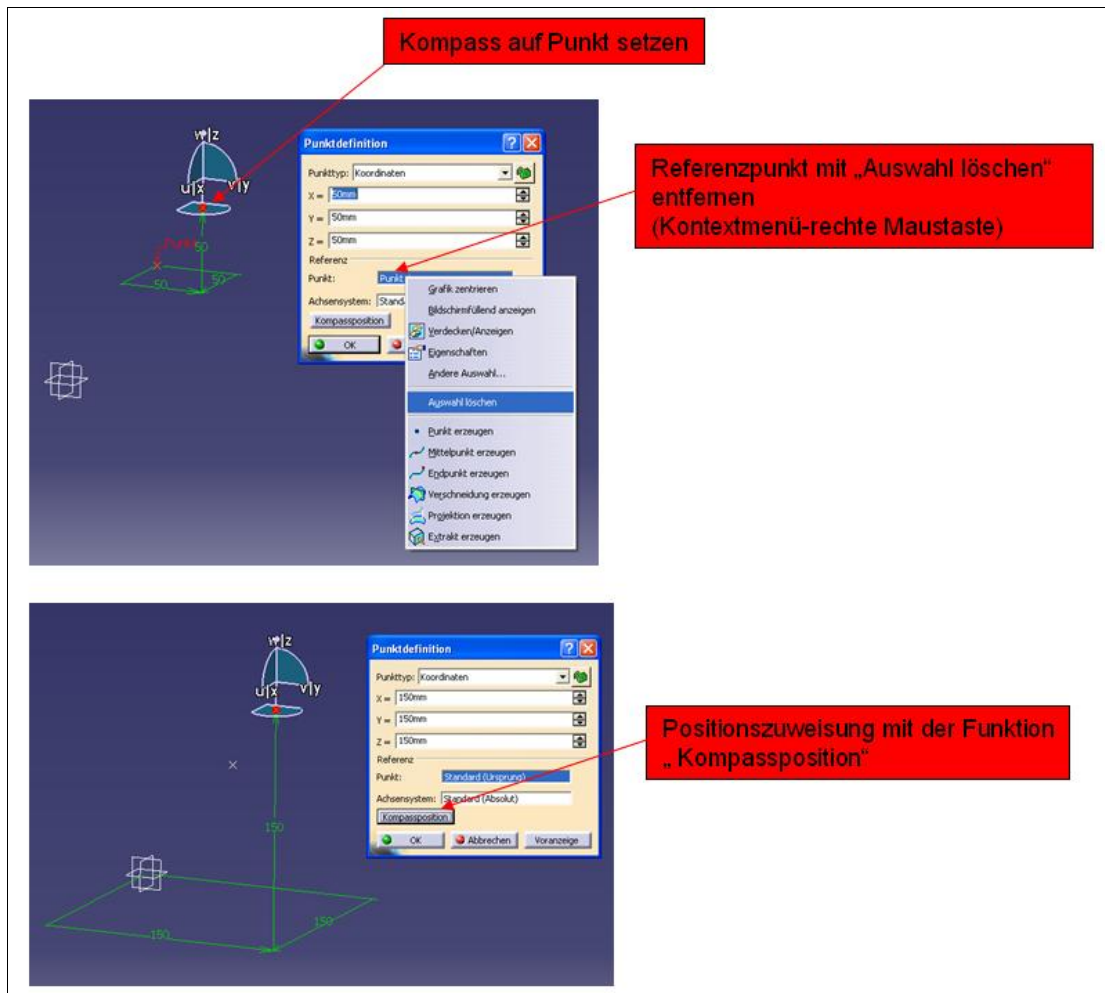


Abbildung 14: Umstellung von relativer zu absoluter Bemaßung von Raumpunkten

### 3.4.2.6.3 Selbständige Einstellung von Abhängigkeiten

Eine Möglichkeit einer selbständigen Einstellung in einer positionierten Skizze, auch bei Veränderung der Referenzen, sieht wie folgt aus:

Es wird im 3D-Bereich ein Fixelement erstellt. Dies ist einfach möglich, indem man z.B. im 3D-Bereich einen Punkt auf die Skizze legt und diesen isoliert. Die Bemaßung wird durch eine Fixierung an das Fixelement ersetzt. Zusätzlich können noch geometrische Bedingungen wie Parallelität,... festgelegt werden. Bei Verschiebung des Referenzelementes stellt sich nun das „richtige“ Maß automatisch ein. Danach kann das Fixelement wieder gelöscht und eine Bemaßung angegeben werden (wenn gewünscht). Das Festhalten über Fixelemente (Linien, Kurven,...) kann auch beibehalten werden, ohne eine nachträgliche Bemaßung durchzuführen. Eine Verankerung mit der Ankerfunktion in der Skizze ist nur bei einer gleitenden Skizze möglich, da die Verankerung sich immer auf das Skizzenkoordinatensystem bezieht (siehe Abbildung 15).

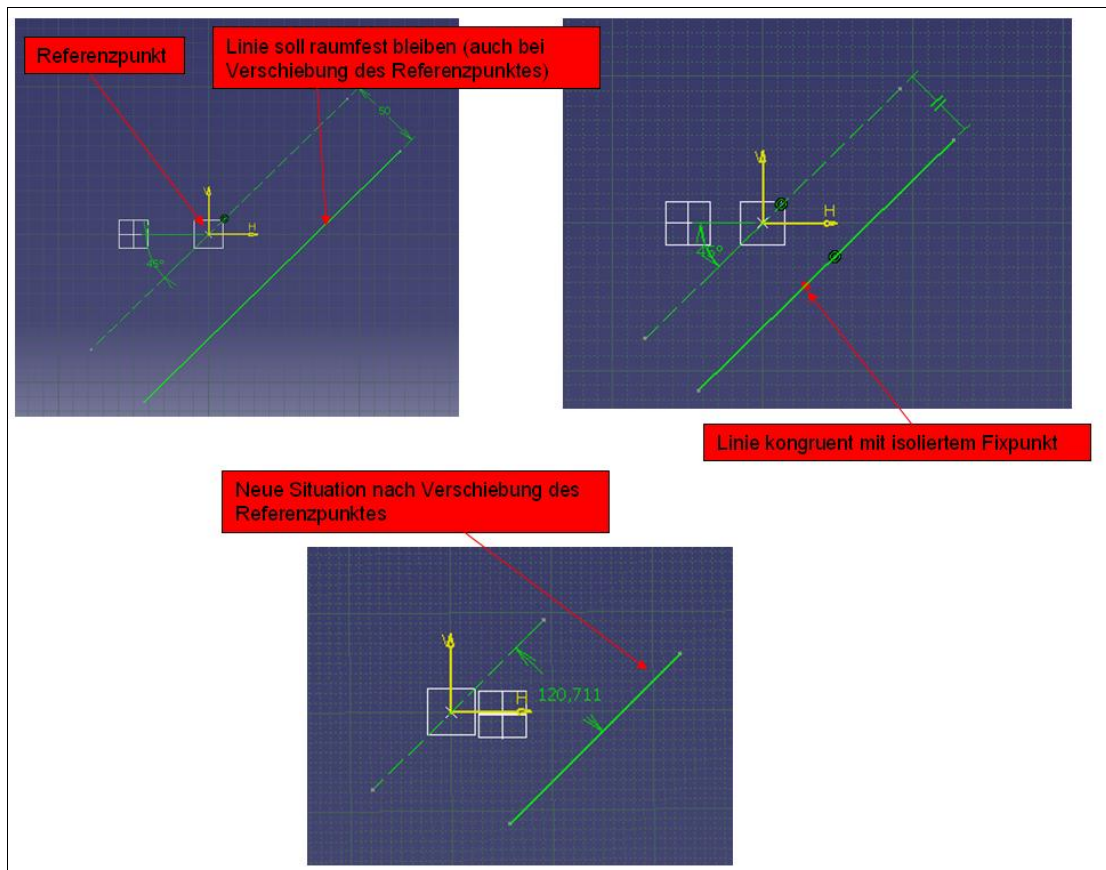


Abbildung 15: Gleitende Einstellung von Abhängigkeiten in einer Skizze

Wichtig ist immer, über vorhandene Abhängigkeiten in einem Modell Bescheid zu wissen, damit keine ungewollten Ergebnisse zustande kommen. (Wie Abhängigkeiten in einem Modell angezeigt werden können, wird im Kapitel 3.8 „Abhängigkeiten im Modell anzeigen“ besprochen.)

### 3.5 Die Funktion „ERSETZEN“

Eine Basisfunktion zum Austausch von Elementen in Catia V5 ist die Funktion „Ersetzen“. Ersetzt werden können Punkte, Linien, Kurven, Flächen, Flächenverbände und Solid-Körper, die eine weiterführende Verlinkung haben. Es können nur Elemente gleichen Typs ersetzt werden (z.B. Fläche gegen Flächenverband, Linie gegen Kurve,...). Diese Funktion ermöglicht den Erhalt der weiterfolgenden Referenzierung. Die Erkennungs-ID des Ausgangselements wird dem neuen Element zugeordnet. Dadurch können die Abhängigkeiten des „alten“ Ausgangselements auf das „neue“ Element übertragen werden.

In Abbildung 16 und Abbildung 17 ist der prinzipielle Aufbau der Funktion dargestellt.



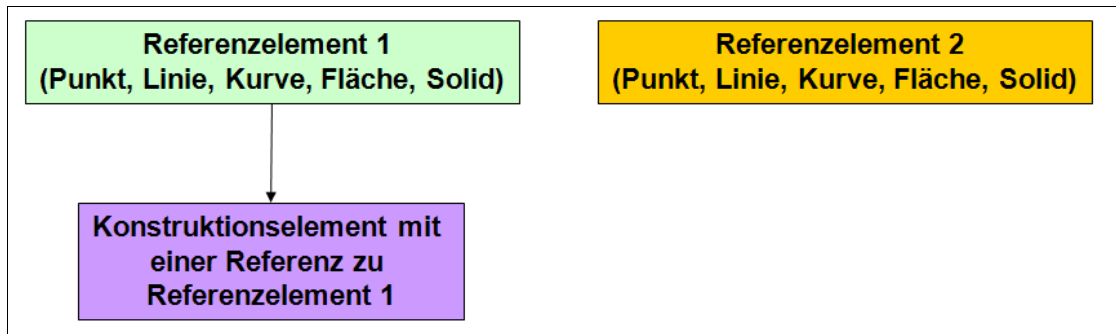


Abbildung 16: Arbeitsweise der Funktion „ERSETZEN“ (1/2)

Wie in Abbildung 16 dargestellt, bezieht sich ein Konstruktionselement auf ein Referenzelement, in diesem Fall auf das Referenzelement 1. Nun soll das Bezugselement (Referenzelement 1) durch ein neues Bezugselement (Referenzelement 2) ersetzt werden. Durch Anwenden der Funktion „Ersetzen“ sieht die neue Situation wie folgt aus:

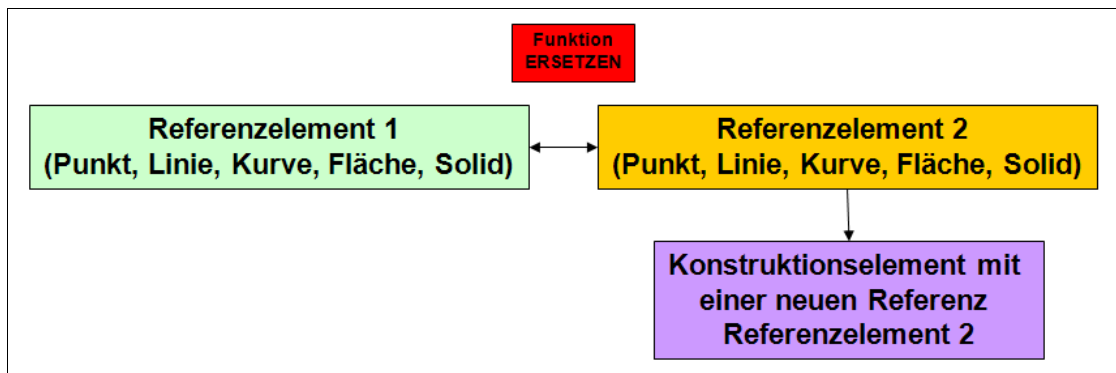


Abbildung 17: Arbeitsweise der Funktion „ERSETZEN“ (2/2)

Das Konstruktionselement hat eine neue Referenz bekommen, die gesamte weiterführende Abhängigkeitskette bezieht sich nun auf das Referenzelement 2.

### 3.5.1 Anwenden der Funktion „ERSETZEN“

Die Funktion wird aktiviert, indem man auf einem Element die rechte Maustaste betätigt und die Funktion „ERSETZEN“ auswählt (Abbildung 18). Danach öffnet sich ein Dialogfenster in dem das neue Element ausgewählt werden kann (Abbildung 19). Bei komplexen Elementen wie Flächenverbänden,... kann es vorkommen, dass Zuordnungen nicht automatisch erkannt werden. Ist dies der Fall, so können diese in einem Dialogfenster angegeben werden. Auf die gleiche Orientierung bzw. die Richtung der Flächennormalen ist zu achten, damit ein korrektes Ergebnis zustande kommt.

In diesem einfachen Beispiel (Abbildung 20) wurde der untere (rote) Referenzpunkt durch den oberen (grünen) Referenzpunkt ersetzt. Wie man sieht, erkennt nun Catia durch die Funktion „ERSETZEN“ den neuen Referenzpunkt. Die untergeordneten Hierarchien werden nun in logischer Reihenfolge erkannt und ausgeführt. In diesem Beispiel hat sich die Linie am grünen Punkt ausgerichtet und neu aufgebaut. Bei komplexeren Modellen ist auf eine saubere und übersichtliche Arbeitsweise

(aussagekräftige Beschriftung, Geometrische Sets,...) zu achten, damit immer ersichtlich ist, welche Referenzelemente aktuell sind.

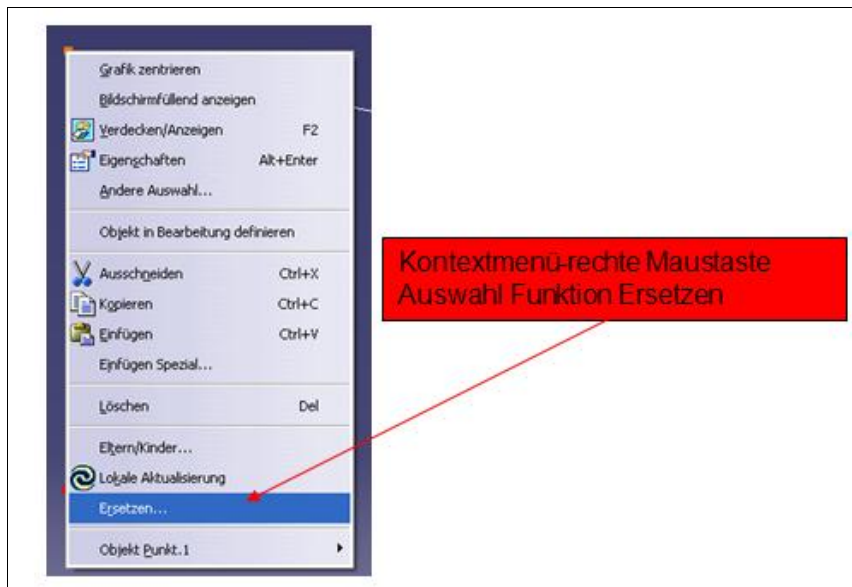


Abbildung 18: Aktivieren der Funktion „ERSETZEN“

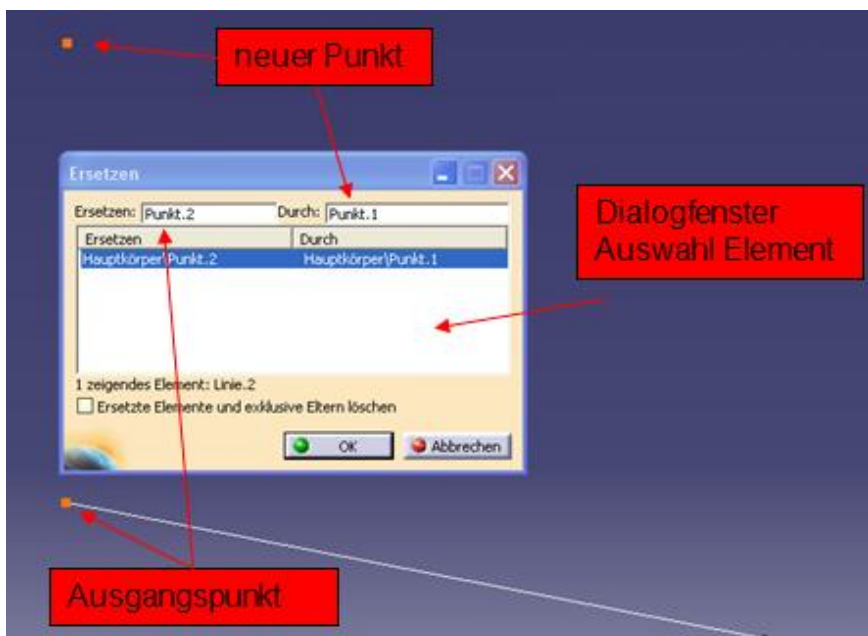


Abbildung 19: Dialogfenster „ERSETZEN“

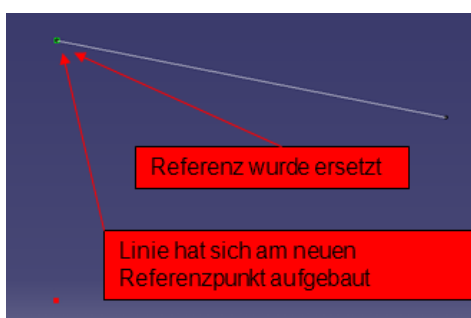


Abbildung 20: Ersetzen von Punkten

Mit einer geordneten Vorgehensweise werden zwei Hauptproblemfälle vermieden:

- Die Abhängigkeiten sind richtig (wie gewollt), die Elemente wurden jedoch im Baum nicht an der richtigen Stelle angeordnet und eine entsprechende Beschriftung wurde nicht durchgeführt. Das Modell arbeitet zwar korrekt, es entsteht aber ein Übersichtlichkeits- und Orientierungsproblem. Die Nachvollziehbarkeit ist erschwert.
- Es wurden nicht alle gewünschten Elemente ersetzt. Es ist nicht mehr klar, welche Elemente ersetzt wurden und welche nicht. Da das Modell nun auf einer nicht konsistenten Referenzbasis aufbaut, ist kein Modellaufbau möglich.

Es ist deshalb sinnvoll, **vor dem Austauschprozess** die entsprechende Beschriftung bzw. Strukturbaumlage,... durchzuführen. Natürlich bietet Catia V5 ausreichend Funktionalität, diese Referenzierungen optisch darzustellen, um diese auch im Nachhinein nachvollziehen und berichtigen zu können. Bei größeren Modellen kann dies allerdings recht komplex werden.

### 3.5.2 Beispiele zur Funktion ERSETZEN

#### 3.5.2.1 Beispiel 1

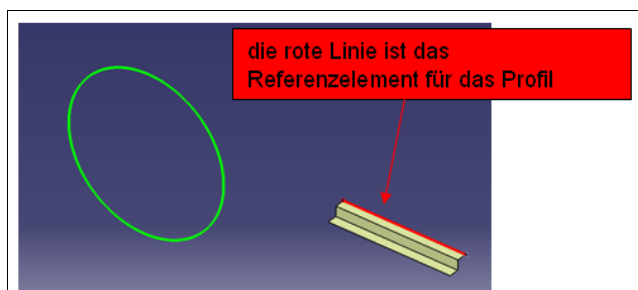


Abbildung 21: Beispiel 1 Ersetzen (1/3)

Das Profil mit der Referenz Linie (rote Linie) soll nun als neue Referenz den grünen Kreis erhalten (Abbildung 21). Mit der Funktion „Ersetzen“ wird nun die rote Linie gegen den grünen Kreis ausgetauscht (Abbildung 22).

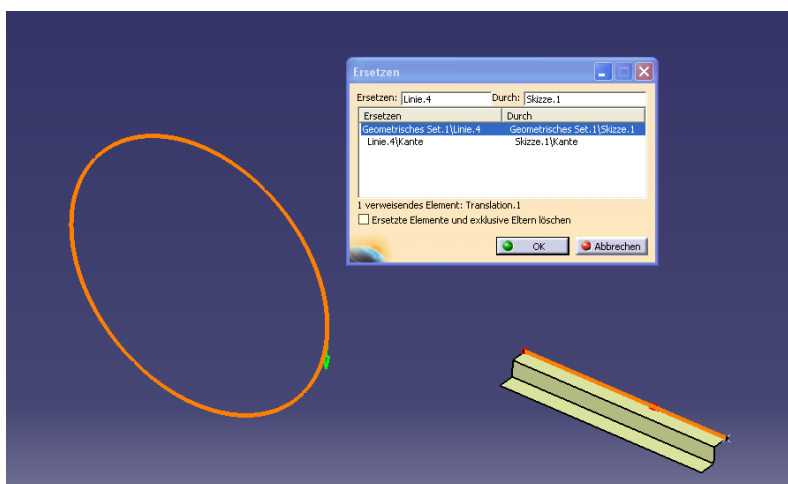


Abbildung 22: Beispiel 1 Ersetzen (2/3)

Wie man sieht (Abbildung 23) hat sich das Profil nun am grünen Kreis neu aufgebaut. Es ist darauf zu achten, dass die neu auszurichtende Geometrie auch mit der neuen Referenz geometrisch möglich ist.

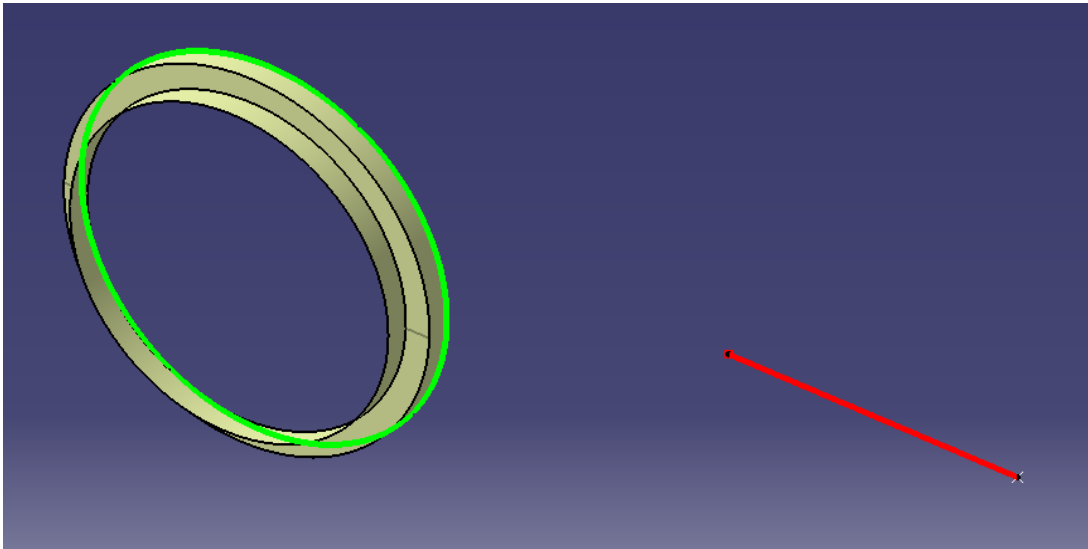


Abbildung 23: Beispiel 1 Ersetzen (3/3)

### 3.5.2.2 Beispiel 2

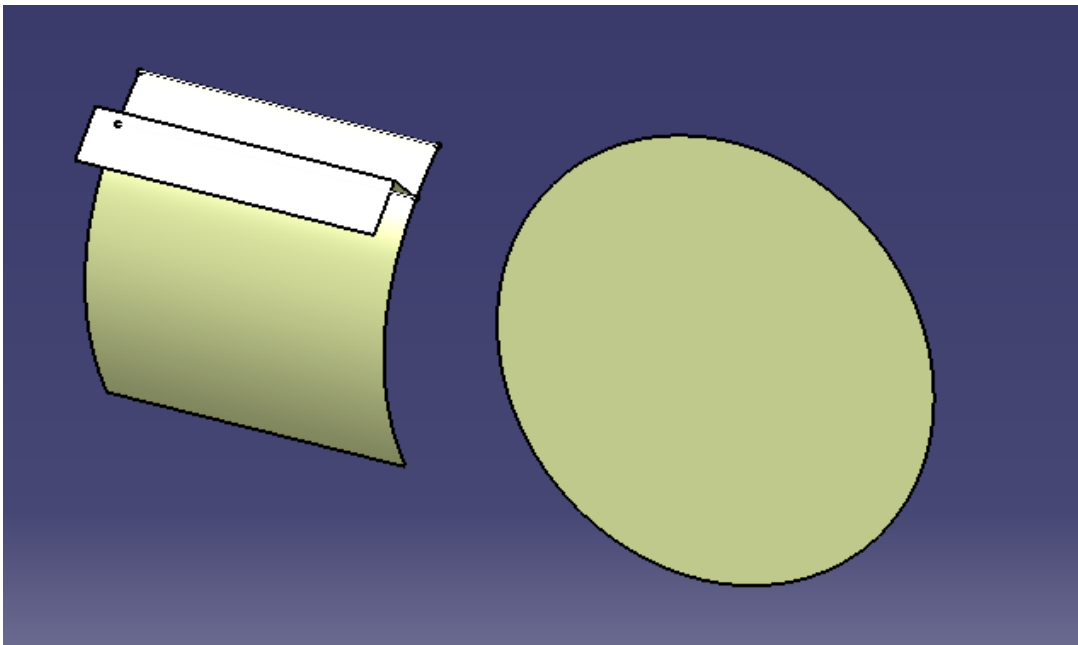


Abbildung 24: Beispiel 2 Ersetzen (1/3)

Ein auf eine Fläche referenziertes Profil soll auf eine andere Fläche übertragen werden (Abbildung 24). Mit der Funktion „Ersetzen“ wird die neue Fläche ausgewählt. Die nicht automatisch erkannte Flächenbegrenzung (rote Linie) wird händisch zugeordnet. Die Flächenorientierungen (roter und grüner Pfeil) werden richtungsgleich gesetzt (Abbildung 25).

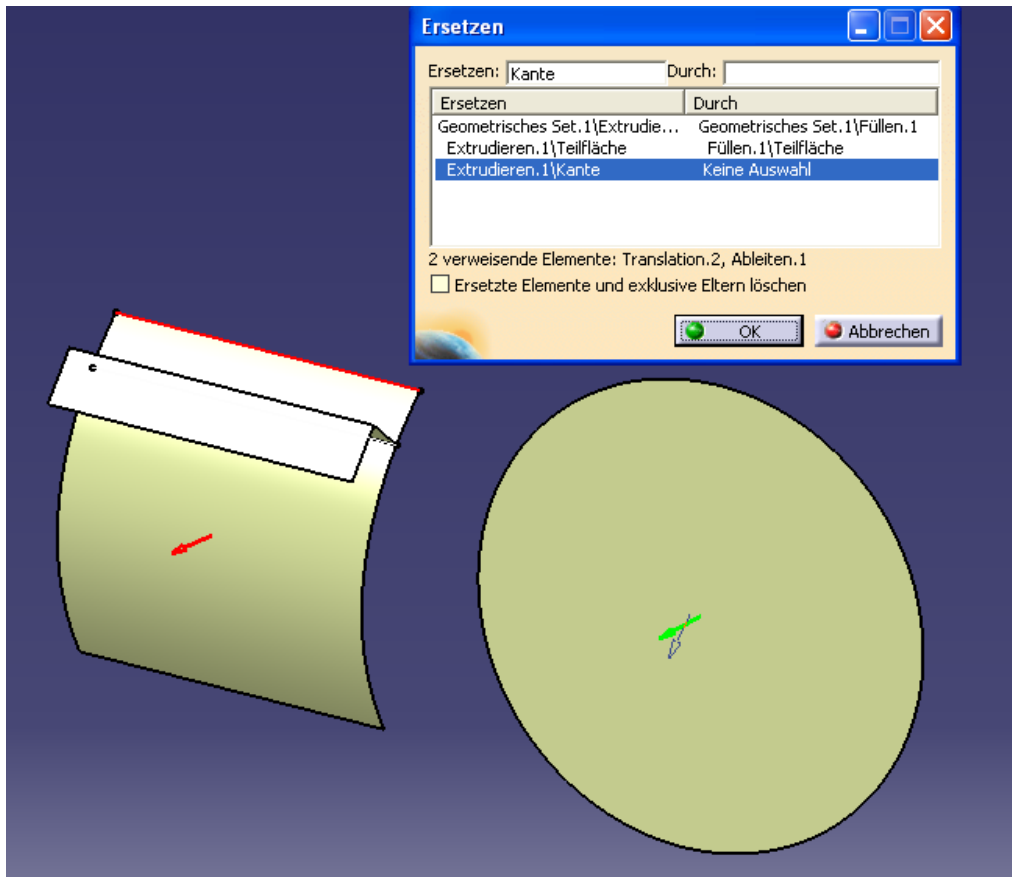


Abbildung 25: Beispiel 2 Ersetzen (2/3)

Das Profil wurde logisch richtig auf die neue Fläche übertragen (Abbildung 27).

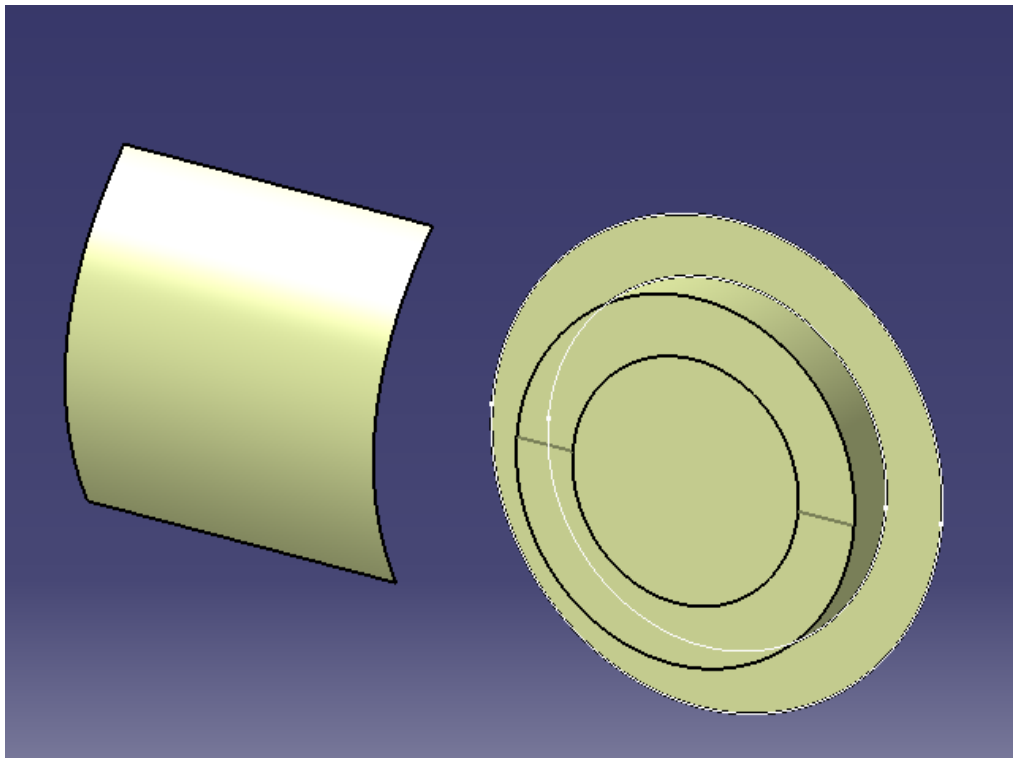


Abbildung 26: Beispiel 2 Ersetzen (3/3)

### 3.6 Stabilität der Modelle

Grundsätzlich wird in diesem Zusammenhang von der Stabilität eines Modells gesprochen, wenn bei durchgeführten Änderungen und dem darauffolgenden Update-Prozess alle benötigten Referenzelemente innerhalb der Abhängigkeitskette gefunden und der Prozess ohne Fehlermeldung, wie gewollt, ausgeführt wird. Es können dabei zwei Problemstellungen auftreten.

- **Referenzen werden nicht erkannt.** Die Referenzen sind zwar grundsätzlich im Modell vorhanden, werden aber aufgrund einer internen ID-Veränderung nicht mehr als solche erkannt und müssen händisch zugewiesen werden. Diesen Fall gilt es mit Hilfe der Einhaltung der nachfolgenden Stabilitätshierarchie zu vermeiden.
- **Die Referenzen sind nicht mehr im Modell vorhanden** und wurden beim Änderungsprozess gelöscht. Es müssen neue Referenzen definiert werden. Dieser Fall soll durch einen strukturierten und geeigneten Baufaufbau vermieden werden (siehe nachfolgendes Kapitel Modellaufbau – Baufaufbau).

Allgemein kann festgehalten werden, dass **eine kurze Abhängigkeitskette die Stabilität eines Modells erhöht**, wo hingegen eine lange Abhängigkeitskette die Stabilität des Modells verringert. Im Folgenden sei dieser Sachverhalt am Beispiel eines Scheitelpunktes dargestellt.

Ein Scheitelpunkt ergibt sich als „abgeleiteter“ Punkt aus anderen Elementen. In diesem Beispiel basiert der Punkt auf einer Verschneidungskante und somit auch auf zwei Teilflächen. Die Teilflächen wiederum basieren auf zwei Skizzen.

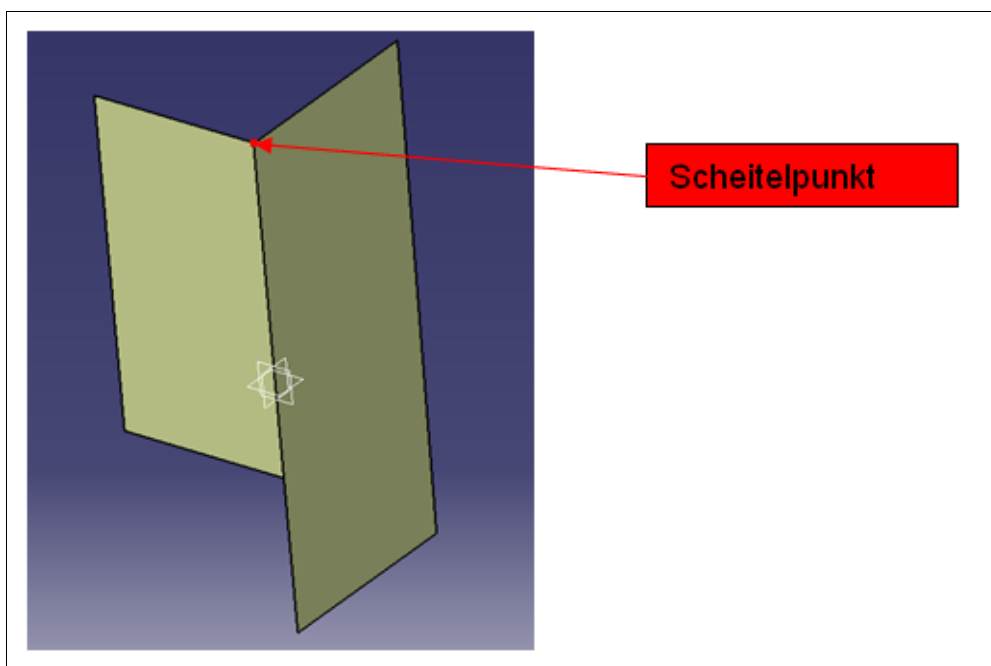


Abbildung 27: Stabilität Scheitelpunkt

Bei Verwendung des roten Scheitelpunktes (Abbildung 27) als weiterführende Referenz oder Konstruktionselement sieht die Abhängigkeitskette wie folgt aus.

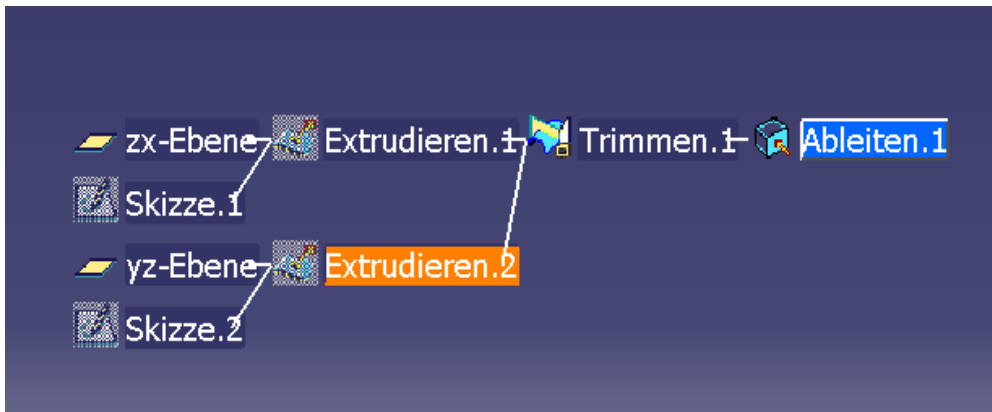


Abbildung 28: Abhängigkeitskette Scheitelpunkt

Es ist klar, dass das letzte Element in dieser Kette am instabilsten ist, da es von allen vorangehenden Elementen abhängig ist.

### 3.6.1 Stabilitätshierarchie von Drahtgeometrien

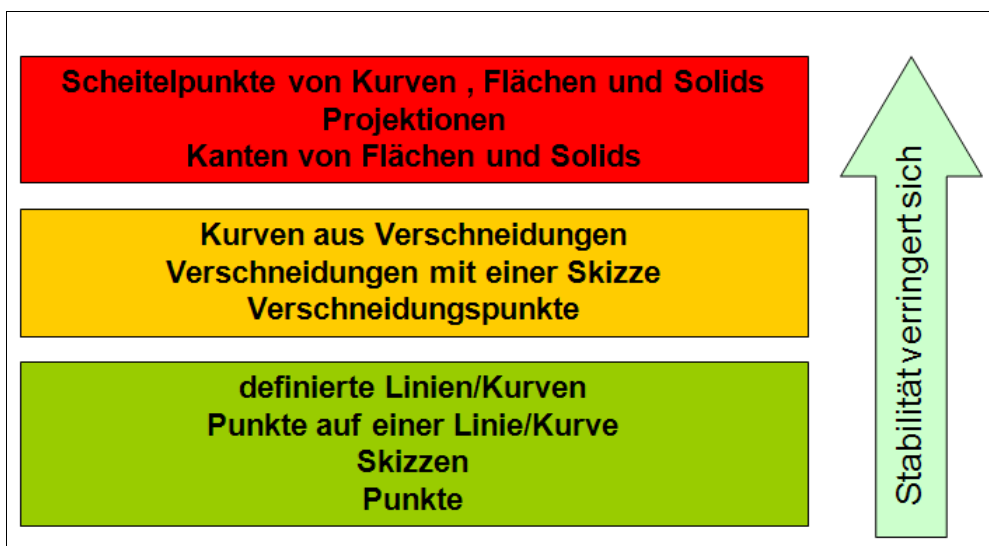


Abbildung 29: Stabilitätshierarchie von Drahtgeometrie

Um ein weitgehend stabiles Modell zu erstellen, sollte Drahtgeometrie, die als Referenz verwendet wird, aus dem roten Feld so weit wie möglich vermieden werden. Elemente aus dem grünen Feld sind zu bevorzugen (Abbildung 29).

### 3.7 Modellaufbau – Strukturbaum

Die Baumstruktur (der Modellaufbau) in Catia V5 kann bereits bei kleinen Modellen sehr komplex und unübersichtlich werden. Dies liegt einerseits an der Programmlogik, die einen lückenlosen und nachvollziehbaren Hierarchieaufbau für jede einzelne Fläche erstellt. Es kommt dadurch zu einer Vielzahl an Instanzen und Abhängigkeiten, die nicht einfach durchschaubar sind. Andererseits liegt das aber auch an einer nicht

strukturierten und einheitlichen Vorgehensweise der Anwender. Bei Weitergabe eines Modells ist es für einen nachfolgenden Anwender meist sehr schwer, den Modellaufbau zu verstehen bzw. diesen nachzuvollziehen. Zwar gibt es von Automobilherstellern unterschiedliche Startmodelle, die einen gewissen Modellaufbau vorgeben, was bereits eine erhebliche Verbesserung der Übersichtlichkeit darstellt. Es wird aber meist nur der grundsätzliche Modellaufbau vorgegeben (z.B. wo ist die Entformrichtung im Baum abzulegen, wo werden Inputdaten im Baum abgelegt,...). Der Flächenerstellungsbereich enthält meist keine oder nur geringe Vorgaben. Als Beispiel sei hier ein Baumaufbau in einem Startmodell dargestellt.

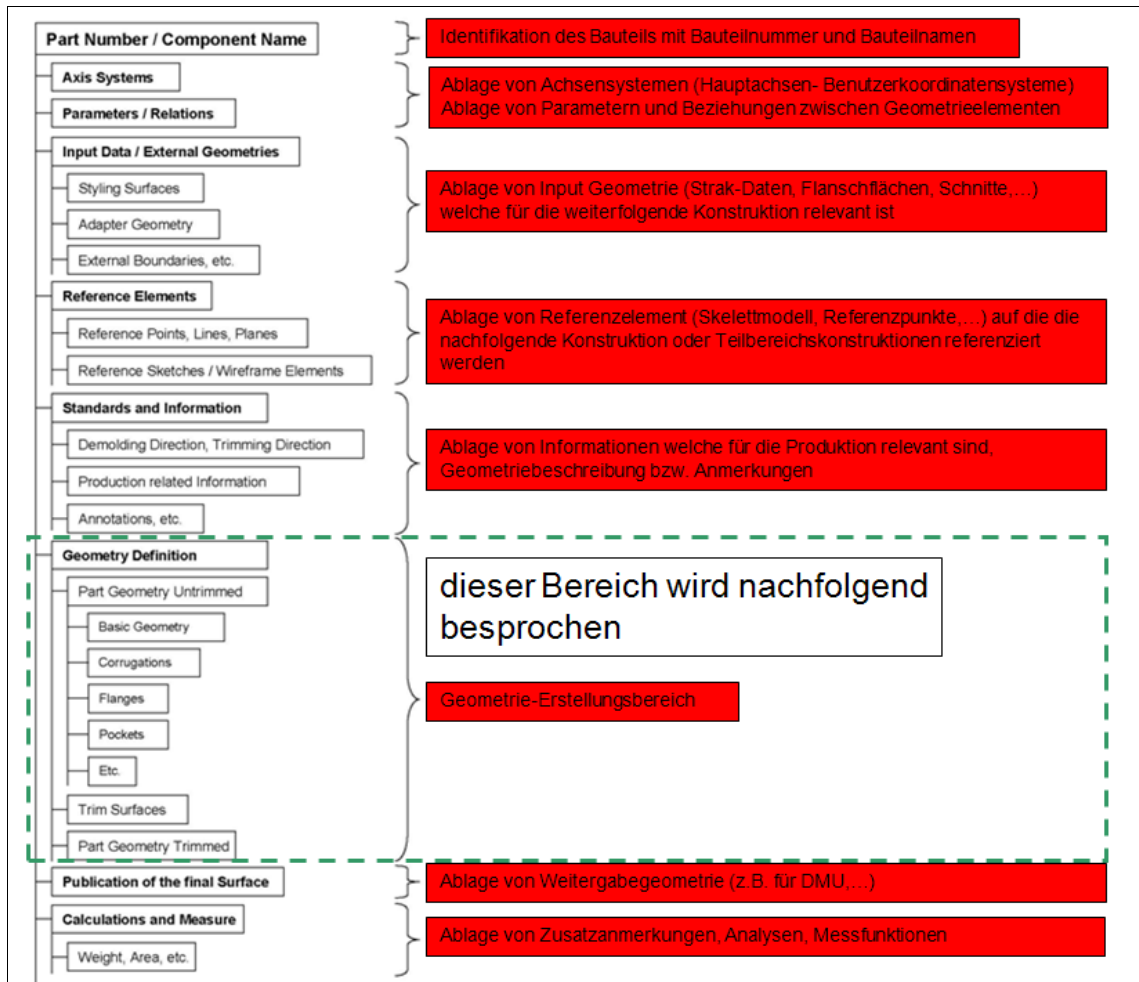


Abbildung 30: Baumaufbau in einem Startmodell<sup>12</sup>

**Die Idee für den Geometriebereich ist ein einheitlicher Modellaufbau mit folgenden Anforderungen:**

- **einfach nachvollziehbarer Modellaufbau und somit kurze Einarbeitungszeit bei der Modellweitergabe**
- **übersichtliche Baumstruktur**

<sup>12</sup> Hirz Mario, Integrated 3D-CAD Design Strategies in Vehicle and Engine Development Processes, 2009



- größtmögliche Flexibilität beim Einbringen von Änderungen
- einfache Einbindung und Austausch von Inputdaten sollte möglich sein
- einfach nachvollziehbare Abhängigkeiten

Allgemein kann gesagt werden, dass eine **flache Struktur mit wenigen Abhängigkeiten** die Übersichtlichkeit, Nachvollziehbarkeit und Stabilität stark erhöht. Kompakte Einheiten (logische Bereiche) und eine gute Strukturierung erleichtern die Austauschbarkeit von Teilbereichen. Ein möglicher Modellaufbau, der die vorhin genannten Anforderungen weitgehend erfüllt, wird im Folgenden dargestellt. Die Referenzierungsregeln des übernächsten Kapitels werden hier nicht dargestellt, sind aber einzuhalten.

### 3.7.1 Baufaufbauschema im Geometriebereich

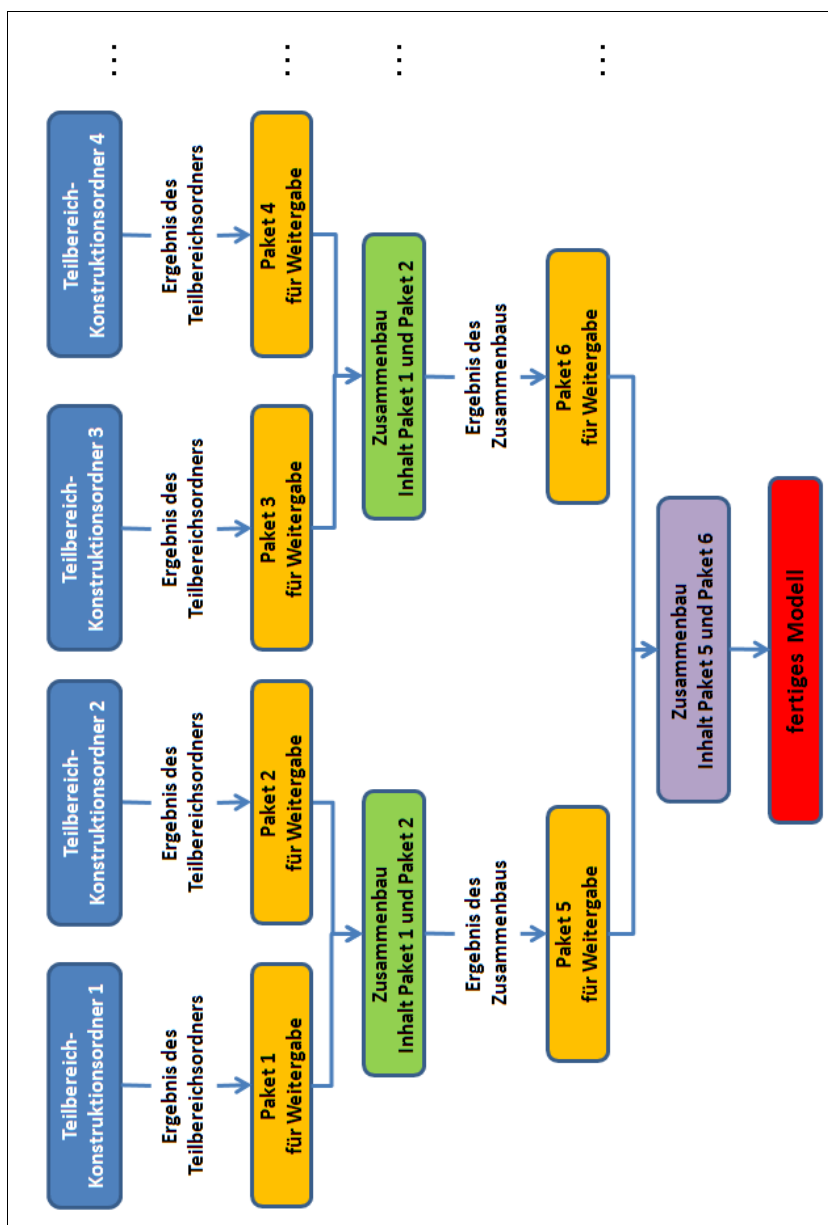


Abbildung 31: Baufaufbauschema im Geometriebereich

Teilbereichskonstruktionen (z.B. eigenständige Flächenbereiche) werden in eigenen Konstruktionsordnern durchgeführt. Das Ergebnis (der fertige Flächenbereich) dieser Teilkonstruktion wird in einen sog. „Paket- oder Weitergabeordner“ im Strukturbaum abgelegt. Die weitere Verknüpfungslogik bezieht sich auf den Weitergabeordner. Die einzelnen Weitergabeordner werden in einem Zusammenbauordner zusammengeführt (z.B. durch Trimmen, Verrunden,...). Das Ergebnis dieses Zusammenbaus kommt wiederum in einen „Paket- oder Weitergabeordner“. Die folgende Verknüpfungslogik bezieht sich wiederum nur auf den Weitergabeordner. Diese Systematik wird konsequent auf jeder Ebene durchgeführt (Abbildung 31).

Durch diese Arbeitsweise ist eine **leicht nachvollziehbare Aufbau-logik** des Modells sichergestellt. Der Anwender kann sich einfach im Modell zurechtfinden und einzelne Teilbereiche ausfindig machen.

### 3.7.2 Suchvorgang im Baum

Der Suchvorgang sieht wie folgt aus:

Ohne eine Suchfunktion zu benutzen, kann der Anwender nun die einzelnen Weitergabeordner öffnen und sich einen Überblick verschaffen. Es ist dann möglich, Schritt für Schritt immer weiter ins Detail zu gehen, bis man beim richtigen Konstruktionsordner angelangt ist und die gewünschte Änderung durchführen kann. Mit einer aussagekräftigen Namensgebung der einzelnen Ordner kann dieser Suchvorgang noch vereinfacht und erleichtert werden.

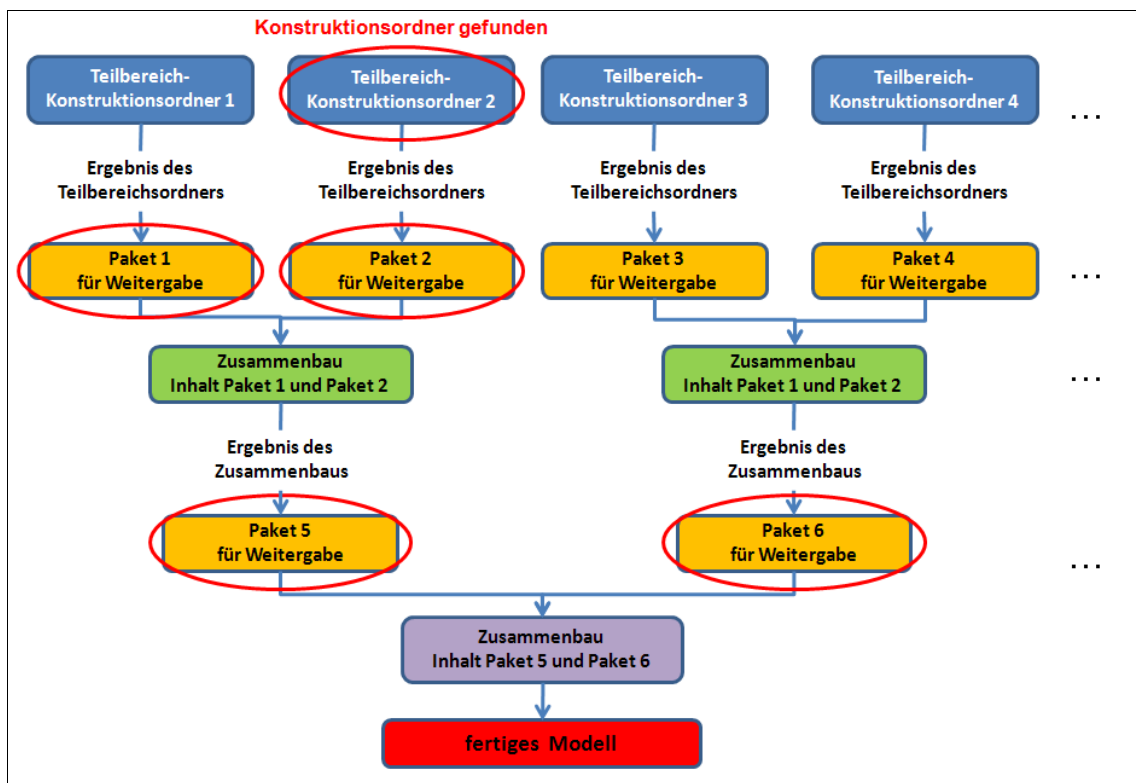


Abbildung 32: Darstellung des Suchvorgangs im Baum

Mit der Funktion „Schnelle Auswahl“ kann nach Flächen in der Baumstruktur gesucht werden. Bei einem nichtstrukturierten Baumaufbau wird zwar die Teilfläche gefunden, der Gesamtüberblick geht aber schnell verloren.



Abbildung 33: Funktion „Schnelle Auswahl“

### 3.7.3 Austausch von Teilbereichen

Ein einfacher Austausch von kompletten Teilbereichen, das Einbinden von Inputdaten sowie eine Variantenkonstruktion sind auf diese Weise möglich.

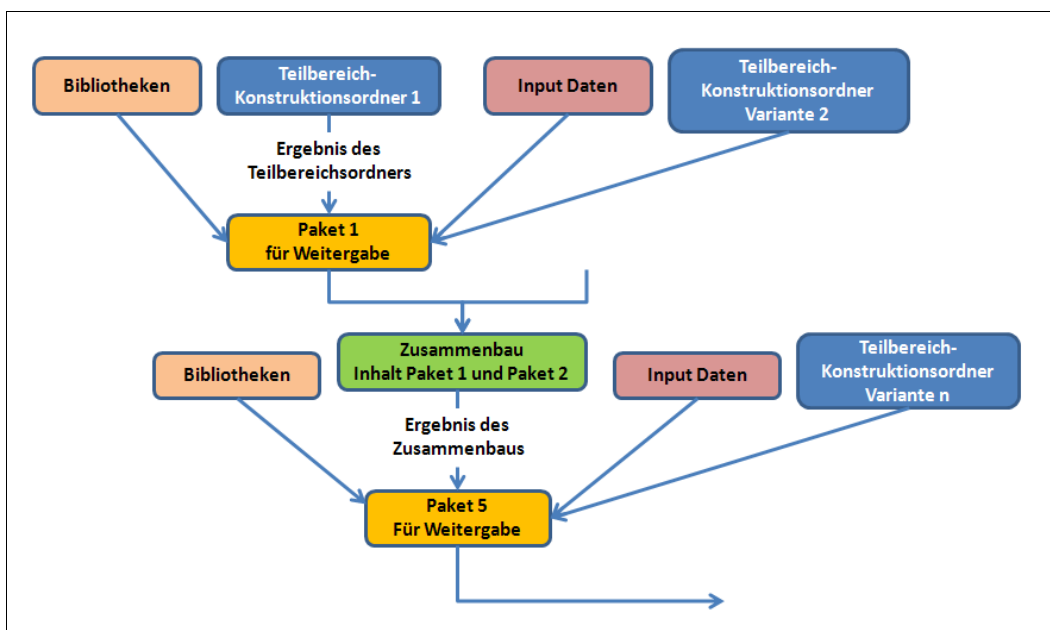


Abbildung 34: Darstellung des Austauschs kompletter Teilbereiche

Auf jeder Ebene ist es nun möglich, den Inhalt des Weitergabeordners komplett auszutauschen (bei Einhaltung der nachfolgenden Referenzierungsregeln), z.B. durch Bibliotheksdaten oder externe Inputdaten. Es kann auch ein neuer Teilbereichskonstruktionsordner angelegt werden um eine Variantenkonstruktion im Modell bereitzustellen. Der Vorgang ist immer und auf jeder Ebene derselbe. Der Inhalt des Weitergabeordners wird durch einen neuen Inhalt ersetzt. Die weitere Aufbau-logik des Modells bleibt immer komplett erhalten.

### 3.7.4 Ablage von Referenzen in der Baumstruktur

Die Ablage von Referenzen ist in entscheidender Weise an der Stabilität und Übersichtlichkeit eines Modells beteiligt. Die Ablage von Referenzen ist nur für eine relative Referenzierung von Bedeutung, welche aber die Regel darstellt. Grundsätzlich sollten die Teilbereiche so unabhängig wie möglich sein (z.B.: als Referenz für die Position eines Teilbereichs nur einen Punkt verwenden).

### 3.7.4.1 Zentralreferenzen

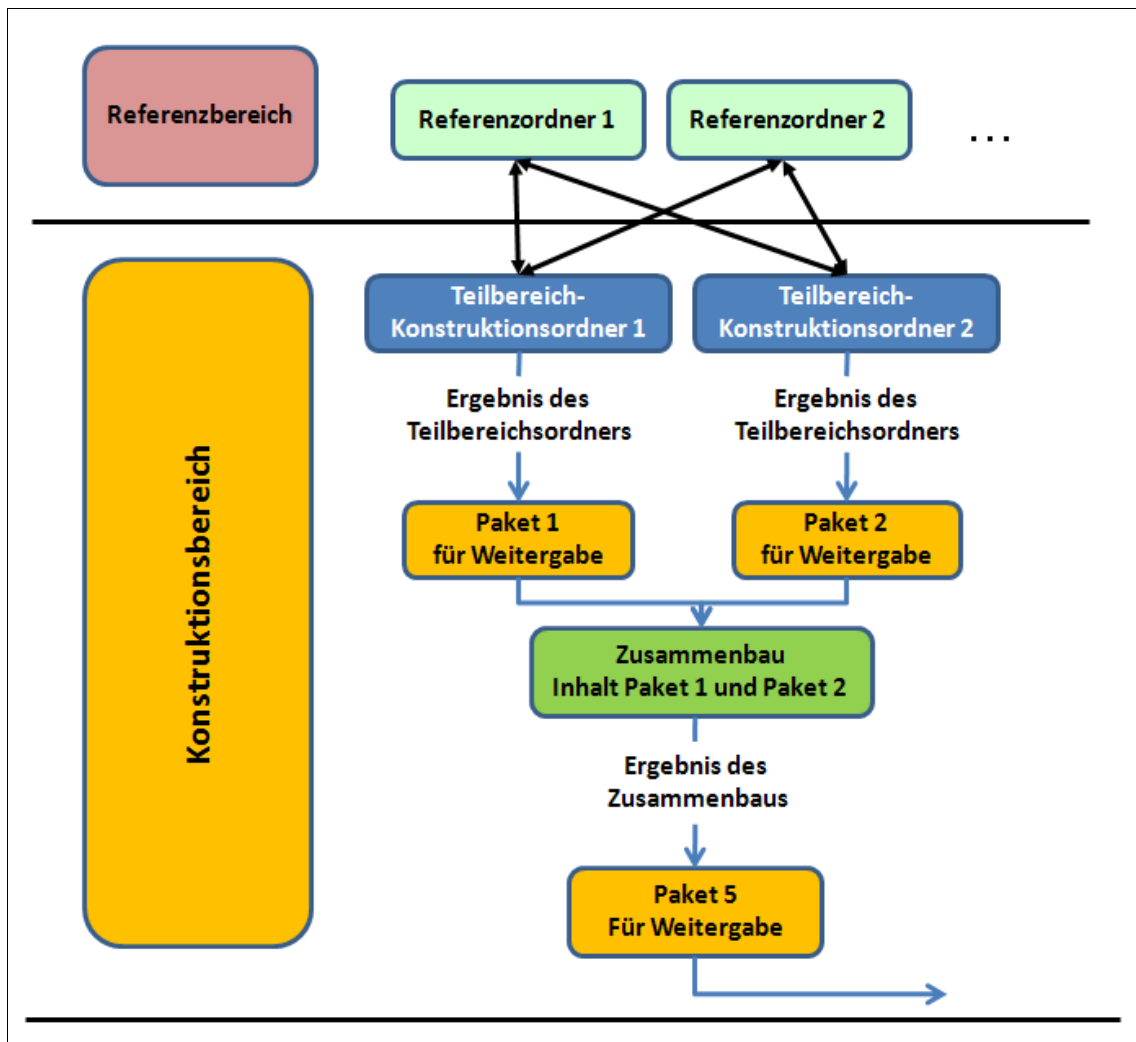


Abbildung 35: Darstellung Zentralreferenzen

Die Idee der Zentralreferenzen ist, die gesamten verwendeten Referenzen zentral in einem Referenzbereich abzulegen. Alle Konstruktionsordner können auf diesen Referenzbereich zugreifen und diesen verwenden. Der Vorteil dieser Variante liegt in der Übersichtlichkeit und im zentralen Verwalten der Referenzen. Wird eine Referenz zentral geändert, braucht man sich nicht darum zu kümmern, wo diese verwendet wird. Automatisch ändern sich alle Bereiche, wo auf diese Referenz zugegriffen wird. (Im Kapitel 7.2 „Beispiel Hauptboden vorne links“ und im Kapitel 7.3 „Beispiel Fahrzeugtürinnenblech“, wird die Anwendung und Arbeitsweise mit Zentralreferenzen dargestellt.)

### 3.7.4.2 Lokale Referenzen

Die Idee der lokalen Referenzen ist, für jeden Konstruktionsordner einen eigenen Referenzordner anzulegen. Der Konstruktionsordner greift ausschließlich auf diesen Referenzbereich zu. Der Vorteil liegt in der Übersichtlichkeit der verwendeten Referenzen für diesen Konstruktionsbereich. Bei einer ausschließlich lokalen

Referenzierung besteht allerdings der Nachteil, dass Referenzen mehrfach abgelegt werden müssen, wenn sie in unterschiedlichen Konstruktionsordnern benötigt werden.

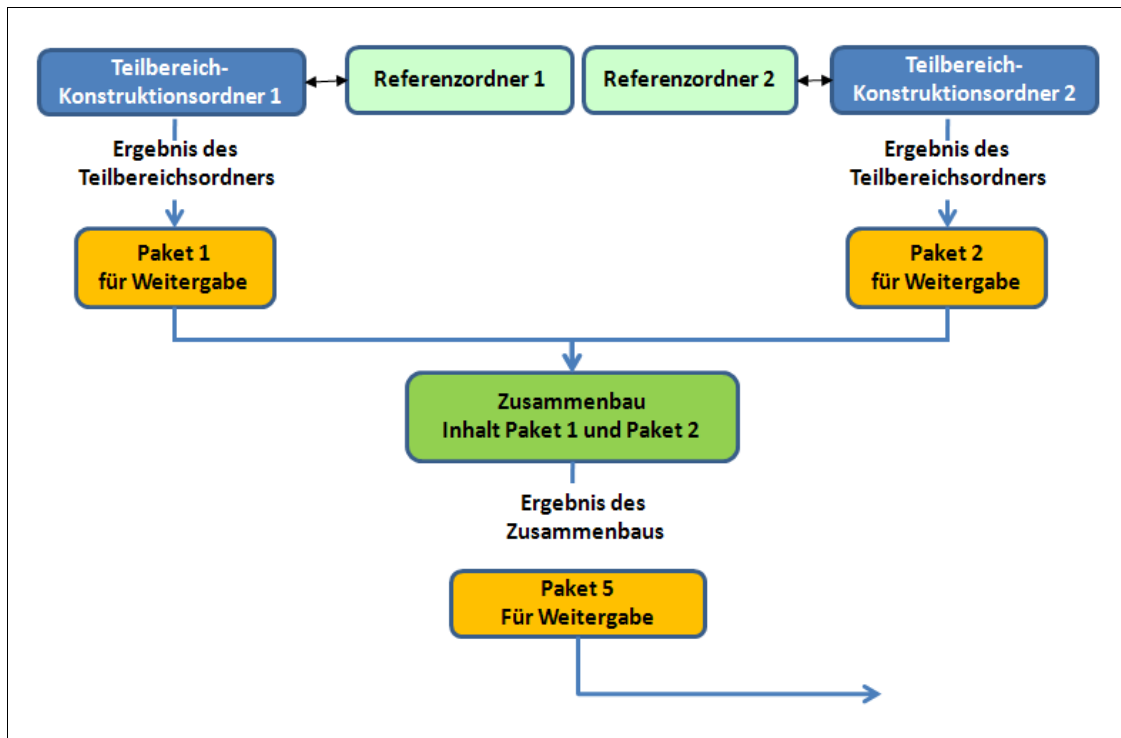


Abbildung 36: Lokale Referenzen

Im Kapitel 7.2 „Beispiel Hauptboden vorne links“ und im Kapitel 7.3 „Beispiel Fahrzeugtürinnenblech“ wird die Anwendung und Arbeitsweise mit Zentralreferenzen dargestellt. Stellt man sich in diesem Beispiel vor, dass die verwendeten Referenzelemente in jeweilige lokale Referenzordner verschoben werden (werden diese öfter benötigt, müssen sie kopiert werden), so wird der Unterschied zu zentralen Referenzen ersichtlich.

#### 3.7.4.3 Gemischte Variante

Bei einer gemischten Variante werden sowohl zentrale als auch lokale Referenzen verwendet. Die Grundregel dabei lautet: Werden Referenzen für mehrere Konstruktionsbereiche benötigt, so sind diese zentral abzulegen, werden sie nur in einem Konstruktionsbereich benötigt, so können diese lokal abgelegt werden.

### 3.7.4.4 Ablagen, die zu vermeiden sind

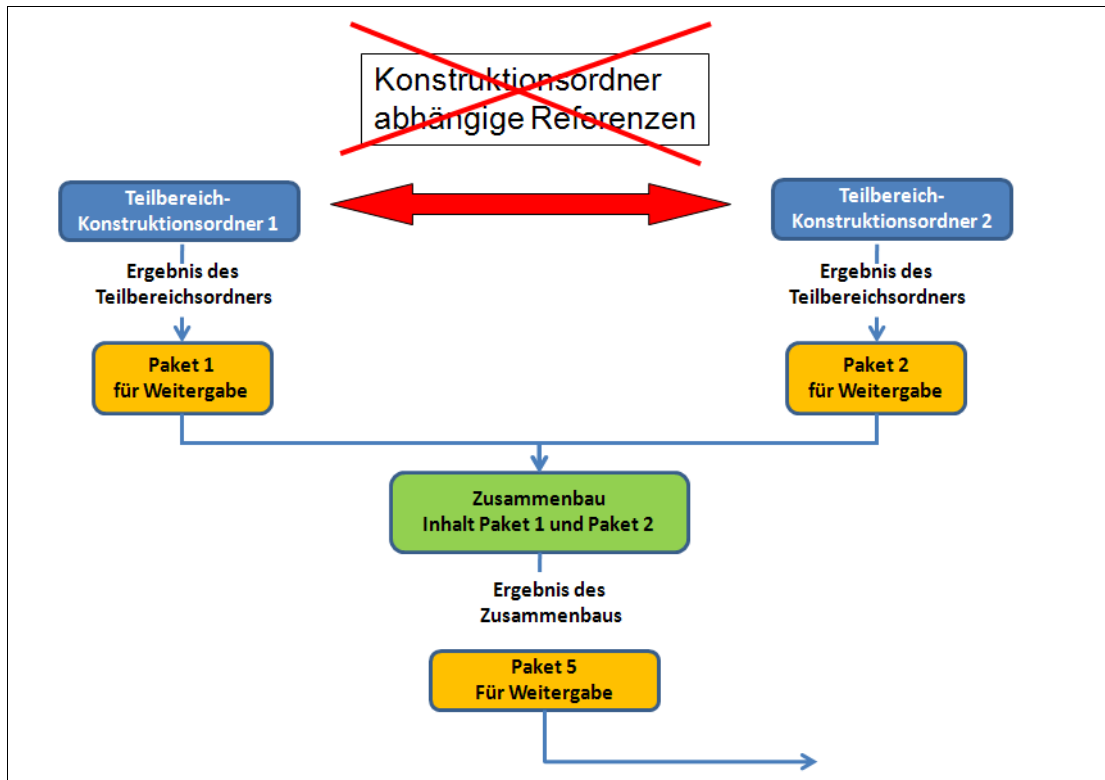


Abbildung 37: Nicht zu verwendende Referenzierung

Referenzen aus einem anderen Konstruktionsordner sollten nicht verwendet werden, da dies den Austausch von Teilbereichen und die Übersichtlichkeit erschwert.

### 3.7.4.5 Skelettmodell

Eine vorteilhafte Methode ist das zentrale Anlegen eines Skelettmodells, über das die gesamte Konstruktion gesteuert wird. Eine Verbindung zwischen zentralen und lokalen Referenzen ist über ein Skelett möglich.

Ein Skelettmodell ist eine parametrische Drahtgeometrie, die als zentrale Steuergeometrie verwendet wird. Es können auch Skizzen verwendet werden. (Ein Beispiel für ein Skelettmodell ist im Kapitel 7.2 „Beispiel Hauptboden vorne links“ dargestellt.)

### 3.7.4.6 Umsetzung in Catia V5

Die Konstruktionsordner werden als Geometrische Sets angelegt. Die „Weitergabeordner“ werden als „Zusammenfügen“ (Join) angelegt.

Ein Baumaufbau in Catia V5 mit Zentralreferenzen könnte wie folgt aussehen:

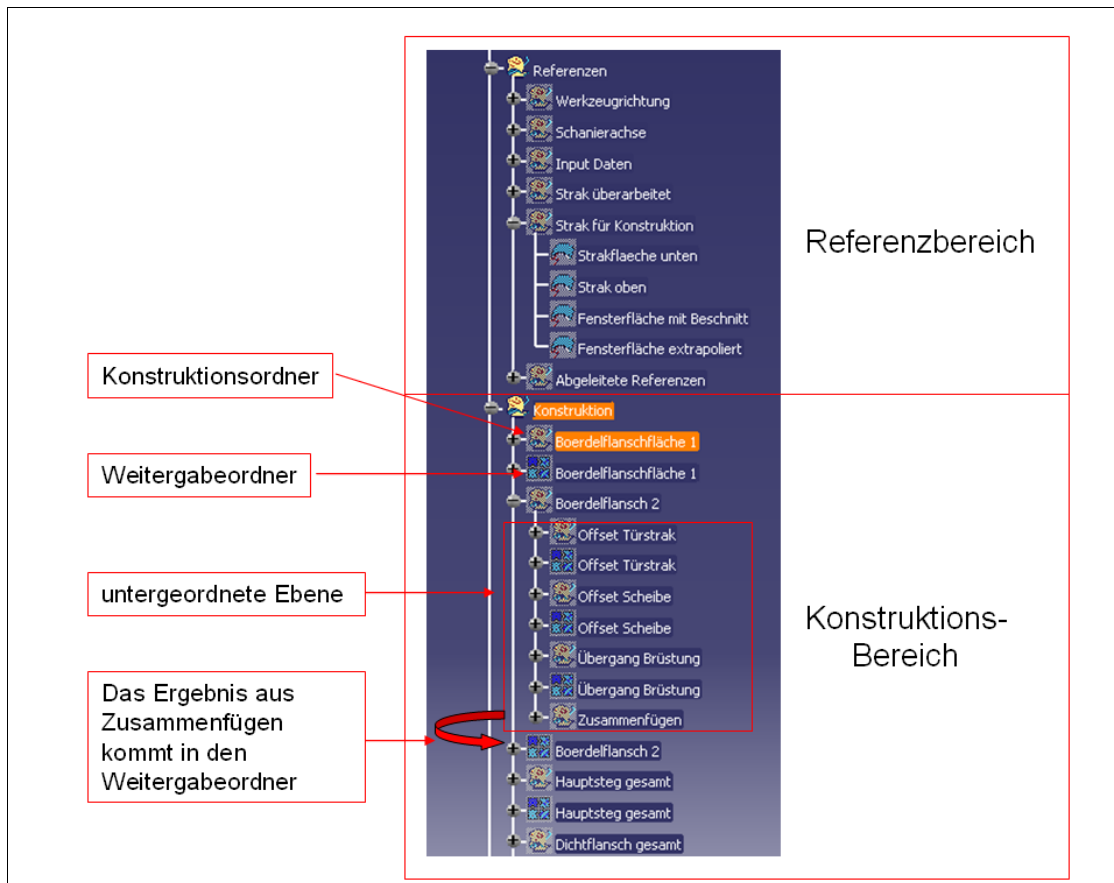


Abbildung 38: Baumaufbau in Catia V5

Eine zu bevorzugende Arbeitsweise ist, ein „Weitergabejoin“ durch ein neu angelegtes „Join“ mit der Funktion „ERSETZEN“ auszutauschen. Bei dieser Vorgehensweise ist es möglich, die Flächenorientierung zu kontrollieren, damit es bei der weiteren Abhängigkeitskette zu keinen Orientierungsproblemen kommen kann. Werden aus einem „Join“ alle „alten“ Elemente gelöscht und durch „neue“ ersetzt, besteht die Gefahr einer unterschiedlichen Flächenorientierung zur Ausgangsfläche, was zur Folge hätte, dass z.B. bei einer nachfolgenden Trimmfunktion die falsche Seite weggeschnitten wird. Die Orientierungen können und müssten händisch korrigiert werden.

Grundsätzlich sollte auch auf eine gute Datenqualität der erstellten Flächen geachtet werden, um die Stabilität des Modells zu gewährleisten. (Dies sollte schon bei einer Qualitätskontrolle der Inputdaten beginnen.) Es kann aber auch bei einer ausreichend guten Datenqualität zu Updateproblemen an internen Kanten von Flächenverbänden kommen. Um dies zu vermeiden kann man in der Funktion „Zusammenfügen (Join)“ die Unterfunktion „Zusammenfügen-Alle“ auswählen. Dies erhöht zwar die Rechenzeit, erhöht aber auch die Stabilität des Modells. Catia behandelt den Flächenverband aus einzelnen Teilflächen nun wie eine einzige Fläche, es können keine Unterelemente mehr angewählt werden. Dies kann auch sehr hilfreich bei der Verwendung der Funktion „ERSETZEN“ sein, da keine Teilflächen zugeordnet werden müssen.

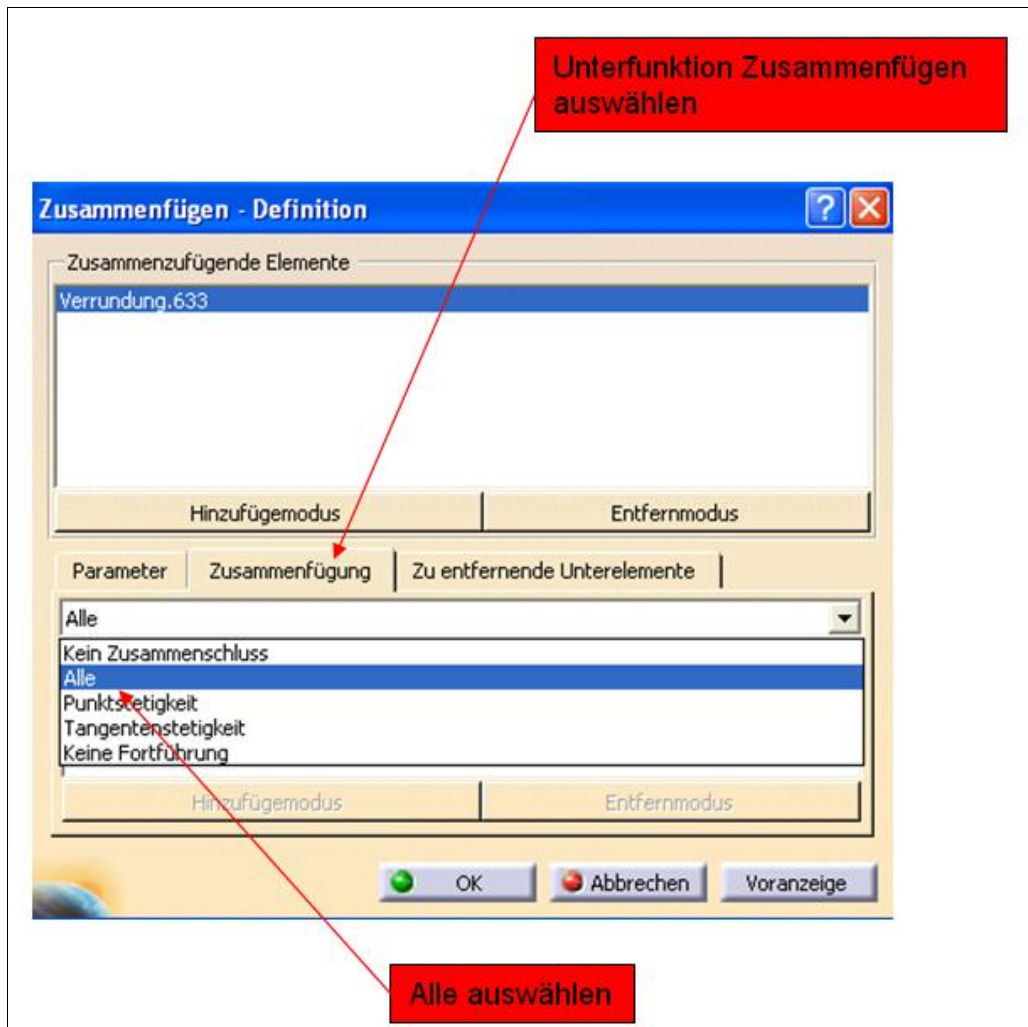


Abbildung 39: Funktion „Zusammenfügen“

### 3.8 Abhängigkeiten im Modell anzeigen

Bei der Anzeige von Abhängigkeiten in einem Modell ist zwischen einem Konstruktionselement und einem Geometrischen Set zu unterscheiden.

#### 3.8.1 Abhängigkeiten eines Konstruktionselements anzeigen

Befindet man sich auf einem Konstruktionselement im Strukturbaum, so kann durch Drücken der rechten Maustaste ein Kontextmenü geöffnet werden, in dem die Funktion „Eltern/Kinder“ ausgewählt werden kann (Abbildung 40).



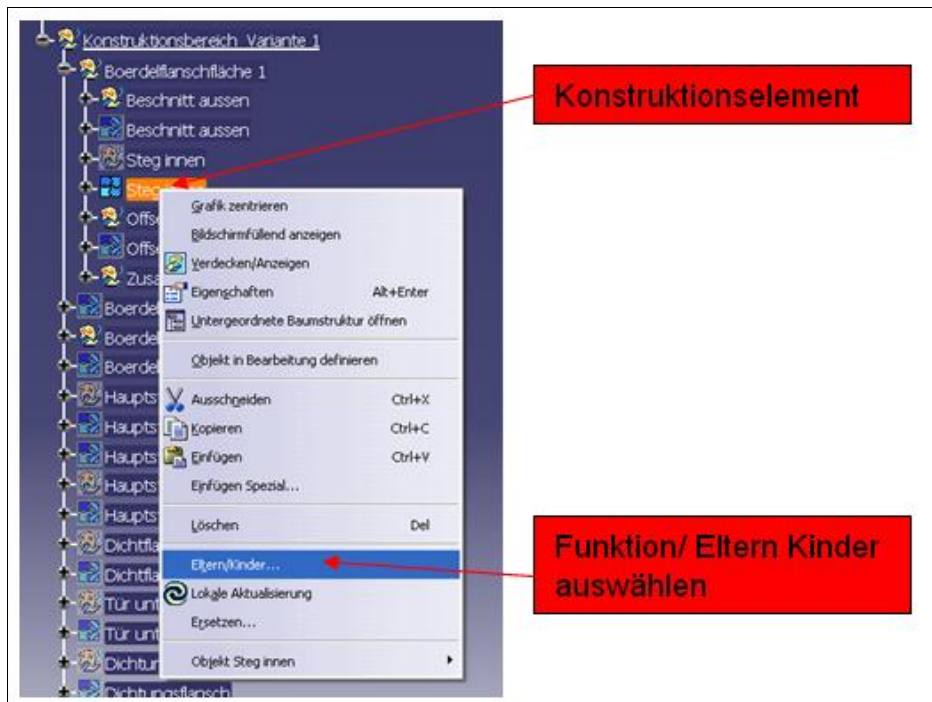


Abbildung 40: Abhängigkeiten eines Konstruktionselementes anzeigen (1/3)

Bei Auswahl der Funktion wird ein Fenster geöffnet, in dem die Abhängigkeitskette dargestellt wird. Durch erneutes Drücken der rechten Maustaste auf dem Konstruktionselement öffnet sich wiederum ein Kontextmenü, in dem der Baum erweitert und verkleinert werden kann (Abbildung 41).



Abbildung 41: Abhängigkeiten eines Konstruktionselementes anzeigen (2/3)

Wird „Alle Eltern anzeigen“ ausgewählt, so werden alle Elternelemente dargestellt. Durch Markieren der Elemente werden diese auch im Strukturbaum markiert. Damit kann ein Überblick über vorhandene Abhängigkeiten im Modell angezeigt werden (Abbildung 42). Dies funktioniert in selber Weise auch für Kinderelemente.

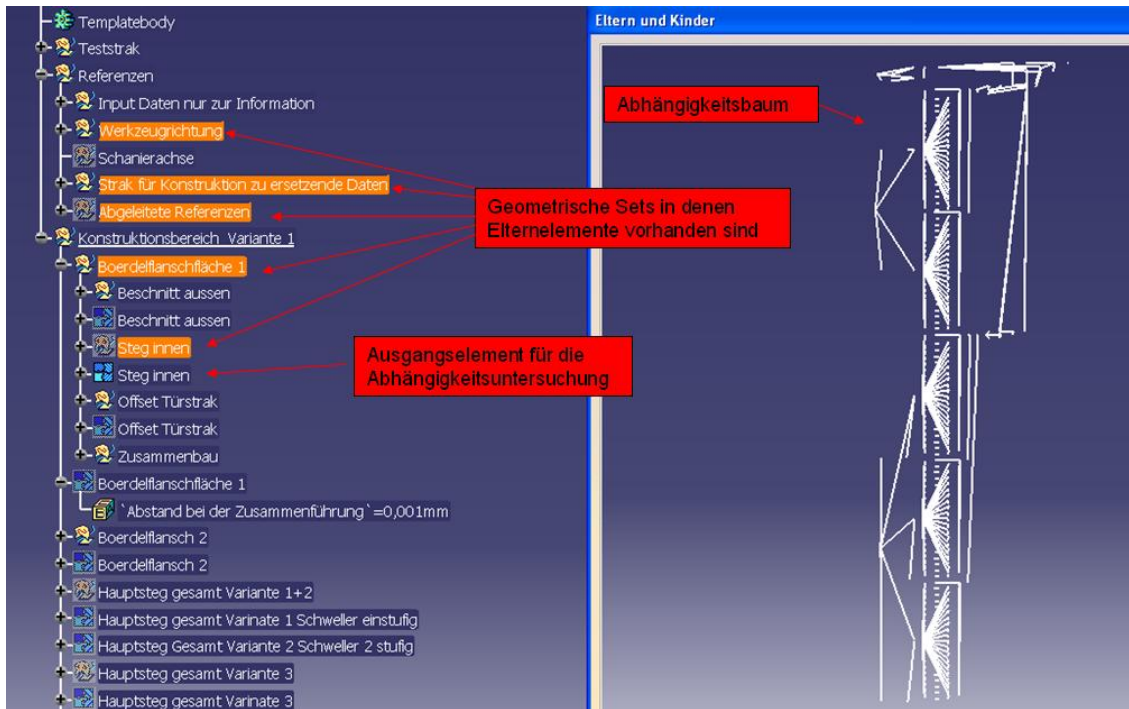


Abbildung 42: Abhängigkeiten eines Konstruktionselements anzeigen (3/3)

### 3.8.2 Abhängigkeiten eines geometrischen Sets anzeigen

Befindet man sich mit dem Mauszeiger auf einem Geometrischen Set, so kann durch Drücken der rechten Maustaste ein Kontextmenü geöffnet werden, in dem die Funktion „Eingaben bearbeiten“ ausgewählt werden kann.



Abbildung 43: Abhängigkeiten eines Geometrischen Sets anzeigen (1/3)

Es werden alle verwendeten Referenzen, die im Geometrischen Set verwendet werden und sich außerhalb des Geometrischen Sets befinden, graphisch im 3D-Bereich und zur Übersicht in einer Tabelle dargestellt.

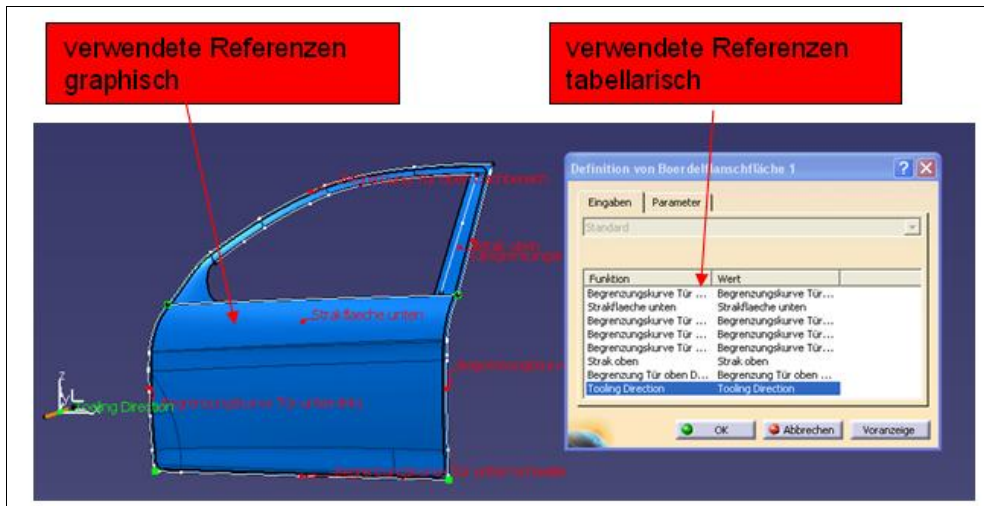


Abbildung 44: Abhängigkeiten eines Geometrischen Sets anzeigen (2/3)

Mit einem „Trick“ können auch Kinder Elemente eines Geometrischen Sets im Strukturbaum angezeigt werden. Es wird versucht das Geometrische Set zu löschen. Sind Abhängigkeiten vorhanden, so öffnet sich ein Dialogfenster mit der Abfrage, ob auch alle Kinder Elemente gelöscht werden sollen. Diese Kinder Elemente werden im Strukturbaum markiert dargestellt.

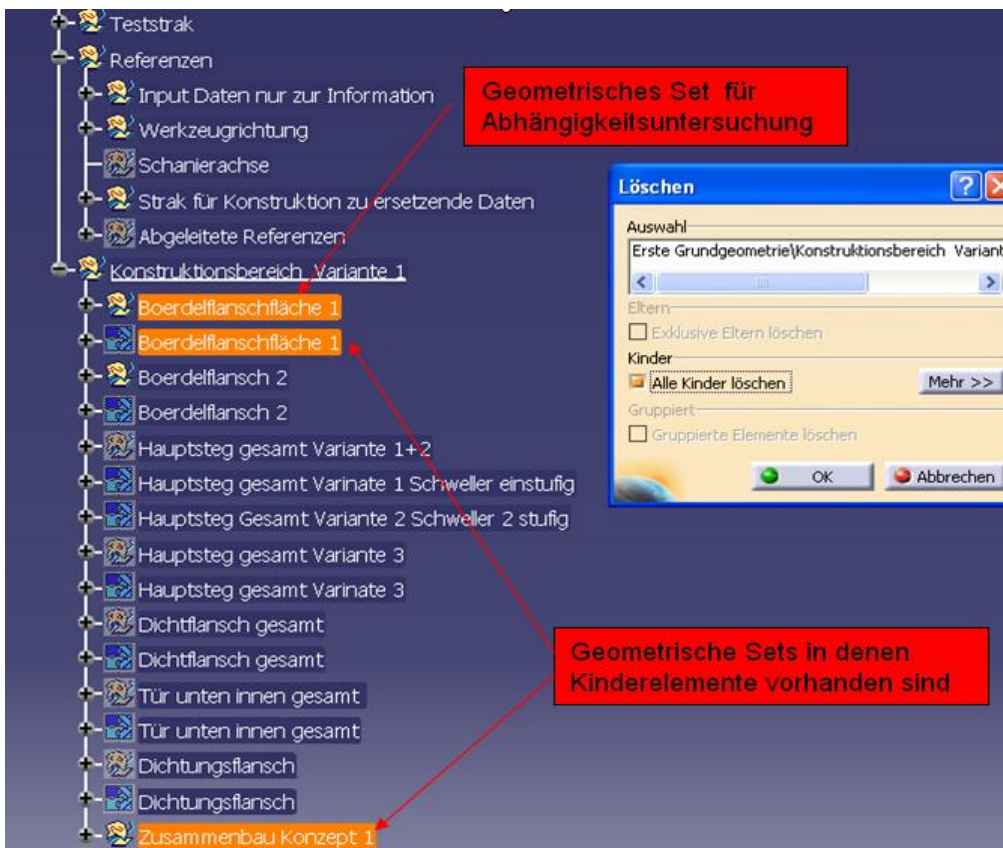


Abbildung 45: Abhängigkeiten eines Geometrischen Sets anzeigen (3/3)

### 3.9 Kopieren eines Geometrischen Sets

Das Kopieren eines Geometrischen Sets kann sehr hilfreich und zeitsparend sein. Kopiert man ein Geometrisches Set, so werden im neuen Set alle Elemente mit einer neuen ID versehen, das heißt, sie sind grundsätzlich neu und unabhängig von der kopierten Geometrie. Die inneren Abhängigkeiten werden jedoch logisch gleich übertragen, ebenso bleiben auch alle Elternabhängigkeiten außerhalb des Geometrischen Sets logisch gleich erhalten. Kinderabhängigkeiten außerhalb des Geometrischen Sets sind keine mehr vorhanden.

### 3.10 Arbeiten mit Bibliotheken

Grundsätzlich bietet das Arbeiten mit Bibliotheken den Vorteil, bereits erarbeitetes Konstruktions-Know-how einzubinden und damit einen Zeit- und Wissensvorteil zu erzielen.

In Catia V5 werden mehrere Möglichkeiten angeboten, mit Bibliotheken zu arbeiten.

- Bauteilbibliotheken
- Teilkonstruktionsbibliotheken

### 3.11 Bauteilbibliotheken

Bei den Bauteilbibliotheken werden zwei unterschiedliche Arten von Bibliotheken unterschieden.

- Einfache Bauteilbibliothek
- Arbeiten mit Konstruktionstabellen

#### 3.11.1 Einfache Bauteilbibliothek

Es werden unterschiedliche Bauteile in einem Bibliothekskatalog abgelegt. Dieser Katalog kann im Modul „Catalog Editor“ zur besseren Übersichtlichkeit strukturiert werden. Im Internet bieten verschiedene Firmen Teilekataloge ihrer Produkte zum gratis Download an (es gibt auch Anbieter, bei welchen 3D-Bauteilkataloge kostenpflichtig erworben werden können). Als Beispiel sei nachfolgend eine Internetadresse genannt, unter der verschiedene Anbieter solcher Bibliotheken zu finden sind: <http://www.cadclick.de/katalog/normframe.asp?mo=index&la=ger>. Meist werden die Daten in einem neutralen CAD-Format zur Verfügung gestellt. Es ist auch üblich, dass unterschiedliche Datenbanklösungen in der Form eines Kataloges zur Verfügung gestellt werden. Diese Kataloge, auch die „Catalog Funktion“ in Catia V5, entsprechen einer strukturierten Ablage vorhandener Modelle.

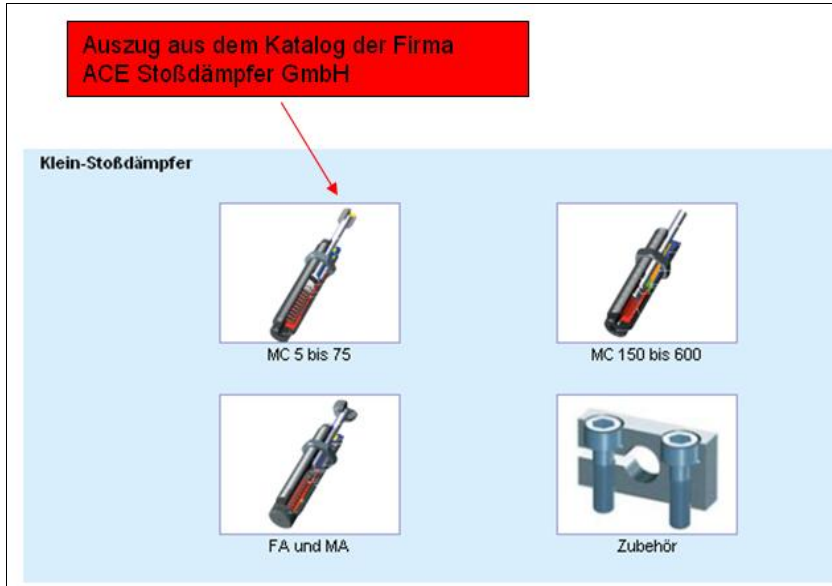


Abbildung 46: CAD Katalog aus dem Internet<sup>13</sup>

### 3.11.2 Arbeiten mit Konstruktionstabellen

Eine Erweiterung der Funktionalität stellt die Arbeit mit Konstruktionstabellen dar. Es wird ein Prinzipmodell und eine Konstruktionstabelle erstellt. Das Prinzipmodell wird mit Steuerparametern versehen. In der Konstruktionstabelle werden die Maße und Varianten der Bemaßung abgelegt. Die Steuerung des Modells erfolgt nun über die in der Tabelle abgelegten Werte. Diese Vorgehensweise eignet sich besonders für die Erstellung von Normteilkatalogen. Es können auf einfachem Wege durch das Einfügen von Werten in der Konstruktionstabelle ganze Normteilreihen erstellt werden.

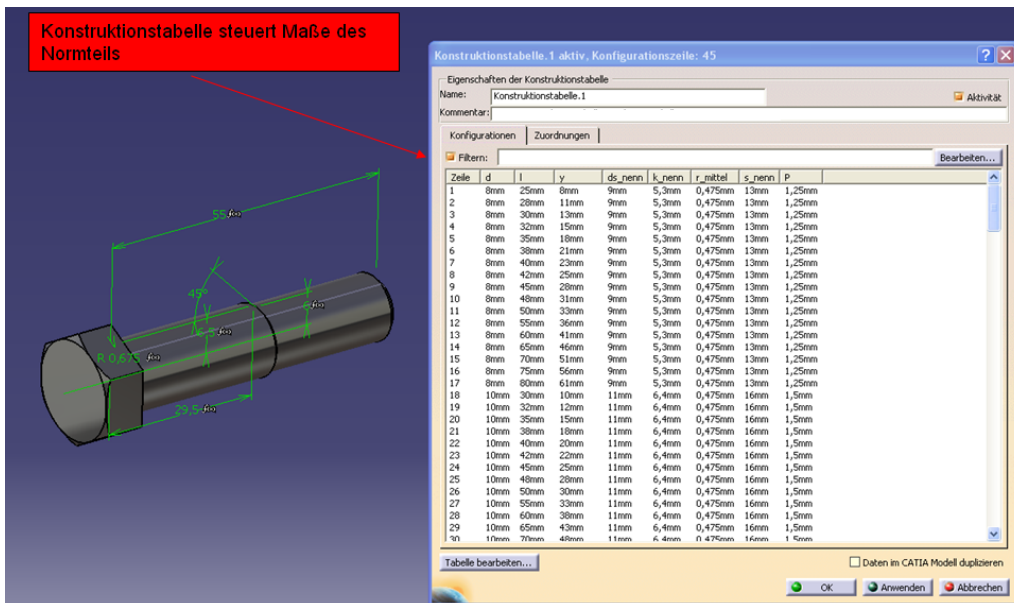


Abbildung 47: Arbeiten mit einer Konstruktionstabelle

<sup>13</sup> <http://www.ace-cad.de>

### 3.12 Teilkonstruktionsbibliotheken

In Catia V5 besteht auch die Möglichkeit, Teilkonstruktionen als Templates in Bibliotheken zur weiteren Verwendung in anderen Modellen abzulegen. Es stehen hier zwei Funktionen zur Verfügung:

- Power Copy
- Benutzerkomponente

#### 3.12.1 Power Copy

Mit der Funktion Power Copy besteht die Möglichkeit, Teilbereiche komplett parametrisiert einzubinden. Diese Teilbereiche stehen nach dem Einfügevorgang mit „uneingeschränkter“ Änderungsfunktionalität zur Verfügung. Im Nachhinein ist nicht mehr ersichtlich, ob diese eingefügt oder selbst erstellt wurden. (In Kapitel 5.3, „Ablegen eines Prinzipschnittes in einer Bibliothek“, wird die Erstellung einer „Power Copy“ genauer beschrieben.)

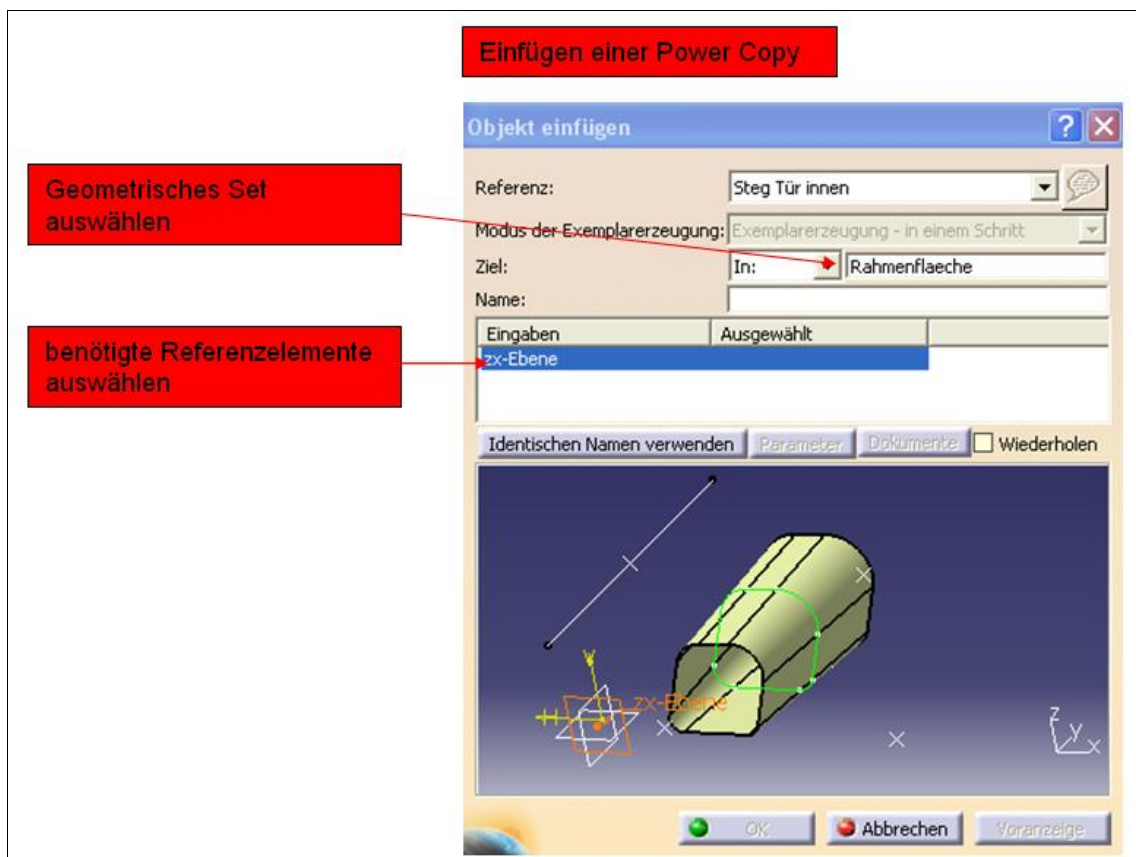


Abbildung 48: Einfügen einer „Power Copy“

#### 3.12.2 Benutzerkomponente

Eine Benutzerkomponente ist prinzipiell gleich wie eine „Power Copy“ zu verwenden, jedoch ist bei einer Benutzerkomponente keine Änderungsmöglichkeit vorhanden. Dies bietet sich bei Teilbereichen an, die nicht geändert werden sollen. Beispiele hierfür

wären genormte Lochstempel, Anbindungsflächen für vorhandene Anbauteile,... Mit einer Benutzerkomponente ist sichergestellt, dass keine Änderungen vorgenommen werden können.

### 3.13 Allgemeines

Die Bibliotheksvarianten in Catia V5 sind in erster Linie als Bauteilbibliotheken ausgelegt, um Bauteile abzulegen und zu strukturieren. Erst in zweiter Linie gibt es die Möglichkeit, Teilkonstruktionsbibliotheken anzulegen. Zwar besteht die Möglichkeit, „Power-Copys“ und Benutzerkomponenten in Bibliotheken abzulegen und zu strukturieren, das Updateverhalten und das gleichzeitige Zusammenarbeiten mehrerer Personen ist aber nur eingeschränkt möglich, da alle Daten zentral in einer Bibliotheksdatei abgelegt werden. Es besteht der Nachteil, dass nicht mehrere Personen gleichzeitig Änderungen vornehmen können, was bei einer dynamisch verwendeten Bibliothek (von mehreren Personen) aber möglich sein sollte.

Nachfolgend soll nun eine Möglichkeit aufgezeigt werden, wie ein Bibliotheksaufbau bei einer dynamischen Verwendung durch mehrere Personen aussehen kann.

### 3.14 Aufbau und Aussehen einer dynamischen Bibliothek

Es wird nicht die in Catia V5 vorhandene „Catalog – Funktion“ verwendet, sondern es wird auf Windows-Basis ein zentrales Laufwerk mit dem Namen „Bibliothek“ erstellt. Dieses Laufwerk kann mit Windows Ordnern beliebig strukturiert werden.

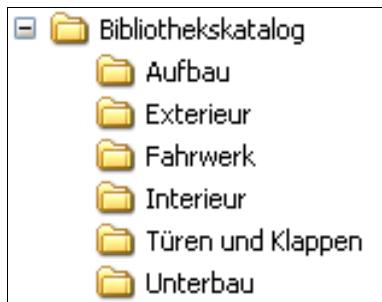


Abbildung 49: Strukturierung der Bibliothek mit Ordnern

#### 3.14.1 Erstellen einer Bibliotheksdatei

Für jede Teilbereichskonstruktion wird ein eigenes „CatPart“ erstellt in dem eine „Power Copy“ abgelegt wird. Zusätzlich wird ein Bild der Konstruktion abgelegt. Dieser Vorgang wird im Kapitel 5.3 am Beispiel eines Prinzipschnittes detailliert besprochen.

#### 3.14.2 Suchen in der Bibliothek

Der Suchvorgang in der Bibliothek kann einerseits mit der in Windows integrierten Suchfunktion erfolgen. Dies entspricht der Suche nach einem Dateinamen weshalb auf aussagekräftige Dateinamen zu achten ist. Andererseits kann aufgrund der abgespeicherten Bilddateien der Inhalt eines Ordners mit einem

Bildbetrachtungsprogramm gesichtet werden. Dazu wird der gesamte Inhalt des Ordners markiert und durch Betätigen der rechten Maustaste die Funktion „öffnen mit“ ausgewählt. Es erscheint eine Dialogbox in der die vorhandenen Programme angezeigt werden. Ein in Windows standardmäßig vorhandener Bildbetrachter ist „Windows Bild und Faxanzeige“. Dieses Programm ist völlig ausreichend für diesen Anwendungszweck (es kann aber auch ein beliebiges anderes Bildbetrachtungsprogramm verwendet werden).

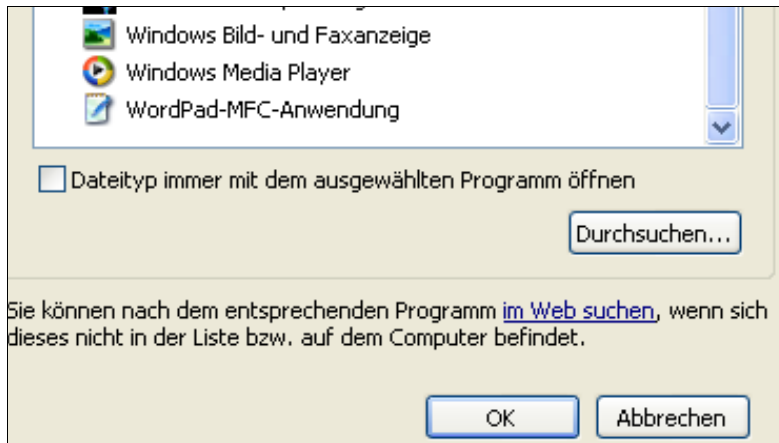


Abbildung 50: Suchen in der Bibliothek (1/3)

Nun können die abgelegten Konstruktionen Bild für Bild gesichtet werden.

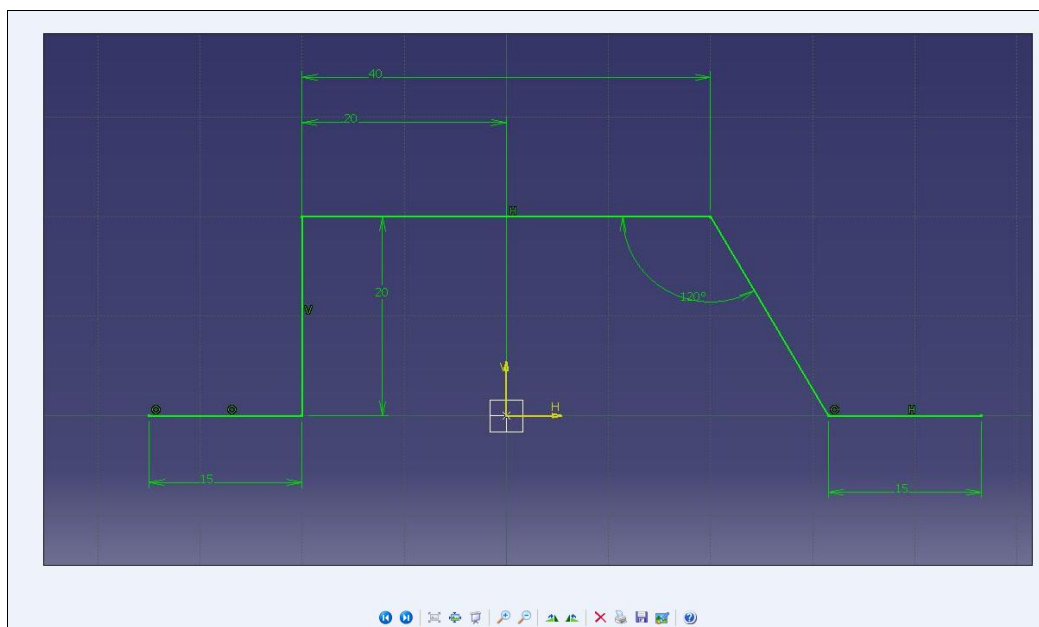


Abbildung 51: Suchen in der Bibliothek (2/3)

Die Möglichkeit nach einem Dateinamen mit der Suchfunktion unter Windows zu suchen ist im nachfolgenden Bild dargestellt. Wie schon erwähnt, sollte auf eine aussagekräftige Namensgebung geachtet werden.



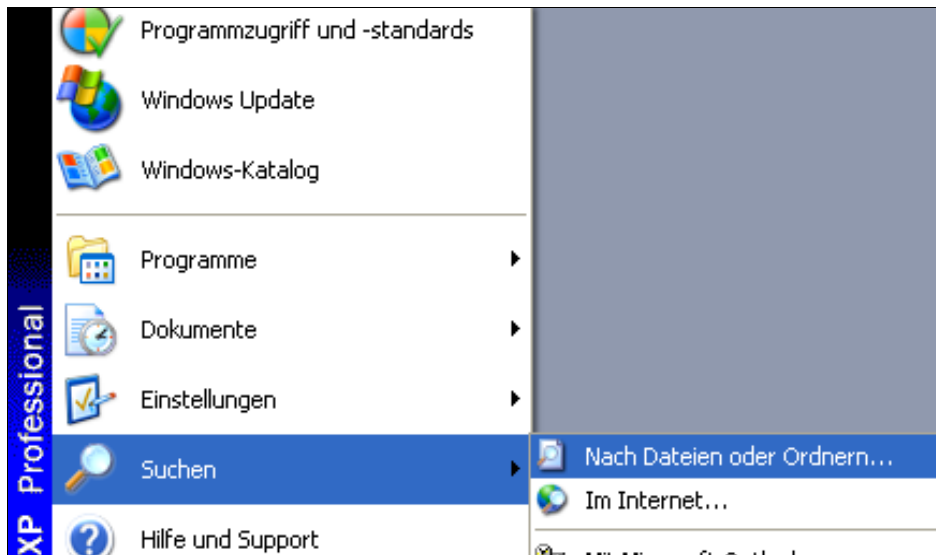


Abbildung 52: Suchen in der Bibliothek (3/3)

### 3.14.3 Vorteil dieser Vorgehensweise

Der große Vorteil dieser Vorgehensweise besteht in der Möglichkeit einer gleichzeitigen Nutzung und Bearbeitung der Bibliothek durch mehrere Anwender. Diese Vorgehensweise stellt eine sehr einfache Lösungsmöglichkeit dar, selbstverständlich können auch weit aus komplexere Datenbanklösungen zur Anwendung kommen.

## 4 Übersicht Methodik

### 4.1 Entwicklungsphasen in der Automobilentwicklung

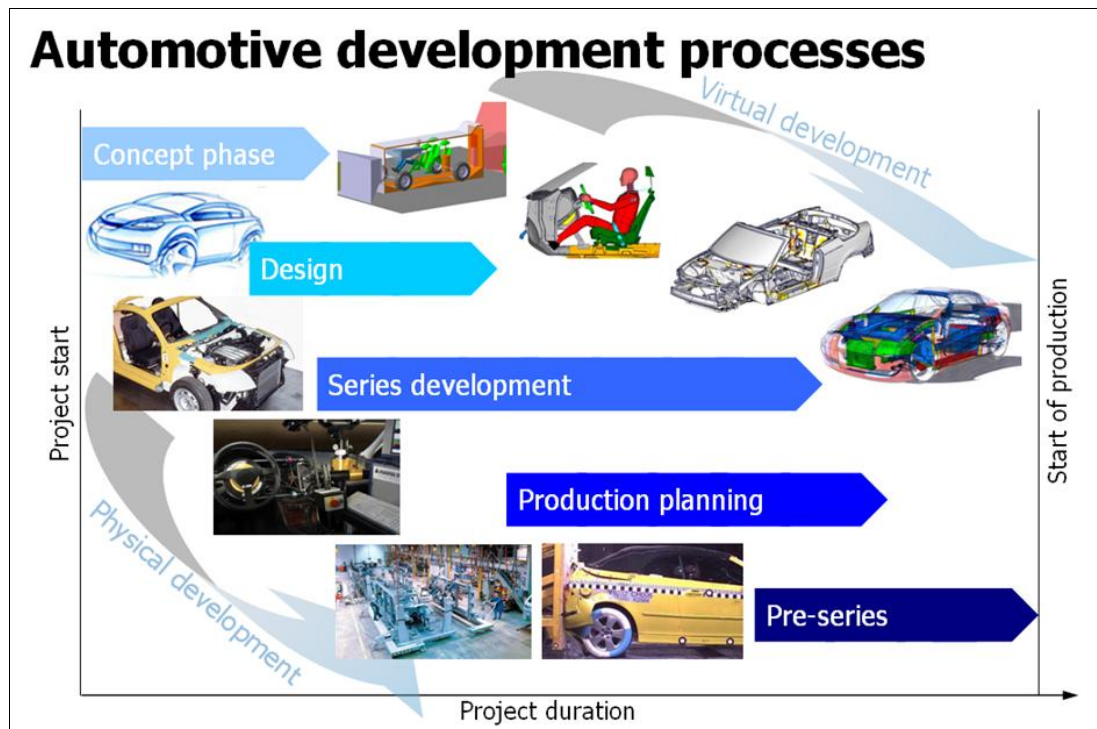


Abbildung 53: Phasen der Automobilentwicklung<sup>14</sup>

Der Entwicklungsprozess in der Automobilentwicklung kann grob in fünf Phasen unterteilt werden.

- Konzeptphase
- Serienentwicklung
- Produktionsentwicklung
- Vorserienentwicklung
- Produktionsstart (SOP- Start of Production)

Die nachfolgende Methodik beschränkt sich auf den Bereich der Konzeptentwicklung. In der Konzeptphase sind die Produktgestaltungsmöglichkeiten am größten, hier werden Großteils die technischen Eigenschaften festgelegt. Auch ist in dieser Phase die Möglichkeit der Kostenbeeinflussung am größten. Im nachfolgenden Bild ist der Zusammenhang zwischen der Möglichkeit der Kostenbeeinflussung und der tatsächlichen Kostenentstehung im zeitlichen Produktenstehungsprozess dargestellt.

<sup>14</sup> Hirz Mario, "Product Data Management in Automotive Engineering", TU-Graz 2009

Abbildung 54: Kostenentstehung und Kostenbeeinflussung im Produktentstehungsprozess<sup>15</sup>

#### 4.1.1 Unterteilung der Konzeptphase

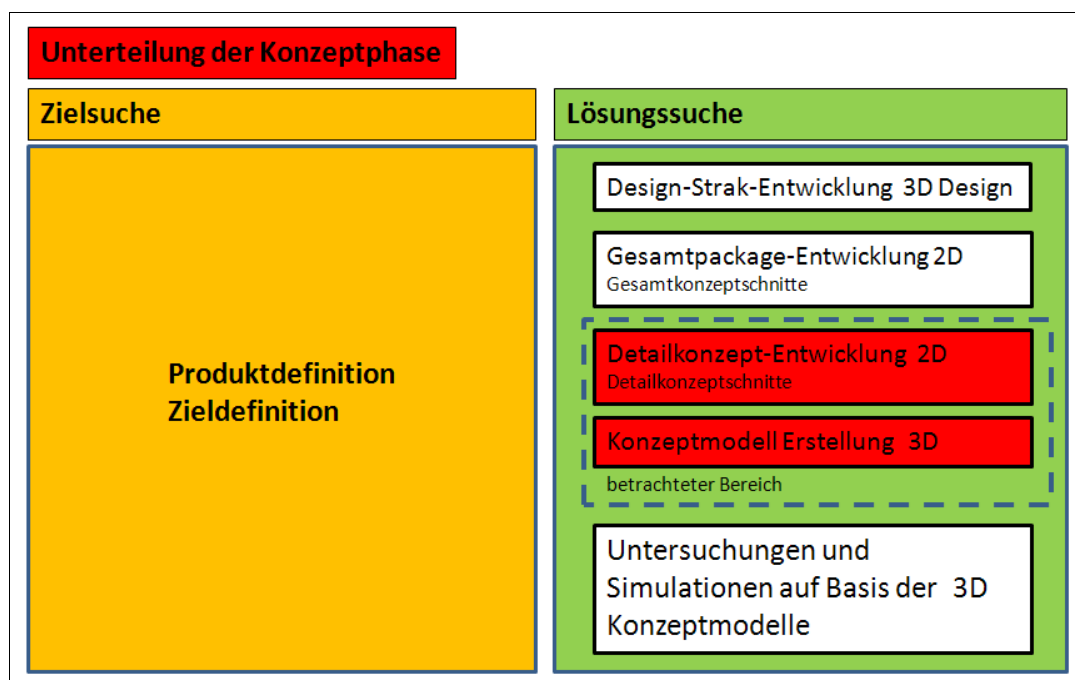


Abbildung 55: Unterteilung der Konzeptphase

Die Konzeptphase kann wiederum grob in zwei Phasen unterteilt werden:

- Zielsuche
- Lösungssuche

<sup>15</sup> VDI 2235

In der Phase der Zielsuche werden die Produkteigenschaften spezifiziert. In der Phase der Lösungssuche werden Möglichkeiten gesucht, wie die vorhin definierten Produkteigenschaften kostengünstig und unter Berücksichtigung der geforderten Qualitätsstandards umgesetzt werden können.

In den nachfolgenden Kapiteln sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden wie der Produktentwicklungsprozess in der Konzeptphase beschleunigt und bereits erarbeitetes Wissen eingebunden werden kann. In dieser Phase steht die Erarbeitung des grundsätzlichen Gesamtkonzeptes im Vordergrund und nicht die exakte Stimmigkeit des einzelnen Bauteils. Vielmehr ist es von entscheidender Bedeutung, so rasch als möglich eine erste Datenbasis zu erhalten, um die nachgelagerten Prozesse (Package- und Simulationsuntersuchungen, Untersuchung von Gesetzesanforderungen,...) durchzuführen, um unterschiedliche Konzepte hinsichtlich ihrer Zielerfüllung bewerten zu können.

## 4.2 Unterscheidung „Funktionale Konstruktion“ – „Parametrisch-assoziative Konstruktion“

„Funktionale Konstruktion besteht aus vielen voneinander unabhängigen Geometrielementen, die beliebig einzeln gelöscht oder modifiziert werden können. Alle Geometrielemente ergeben exakt aneinander konstruiert das Bauteil“. „Parametrisch-assoziative Konstruktion besteht aus einem komplexen Element, das sich aus einem Netzwerk von zugrundeliegenden anderen Elementen aufbaut. Änderungen können nur an der entsprechenden Stelle in der Struktur vorgenommen werden.“<sup>16</sup>

## 4.3 Übersicht der bearbeiteten Themenstellungen

### 4.3.1 Erstellung von Prinzipschnitten

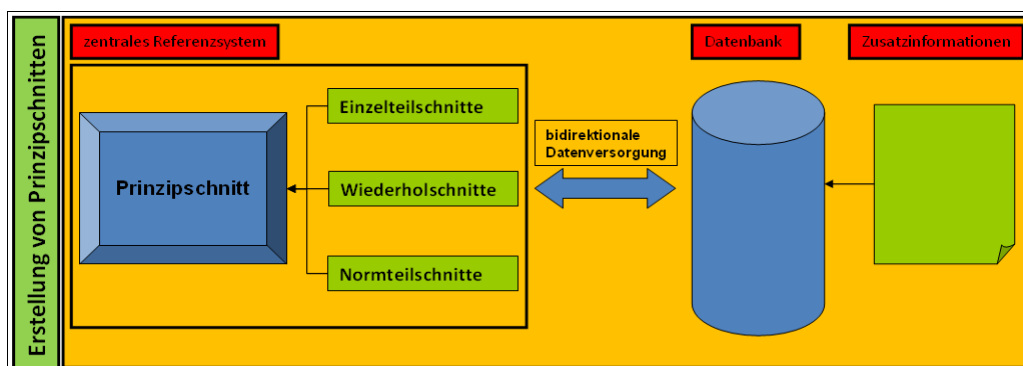


Abbildung 56: Übersicht zur Erstellung von Prinzipschnitten

Der erste Schritt bei der Erarbeitung eines Konzeptes ist die Erstellung von Prinzipschnitten. Hier kann das Zusammenwirken mehrerer Bauteilen auf einfache

<sup>16</sup> Michael Brill, „Parametrische Konstruktion mit Catia V5“, 2006, S. 13

Weise dargestellt werden. In diesem Kapitel soll ein einheitlicher methodischer Aufbau von Prinzipschnitten dargestellt werden. Ein modularer Aufbau und eine bidirektionale Datenversorgung mit einer Bibliothek sollen einerseits den Erstellungsprozess erleichtern und andererseits einen Wissenstransfer ermöglichen. Zusätzlich können Verknüpfungen mit Dokumenten den Zugang zu benötigtem Wissen erleichtern.

#### 4.3.2 Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“

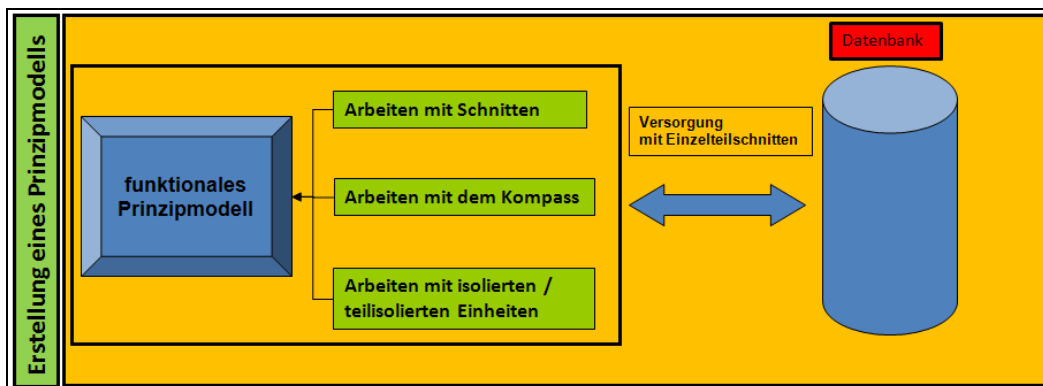


Abbildung 57: Übersicht zur Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“

In der ersten Phase, in der die geometrische Gestalt eines Bauteils noch nicht bekannt ist, kann die Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“ sinnvoll sein. Ziel der in diesem Kapitel erarbeiteten Methodik ist es, so schnell wie möglich eine erste Datenbasis bereitstellen zu können. Eine zumindest teilweise „Funktionale Konstruktion“ bietet sich hier besonders an. Der erhebliche Aufwand des parametrisch-assoziativen Modellaufbaus wird nicht durchgeführt, um sich ganz den technischen Problemstellungen widmen zu können. Eine Grobskizzierung des Bauteils, aber auch eine detailliertere Darstellung einzelner kritischer Bereiche kann so vereinfacht werden. Grundsätzlich gibt es bei der Erstellung eines funktionalen Prinzipmodells keine Einschränkungen. Das Arbeiten mit Schnitten, das Arbeiten mit dem Kompass und das Arbeiten mit isolierten bzw. teilisolierten Einheiten sind für diese Arbeitsweise aber besonders geeignet. Es ist zu beachten, dass eine parametrisch-assoziative Modellneuerstellung anschließend für die Serienentwicklung erfolgen muss.

#### 4.3.3 Arbeiten mit Basismodellen

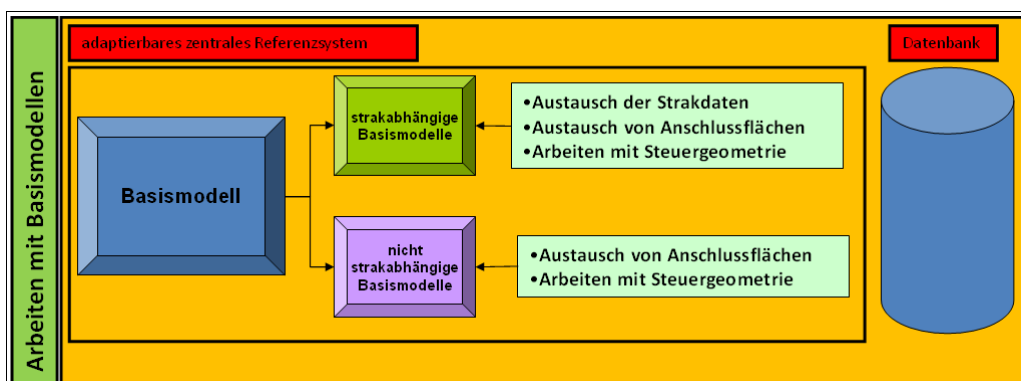


Abbildung 58: Übersicht zum Arbeiten mit Basismodellen

Die Idee bei der Arbeit mit Basismodellen ist es, für Bauteile deren grundsätzlicher Aufbau immer gleich oder ähnlich ist, Basismodelle mit einer adaptierbaren Grundgeometrie zu erstellen und diese in einer Bibliothek abzulegen. Der Aufwand für die Strukturierung und den konzeptionellen Modellaufbau muss somit nicht jedes Mal neu erarbeitet werden. Mit Hilfe von Steuergeometrien kann das Basismodell an die vorhandenen Gegebenheiten angepasst werden.

#### 4.3.4 Das Konzeptmodell

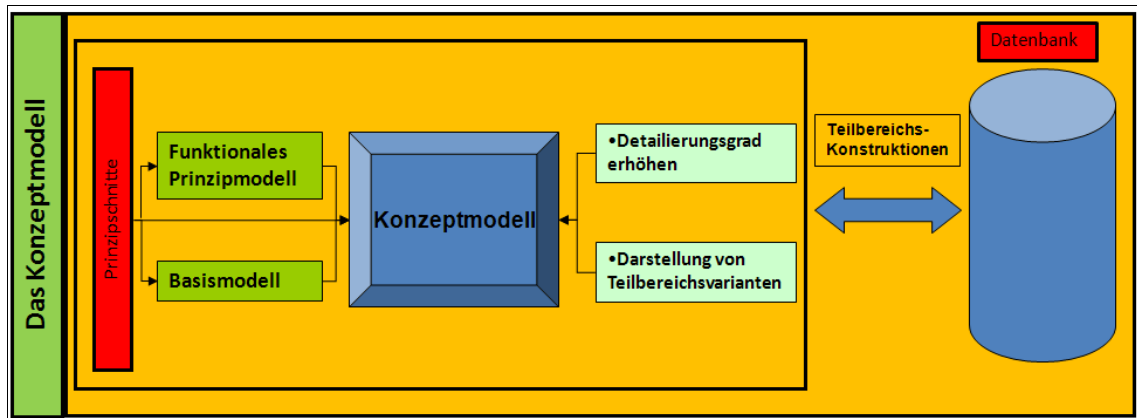


Abbildung 59: Das Konzeptmodell

Das Konzeptmodell kann als Grundlage ein funktionales Prinzipmodell, ein Basismodell oder keines von beiden haben. Grundsätzlich sinnvoll erscheint aber in jedem Fall die Erstellung einzelner Prinzipschnitte. Im Konzeptmodell müssen alle relevanten Details wie Befestigungskonzepte,... dargestellt werden. Auch hier bietet sich die Zusammenarbeit mit einer Datenbank für Teilbereichskonstruktionen an.

#### 4.3.5 Allgemeines

Allgemein kann festgehalten werden, dass bei einer parametrisch- assoziativen Konstruktion auf

- eine Standardisierung des Modellaufbaus (siehe Kapitel 3.7)
- die Reduzierung von Komplexität (mehr „händische“ Arbeit ist gegenüber undurchschaubaren Automatismen vorzuziehen)
- die Reduzierung von Abhängigkeiten (siehe Kapitel 3.7.4)
- und die Möglichkeit des Umdefinierens, bzw. Ersetzen von Elementen

besonderer Wert gelegt werden sollte.

## 5 Erstellung von Prinzipschnitten<sup>17</sup>

In diesem Kapitel wird eine Methodik zur Erstellung von Prinzipschnitten beschrieben. Ziel der nachfolgenden Methodik ist es, erstellte Prinzipschnitte in einer Bibliothek abzulegen, um diese in einem anderen Modell als Wissensvorlage wiederverwenden zu können. Eine detaillierte Beschreibung des methodischen Erstellungs- und Einfügeablaufs wird durchgeführt. Anzumerken ist, dass der derzeit vorliegende „Sketcher“ in Catia V5 zur Erstellung von Bauteilgeometrie und nicht zur Erstellung von Prinzipschnitten ausgelegt wurde. Größere Skizzen können aufgrund der verketteten Bemaßungen und internen Abhängigkeiten sehr komplex werden. Deshalb ist bei der Erstellung von Skizzen auf eine saubere Arbeitsweise zu achten. Auch die sehr eingeschränkte Möglichkeit der Beschriftung, welche nur über Umwege (Parameterbeschriftung, Bedingungsbeschriftung) durchgeführt werden kann, ist nicht ausreichend.)

### 5.1 Unterscheidung von Schnittarten

Hier soll zur besseren Orientierung zwischen fünf Schnittarten unterschieden werden:

- Gesamtpackage / Teilpackageschnitt
- Prinzip- oder Konstruktionsschnitt
- Einzelteilschnitt
- Wiederhol- oder Normschnitt
- Normteilschnitt

#### 5.1.1 Gesamtpackage / Teilpackageschnitt

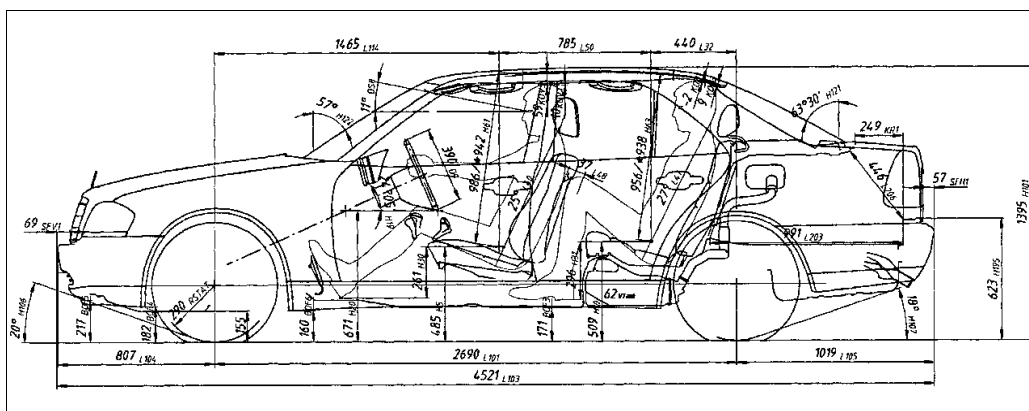


Abbildung 60: Gesamtpackageschnitt<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Vgl. Haslauer Richard, „Konstruktionsprozesse in der Praxis“, 2005, S. 65ff.

<sup>18</sup> M. Böhme, Lotte: „Ein methodischer Ansatz zur parametrischen Produktmodellierung in der Fahrzeugentwicklung“, 2004

Ein Gesamt- oder Teilpackageschnitt verwendet achsparallele Ebenen und geht über mehrere Baugruppen bzw. über das gesamte Fahrzeug. Gesamtpackageschnitte stellen somit ein Gesamtkonzept dar und werden unter anderem für Bauraumuntersuchungen, Ergonomieuntersuchungen, Untersuchung von Gesetzesanforderungen,... verwendet.

### 5.1.2 Prinzipschnitt

Ein Prinzipschnitt wird in wahrer Größe dargestellt und dient als Grundlage für die Bauteilerstellung. Im Allgemeinen muss dazu eine nicht achsparallele Schnittebene verwendet werden. Der Prinzipschnitt stellt nur den Teilbereich dar, der für das entsprechende Bauteil relevant ist. Angrenzende Bauteile werden nur in dem Maß abgebildet, wie sie für diesen Teilbereich von Interesse sind. In einem Prinzipschnitt wird somit nur ein Teilkonzept dargestellt. Als Beispiel sei hier ein Prinzipschnitt eines Türinnenblechs vorne im Bereich Schweller abgebildet.

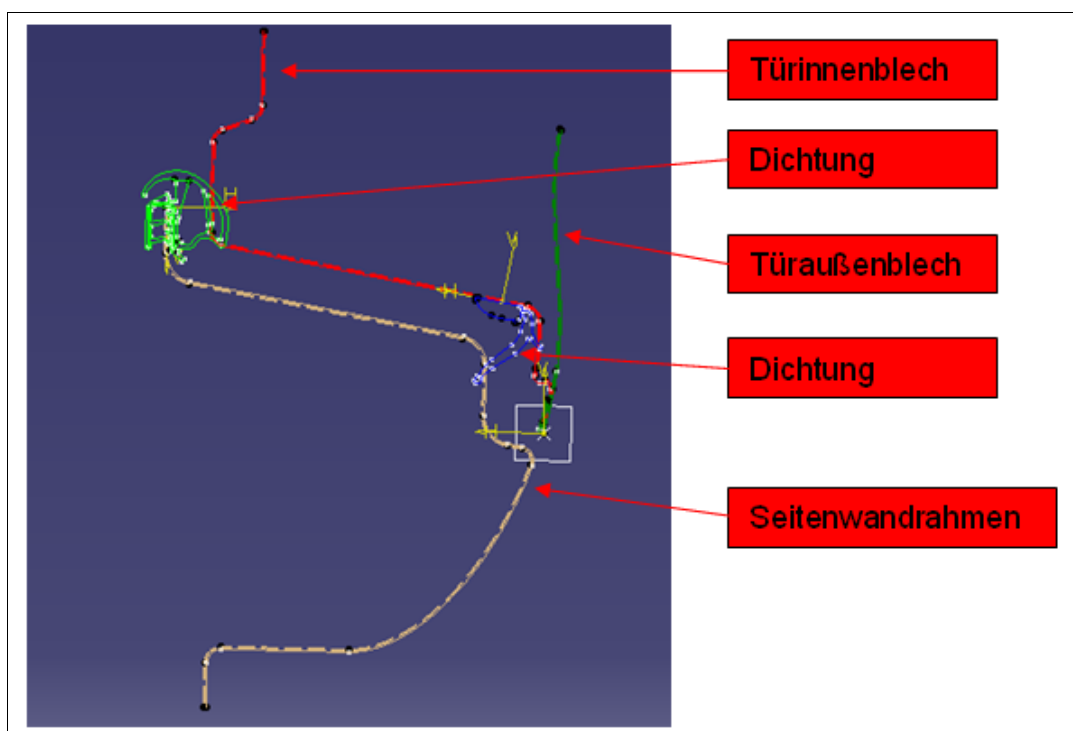


Abbildung 61: Prinzipschnitt Türinnenblech vorne im Bereich Schweller

In einem Prinzipschnitt sind je nach Anforderung Einzelteilschnitte, Wiederhol- oder Normschnitte und Normteilschnitte enthalten.

### 5.1.3 Einzelteilschnitt

Ein Einzelteilschnitt stellt einen Schnitt durch ein gesamtes oder einen Teilbereich eines Bauteils dar. Als Beispiel sei hier ein Teilbereichsschnitt durch einen Seitenwandrahmen im Bereich Schweller dargestellt (Abbildung 62).



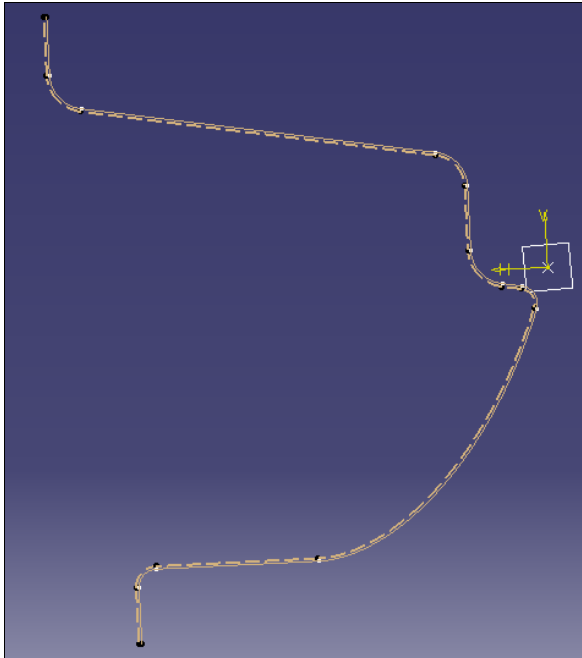


Abbildung 62: Einzelteilschnitt - Teilbereichsschnitt Seitenwandrahmen

#### 5.1.4 Wiederhol- oder Normschnitt

Ein Wiederhol- oder Normschnitt stellt ein Detailkonzept dar. Ein solcher Schnitt kann sowohl auf einer allgemein gültigen Norm basieren als auch auf internen, herstellerabhängigen Konventionen. Beispielhaft wären hier Bördelungen, Befestigungskonzepte, Dichtungen,... zu nennen. Nachfolgend ist ein Dichtungsschnitt als typisches Beispiel eines Wiederholchnittes dargestellt. Dieser Dichtungsschnitt dient als Ausgangsbasis und kann bei Bedarf geändert werden, sofern es sich nicht um einen herstellerabhängigen vorgegebenen Profilquerschnitt handelt.

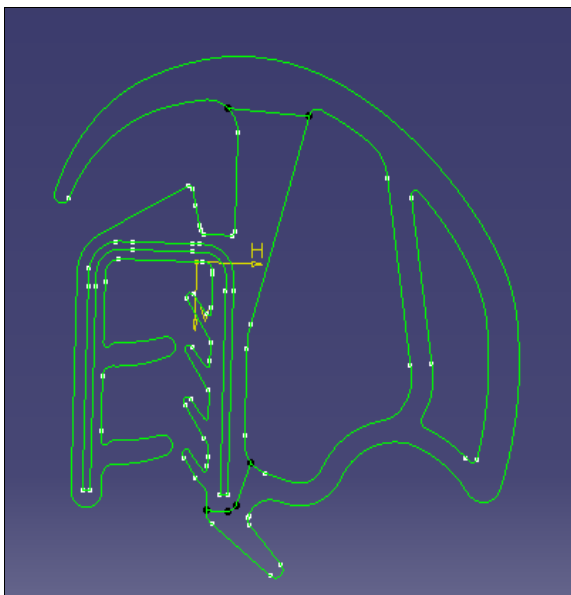


Abbildung 63: Wiederholchnitt - Türdichtung

### 5.1.5 Normteilschnitt

Ein Normteilschnitt stellt einen Schnitt durch ein Normteil dar. Da es sich hierbei um ein Normteil handelt, darf dieser Schnitt nicht geändert werden.

Bei Normteilschnitten ist es nicht unbedingt notwendig, diese in einer Bibliothek abzulegen. Bei der Prinzipschnitterstellung kann das 3D-Normteil auch direkt positioniert und ein Schnitt erstellt werden. Es ist zu beachten, dass der Schnitt isoliert wird, damit kein Bezug zum 3D-Teil mehr besteht. Das Normteil kann danach wieder gelöscht werden. Beispielhaft seien hier Schrauben, Muttern, Clipse,... genannt. Nachfolgend ist eine Schraube als typischer Normteilschnitt dargestellt.

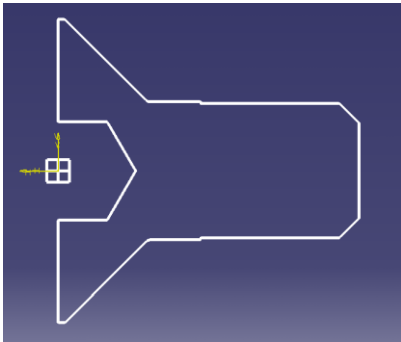


Abbildung 64: Normteilschnitt - Schraube

## 5.2 Methodik zur Erstellung eines Prinzipschnittes

Um erstellte Prinzipschnitte einfach an anderer Stelle ganz- oder teilweise wiederverwenden zu können, ist ein einheitlich methodisches Vorgehen bei der Erstellung sinnvoll.

Das Grundkonzept ist ein **modularer Aufbau** mit einem **zentralen Referenzsystem**. Um die Wiederverwendbarkeit gewährleisten zu können, darf der Prinzipschnitt nach außen keine Abhängigkeiten aufweisen. Die genaue Vorgehensweise wird nachfolgend anhand eines Beispiels besprochen.

### Grundsätzliche Vorgehensweise:

- Erstellen eines zentralen Referenzpunktes und einer zentralen Referenzebene
- Für jedes Bauteil wird eine eigene positionierte Skizze erstellt
- Strakdaten falls notwendig isoliert schneiden (um keine Abhängigkeiten nach außen aufzuweisen)
- Die Schnittelemente der Strakdaten (falls vorhanden) dienen als Ausgangspunkt für die Konstruktion der Einzelteilschnitte
- Einfügen von Norm- oder Wiederholschnitten (Referenzen werden von den Einzelbauteilschnitten abgeleitet)
- Einfügen von Normteilschnitten

Beispielhaft wird nun die Erstellung eines Prinzipschnittes der Tür vorne im Bereich Schweller detailliert besprochen.

Ausgangsbasis sind Strakdaten im Bereich Tür vorne.

- Erstellen eines isolierten Referenzpunktes und einer isolierten Referenzebene in einem Geometrischen Set (z.B. mit dem Namen „Hauptreferenz Schwellerschnitt“).

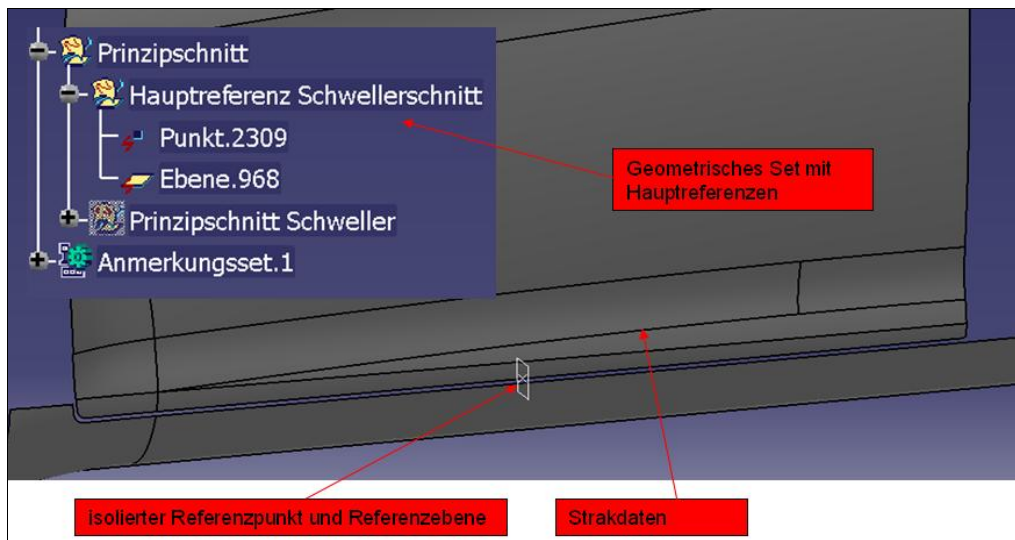


Abbildung 65: Erstellung eines Prinzipschnittes (1/6)

- In einem neuen Geometrischen Set mit einem aussagekräftigen Namen wird für jedes Bauteil eine eigene positionierte Skizze erstellt, in der die Bauteilgeometrie konstruiert wird. Die Referenzen für die positionierten Skizzen sind die erstellte Ebene und der Punkt. Schnitte mit dem Strak sind zu isolieren. Eine farbliche Unterscheidung der einzelnen Bauteile erleichtert die Übersichtlichkeit.

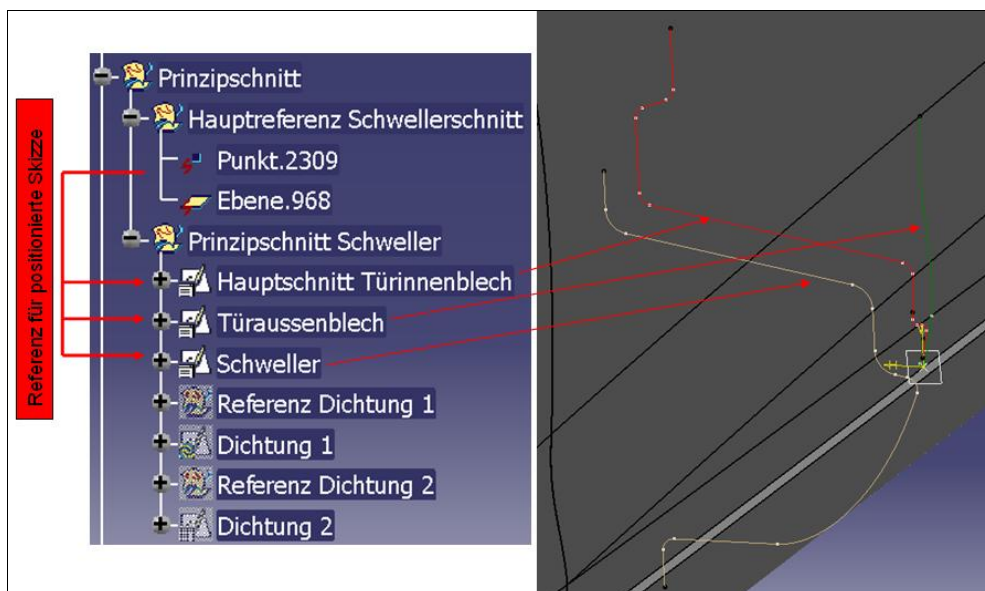


Abbildung 66: Erstellung eines Prinzipschnittes (2/6)

- Die Wandstärke (Offset) wird in der Skizze als Konstruktionselement dargestellt. Diese Elemente sind nur innerhalb der Skizze sichtbar. Mit der Funktion „Ausgabekomponente“ können diese Elemente auch außerhalb der Skizze auf „sichtbar“ gestellt werden. Durchgezogene Elemente stellen die Flächenerstellungsseite dar. Strichlierte Elemente stellen die Aufdickungsseite dar.

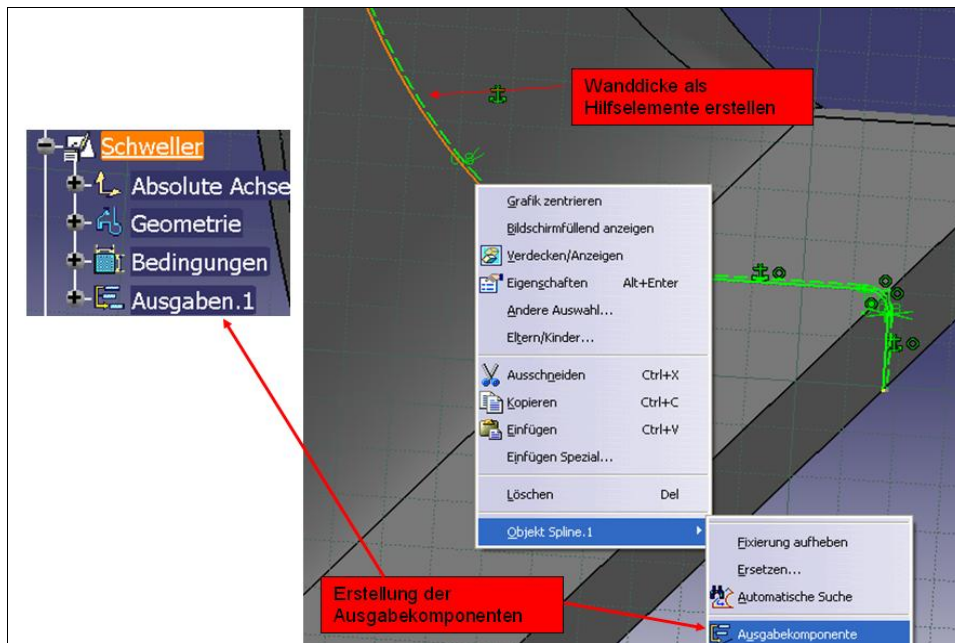


Abbildung 67: Erstellung eines Prinzipschnittes (3/6)

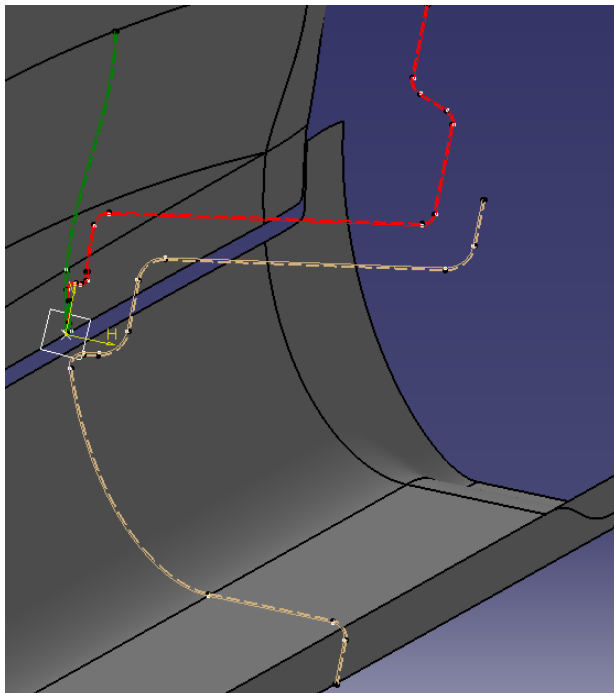


Abbildung 68: Erstellung eines Prinzipschnittes (4/6)

- Wiederholanschnitte oder Normteilschnitte benötigen zusätzliche Referenzen, um eine korrekte Positionierung zu den Einzelteilschnitten zu ermöglichen. Dazu

wird ein Geometrisches Set erstellt, in dem mit der Funktion „Ableiten“ einzelne Elemente aus den Einzelteilschnitten abgeleitet werden. Damit erstellt man die benötigten Basisreferenzelemente. Zusätzlich können weitere Referenzelemente konstruiert werden. Danach kann der Wiederholschnitt mit der Funktion „Power Copy“ eingefügt werden. (Das Einfügen eines Schnittes ist in Kapitel 5.4 beschrieben.)

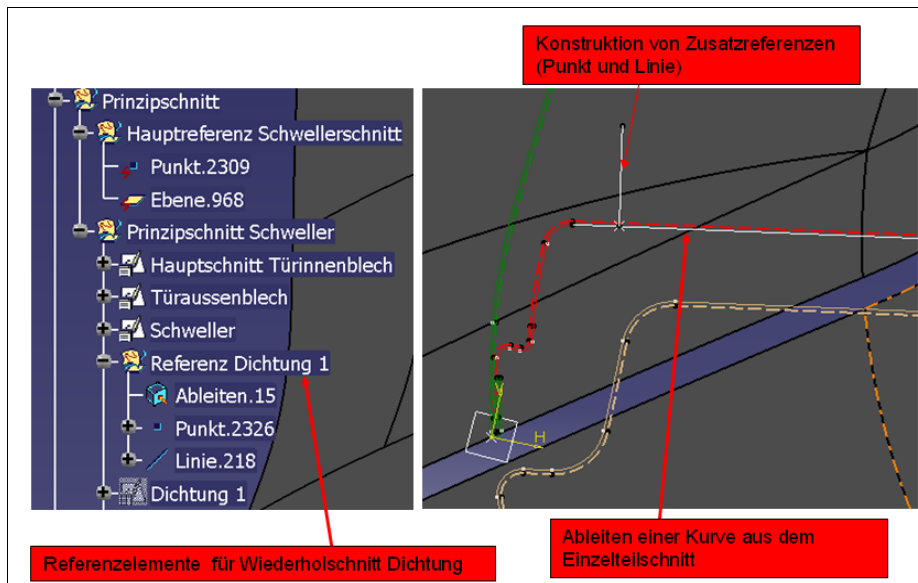


Abbildung 69: Erstellung eines Prinzipschnittes (5/6)

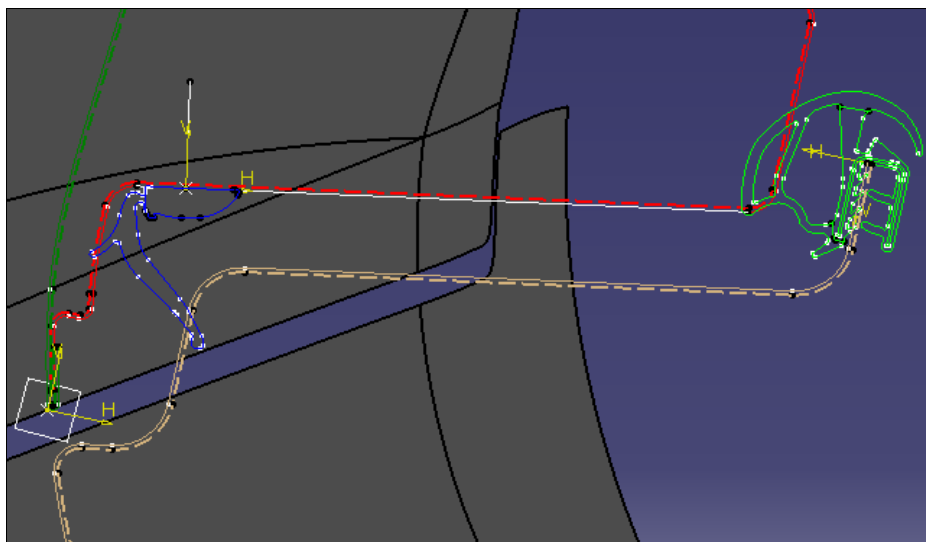


Abbildung 70: Erstellung eines Prinzipschnittes (6/6)

Der fertige Prinzipschnitt kann nun in einer Bibliothek als „Power Copy“ abgelegt und an anderer Stelle als Grundlage der Bauteilerstellung oder Wissensvorlage wiederverwendet werden. Anzumerken ist, dass auch nichtkonstruierte Prinzipschnitte, also Schnitte, welche mit der Funktion Verschneidung aus „fertigen“ Konzepten erstellt wurden, als Wissensvorlage verwendet werden können. Da diese nicht parametrisiert sind, haben diese Schnitte allerdings die Einschränkung einer erschwerten Änderbarkeit und Weiterverwendbarkeit.

### 5.3 Ablegen eines Prinzipschnittes in einer Bibliothek

Die Vorgehensweise gilt für alle Arten von Schnitten (Prinzipschnitte, Einzelteilschnitte Wiederholschnitte,...).

Um einen Schnitt aus einer Bibliothek einfach einfügen zu können, wird die Funktion „Power Copy“ verwendet. Dokumente mit Zusatzinformationen können mit dem Schnitt verknüpft werden. Die grundsätzliche Vorgehensweise besteht aus:

- Erstellen eines Prinzipschnittes wie im Kapitel 5.2 beschrieben. Wie schon erwähnt, sind die Hauptreferenzen in einem eigenen Geometrischen Set abzulegen.
- Hinzufügen von Verlinkungen mit Zusatzinformationen (Normen, Herstellerangaben,...).
- Erstellung einer „Power Copy“.
- Erstellung einer Bilddatei.
- Speichern des Modells und der Bilddatei in einer Bibliothek.

Diese Vorgehensweise wird nun anhand des zuvor erstellten Prinzipschnittes beispielhaft im Detail besprochen.

Die Ausgangssituation sieht wie folgt aus:

- Es wurde ein Prinzipschnitt, wie im vorherigen Kapitel besprochen, erstellt. Es bestehen keine Referenzen nach außen. Die Bezugselemente für den gesamten Schnitt sind im Geometrischen Set „Hauptreferenz Schwellerschnitt“ abgelegt. Dieses Set enthält einen isolierten Punkt und eine isolierte Ebene.

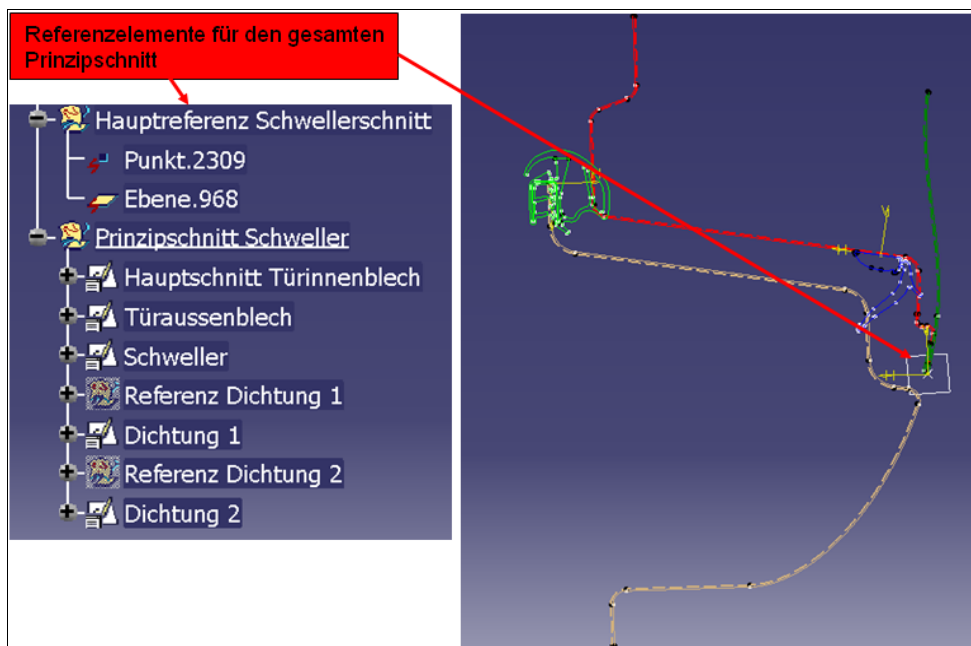


Abbildung 71: Erstellen einer „Power Copy“ (1/4)

- Mit der Funktion „Flaggenanmerkung“ können ein oder mehrere Dokumente mit Zusatzinformationen mit dem Schnitt verlinkt werden.

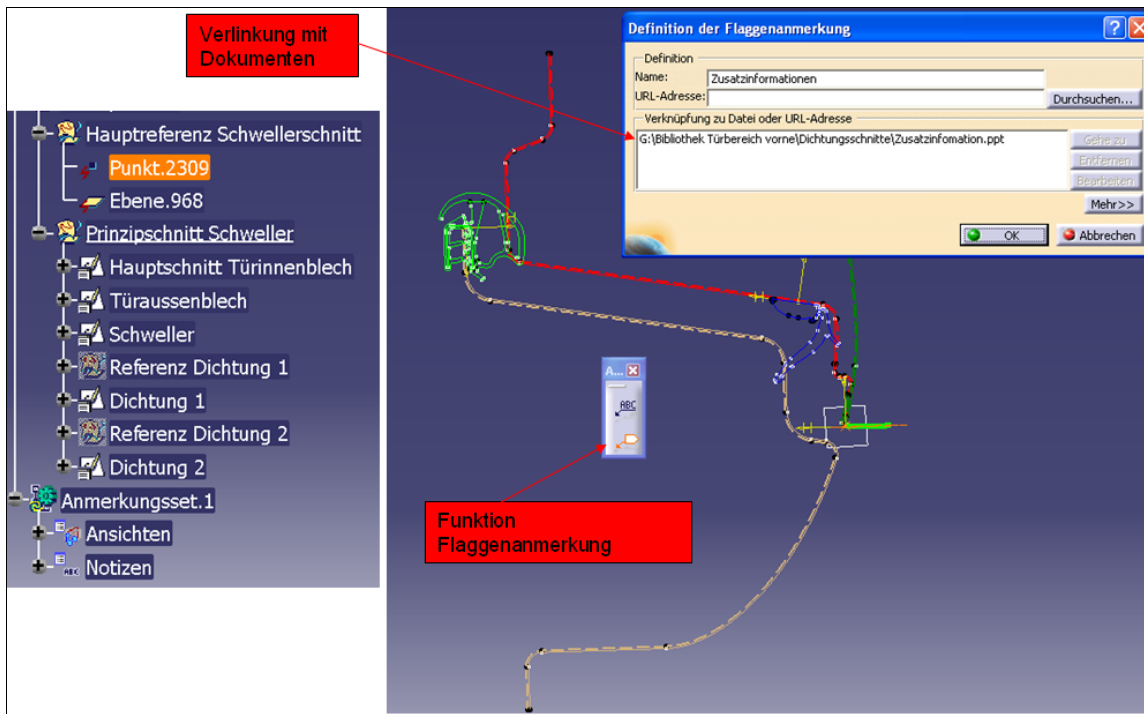


Abbildung 72: Erstellen einer „Power Copy“ (2/4)

- Bevor eine Power Copy erstellt werden kann, muss das Modell gespeichert werden. Es empfiehlt sich, die Datei in dem gewünschten Ordner unter einem aussagekräftigen Namen und dem Erstellungsdatum abzulegen. Danach kann die Funktion Power Copy ausgewählt werden. Im Dialogfenster ist der Inhalt der Power Copy unter dem Menüpunkt „Definition“ anzugeben. Es wird das gesamte Geometrische Set „Prinzipschnitt Schweller“ und die Flaggenanmerkung ausgewählt. Durch Bestätigen der Taste „OK“ und dem Abspeichern des Modells ist die „Power Copy“ erstellt.

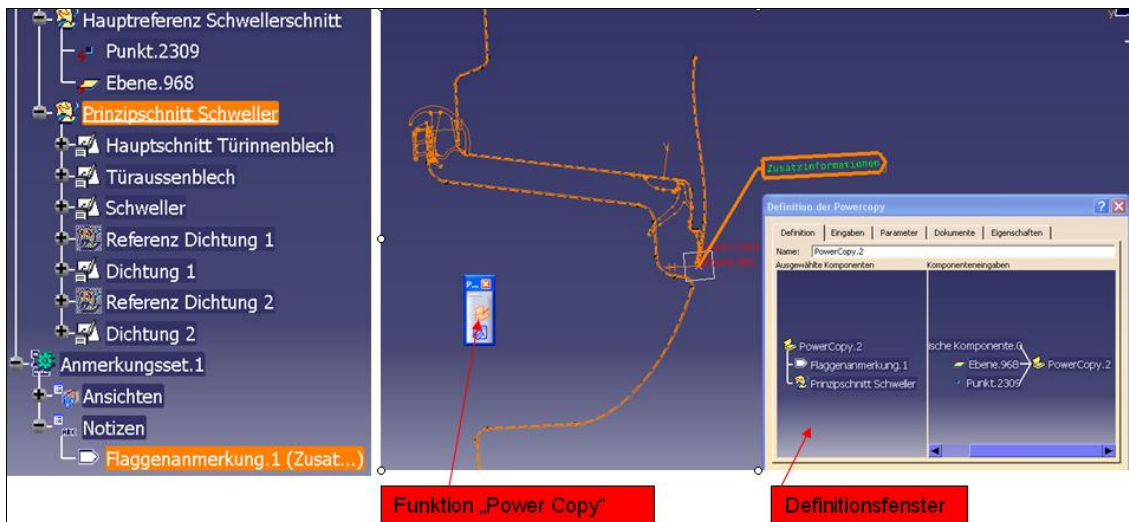


Abbildung 73: Erstellen einer „Power Copy“ (3/4)

- Nun wird noch eine Bilddatei erstellt (z.B. JPEG-Format) und unter Verwendung des identischen Modellnamens in der Bibliothek abgelegt.

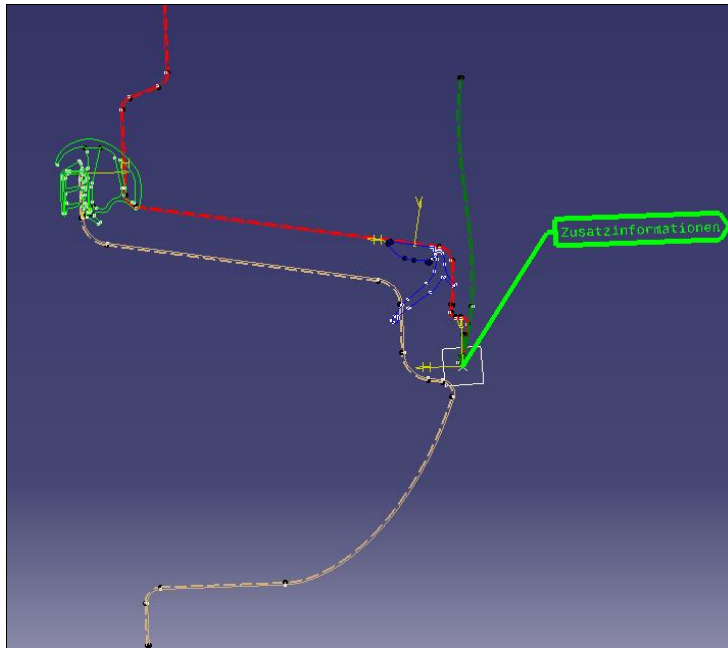


Abbildung 74: Erstellen einer „Power Copy“ (4/4)

Anzumerken ist, dass auch mehrere „Power Copys“ in einem Modell abgelegt werden können. Dies bietet sich vor allem bei kompakten Einheiten an. So können z.B. alle Konzeptschnitte einer Variante des Bereichs Tür vorne in einem Modell abgelegt werden.

## 5.4 Einfügen eines Prinzipschnittes

Ein nach der vorhin beschriebenen Vorgehensweise erstellter Prinzipschnitt kann einfach in ein Modell eingefügt werden. Es wird dazu die Funktion „Exemplar von Dokument erzeugen“ verwendet.

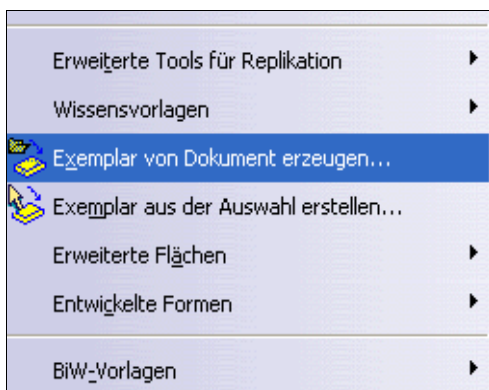


Abbildung 75: Einfügen einer Datei aus der Bibliothek (1/4)

Die Vorgehensweise sieht wie folgt aus:

- Referenzelemente erstellen (Punkt und Ebene, Abbildung 76).



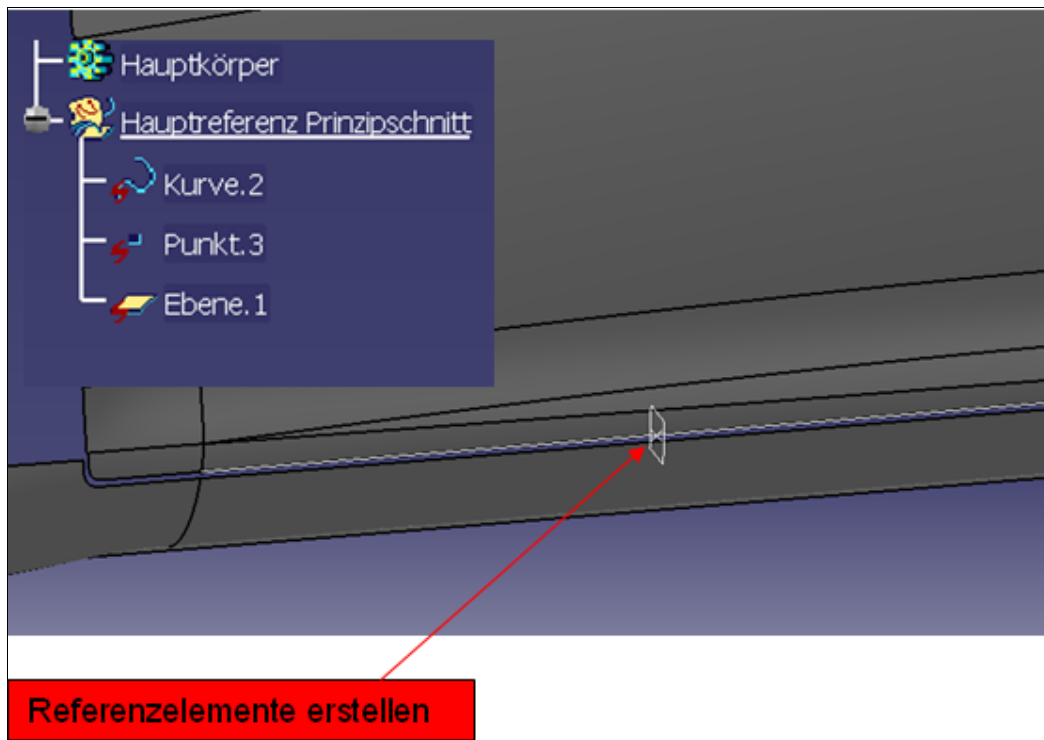


Abbildung 76: Einfügen einer Datei aus der Bibliothek (2/4)

- Auswahl der gewünschten Datei mit der Funktion „Exemplar von Dokument erzeugen“. Nach Auswahl der gewünschten Datei öffnet sich das Dialogfenster der Funktion „Power-Copy“. Hier kann das Geometrische Set für den Einfügevorgang ausgewählt werden. Weiters sind die benötigten Referenzelemente zuzuordnen. Im diesem Falle ein Punkt und eine Ebene sowie eine geometrische Komponente für die „Flaggenanmerkung“.

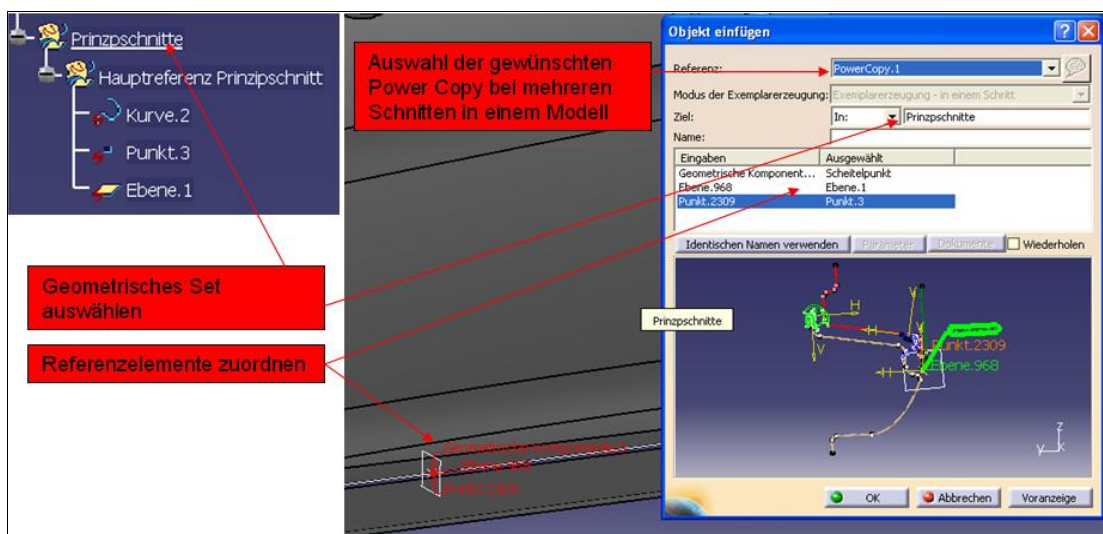


Abbildung 77: Einfügen einer Datei aus der Bibliothek (3/4)

- Durch bestätigen der „OK“ Taste wird der Vorgang abgeschlossen und der Prinzipschnitt eingefügt. Der Schnitt kann nun geändert oder einfach als Wissensvorlage verwendet werden.

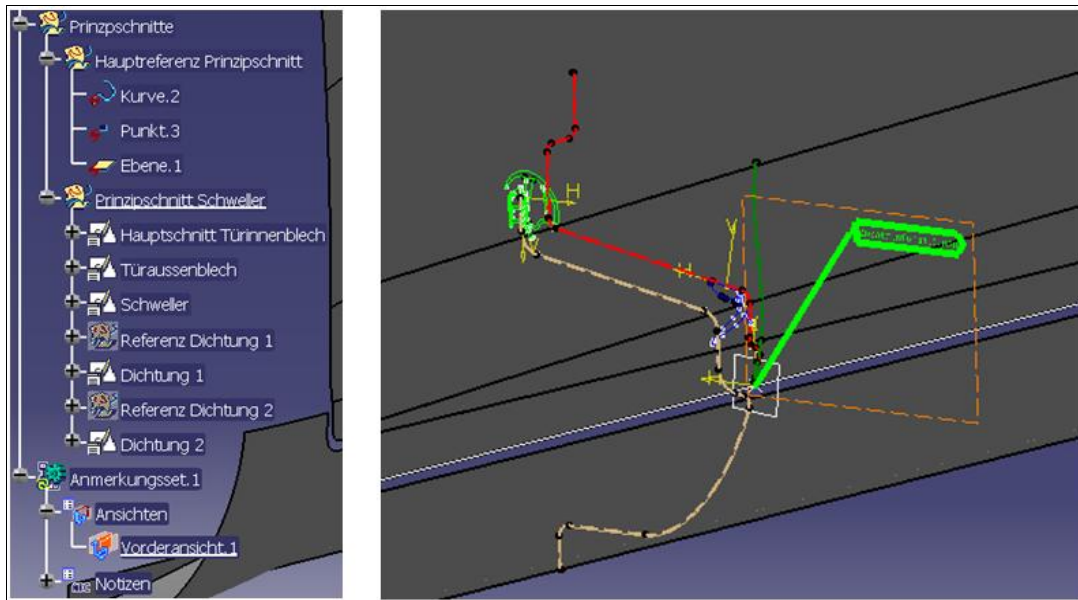


Abbildung 78: Einfügen einer Datei aus der Bibliothek (4/4)

## 5.5 Drehen des Prinzipschnittes

Um den Prinzipschnitt in der Ebene drehen zu können wird eine Referenzlinie in der Stützebene erstellt. Es wird dazu die Funktion „Linie/Winkel zu Kurve“ verwendet. Eine Achse der positionierten Skizzen der Einzelteilschnitte wird nun an dieser Linie ausgerichtet. Wiederholtschnitte und Normteilschnitte benötigen keine Ausrichtung, da diese assoziativ zu den Einzelteilschnitten erstellt wurden und somit automatisch ausgerichtet werden. Die Vorgehensweise wird nun im Detail am vorherigen Beispiel dargestellt.

- Im Geometrischen Set „Hauptreferenz Prinzipschnitt“ wird nun eine Linie mit einem Winkel erzeugt (Referenz: z.B. Z-Achse).

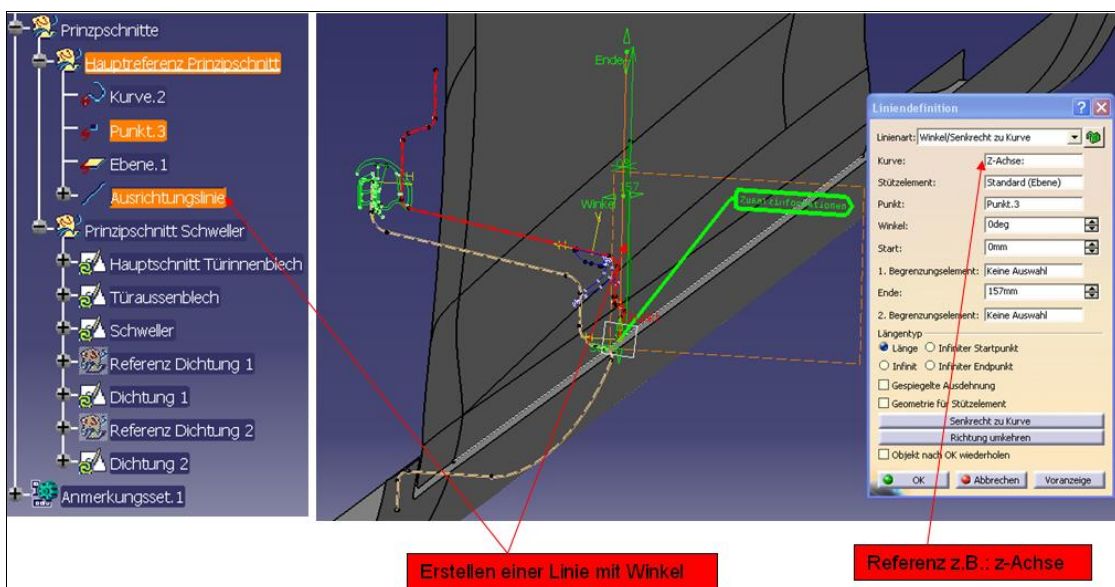


Abbildung 79: Drehen eines Prinzipschnittes (1/4)

- Die „positionierten Skizzen“ der Einzelteilschnitte werden nun in der Funktion „Stützelement für Skizze ändern“ an der Linie ausgerichtet.

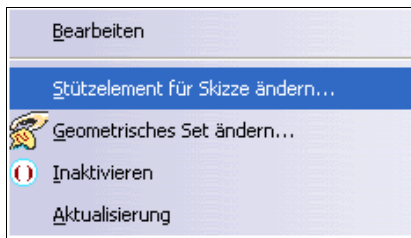


Abbildung 80: Drehen eines Prinzipschnittes (2/4)

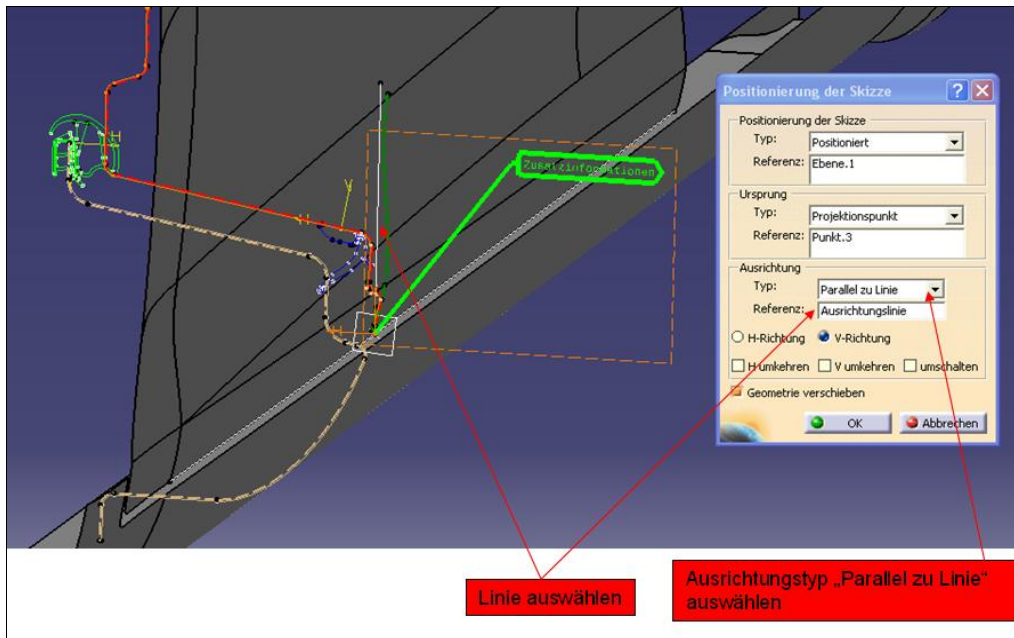


Abbildung 81: Drehen eines Prinzipschnittes (3/4)

- Die „positionierte Skizze“ richtet sich nun an der Linie aus. Dieser Vorgang wird für alle Einzelteilschnitte durchgeführt. Durch Ändern des Winkels der Linie kann der gesamte Prinzipschnitt gedreht werden.

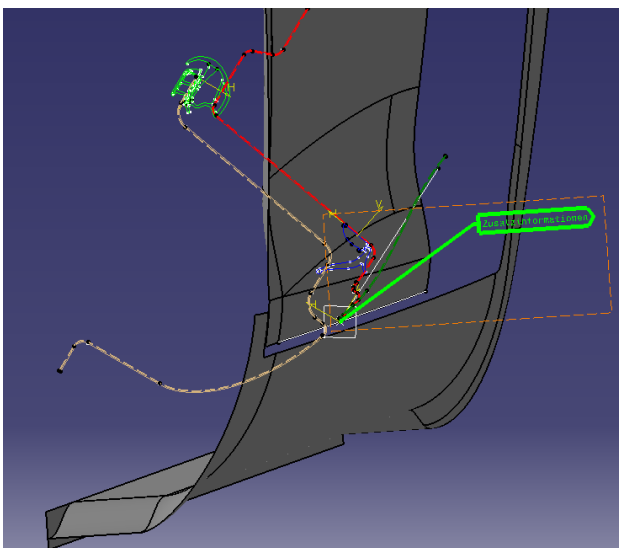


Abbildung 82: Drehen eines Prinzipschnittes (4/4)

## 5.6 Zusammenfassung

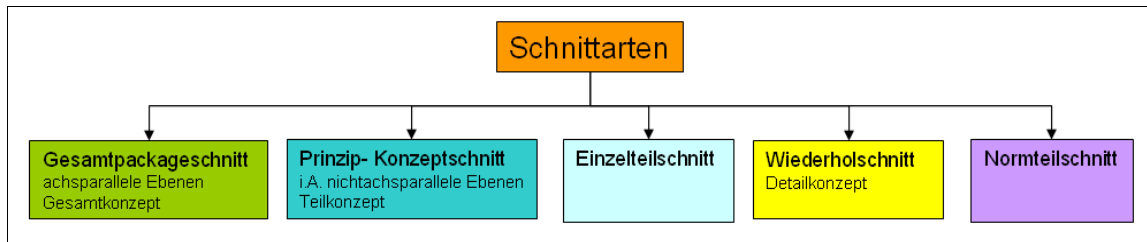


Abbildung 83: Übersicht Schnittarten

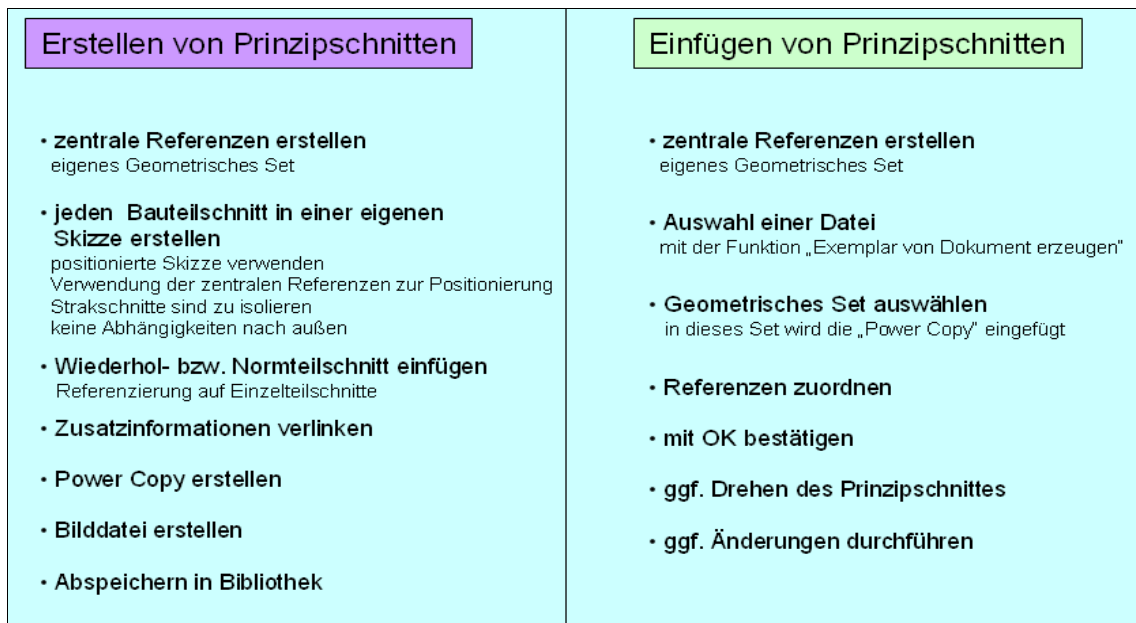


Abbildung 84: Übersicht Erstellung/Einfügen von Prinzipschnitten

Wie gezeigt wurde, kann mit dieser Erstellungsmethodik der Prinzipschnitt gesamthaft manipuliert und in einer Bibliothek abgelegt werden. Der Vorteil des modularen Aufbaus liegt in der Übersichtlichkeit und der einfachen Handhabung. Eine Weiterverwendbarkeit einzelner Teile des Prinzipschnittes ist gegeben. Zum Beispiel können für die nachfolgend beschriebene Methode, „Erstellung eines funktionalen Prinzipschnittes“, Einzelteilschnitte zur 3D-Modellerstellung verwendet werden.

## 6 Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“

In diesem Kapitel wird eine Methodik zur Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“ beschrieben. Ziel der nachfolgenden Methodik ist es, in der ersten Phase der Konzeptentwicklung so rasch wie möglich eine erste Datenbasis zu erhalten. Bei einem herkömmlichen parametrisch-assoziativem Modellaufbau besteht die Problematik, dass bereits vor Beginn der Konstruktion das geometrische Aussehen des Modells bekannt sein müsste, um einen geeigneten Modellaufbau durchführen zu können. Da die geometrische Form eines Bauteils im Vorhinein aber oft nicht bekannt ist, erfolgt in der Praxis ein mehrmaliger Umbau bzw. eine komplette Neuerstellung des Modells, falls sich die Strukturierung und der Modellaufbau als unzureichend erweisen.

Die Idee ist nun, für das erste Konzeptmodell den erheblichen Aufwand für den Modellaufbau und das Planen von hierarchischen Abhängigkeiten so gering wie möglich zu halten, bis die grundsätzliche Bauteilgestalt bekannt ist. Man nimmt dabei eine geringere Assoziativität bzw. eine geringere Exaktheit des Modells in Kauf. Danach erfolgt eine exakte Modellneuerstellung mit einem parametrisch-assoziativen Modellaufbau. Dieses Modell ist nun planbar, da die grundsätzliche Bauteilgestalt bekannt ist.

Bei der Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“ bestehen grundsätzlich keine Einschränkungen, es dürfen von Catia V5 zur Verfügung gestellten Möglichkeiten angewendet werden. Um einen schnellen Modellaufbau mit einer geringen Hierarchie darstellen zu können, bietet sich aber:

- das Arbeiten mit Schnitten
- das Arbeiten mit dem Kompass
- das Arbeiten mit isolierten bzw. teilisolierten Einheiten

besonders an.

In den nachfolgenden Kapiteln wird das methodische Vorgehen genauer beschrieben.

### 6.1 Arbeiten mit Schnitten - Schnittmethode

Die Arbeit mit Schnitten stellt eine einfache und komfortable Möglichkeit dar, um komplexe Geometrie mit einer flachen Hierarchien darzustellen, da mehrere Flächenelemente zusammengefasst werden. Es ist zu beachten, dass in gewissen Fällen nur Näherungskonstruktionen möglich sind, da nur eine begrenzte Kontrolle der entstehenden Flächen vorhanden ist. Für eine erste Konzeptgeometrie kann dies aber durchaus ausreichend sein.

## 6.1.1 Grundlagen für das Arbeiten mit Schnitten

### 6.1.1.1 Erstellung von Schnitten

Schnitte können in Catia V5 sowohl im 3D-Bereich als auch im 2D-Bereich (Skizze) erstellt werden. Zu bevorzugen ist meist das Arbeiten mit einer Skizze, da diese einfach und komfortabel handhabbar ist. Bei der Erstellung von Schnitten ist ein einfacher Aufbau gegenüber erhöhter Komplexität zu bevorzugen. Bei zu vielen Details entstehen Übersichtlichkeitsprobleme bei der Kontrolle von Änderungen und gegenseitigen Abhängigkeiten. Auch sind die entstehenden Flächen komplex und werden durch viele Abhängigkeiten immer schwerer kontrollierbar. Eine Regel könnte lauten: Zuerst immer Hauptflächen erstellen und erst in weiteren Schritten den Detaillierungsgrad durch weitere Skizzen erhöhen. Etwas mehr „händische“ Arbeit ist hier gegenüber einer Vielzahl an Abhängigkeiten zu bevorzugen.

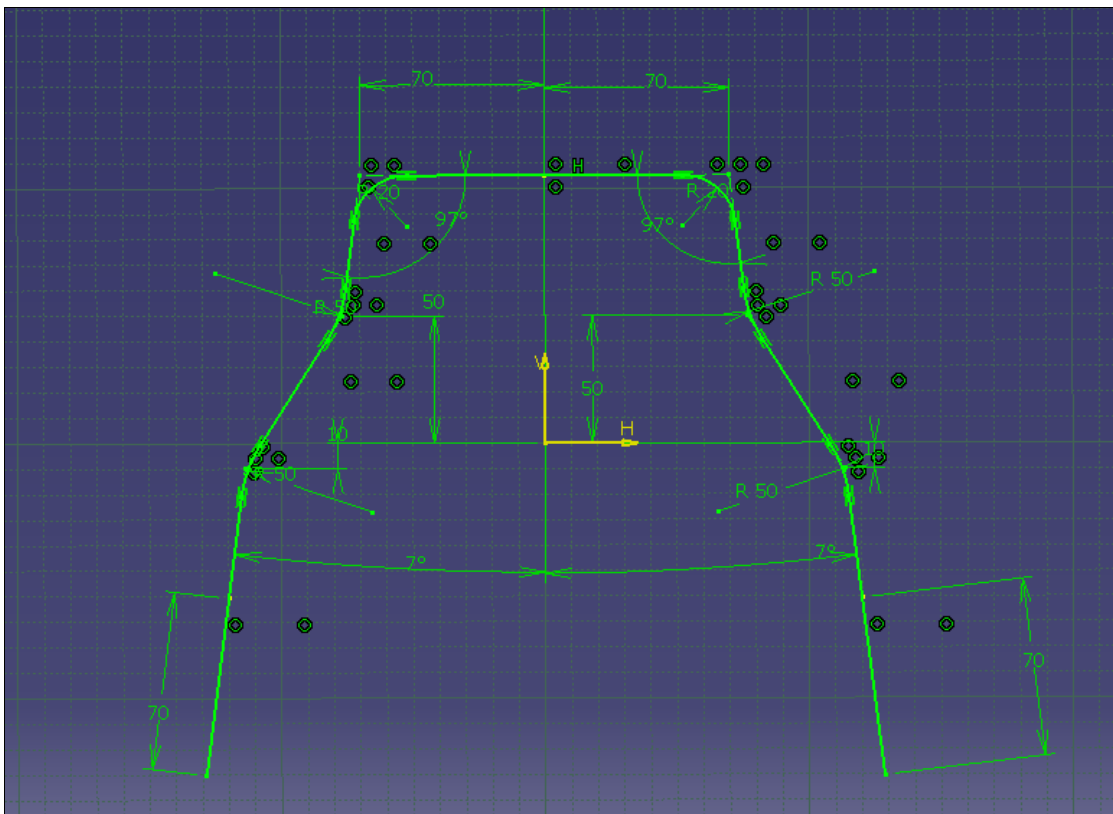


Abbildung 85: Beispiel für eine Schnitterstellung in einer 2D-Skizze

### 6.1.1.2 Die Leitkurve (Spine)

Das Grundelement für das Arbeiten mit Schnitten (neben den Schnitten selbst) ist die Leitkurve (Spine). Die Leitkurve muss zumindest tangentialstetig sein. Alle erzeugenden Schnitte, auch die intern generierten Schnitte, liegen in einer Ebene normal zur Leitkurve. In Catia V5 ist es nicht bei allen Flächenerstellungsfunktionen aus Schnitten notwendig, eine Leitkurve anzugeben. Eine Arbeitsweise ohne Leitkurve ist aber nicht möglich, da die interne Ausrichtung fehlen würde. Wird keine Leitkurve angegeben, generiert das System im Hintergrund eine nicht sichtbare Leitkurve.

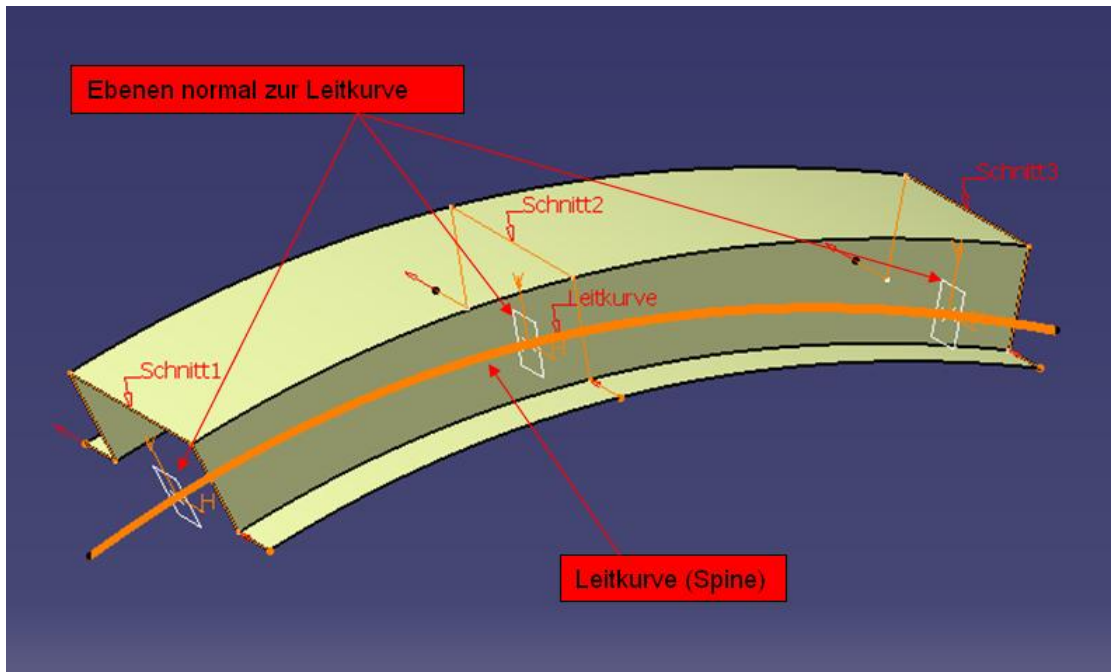


Abbildung 86: Beispiel für eine Leitkurve (Spine)

Die Leitkurve ist für die erzeugte Fläche eines der bestimmenden Elemente, da sie die Schnittebenenausrichtung vorgibt.

### 6.1.1.3 Die Führungskurve

Zusätzlich zur Leitkurve und den Schnitten können noch eine oder mehrere Führungskurven definiert werden. Diese Führungskurven definieren den Übergangsbereich zwischen den Schnitten. In der Schnittebene müssen diese exakt auf dem Profil liegen. (Eine Ausnahme besteht bei der Sweepfunktion, hier muss die Führungskurve nicht zwingend auf dem Profil liegen.)

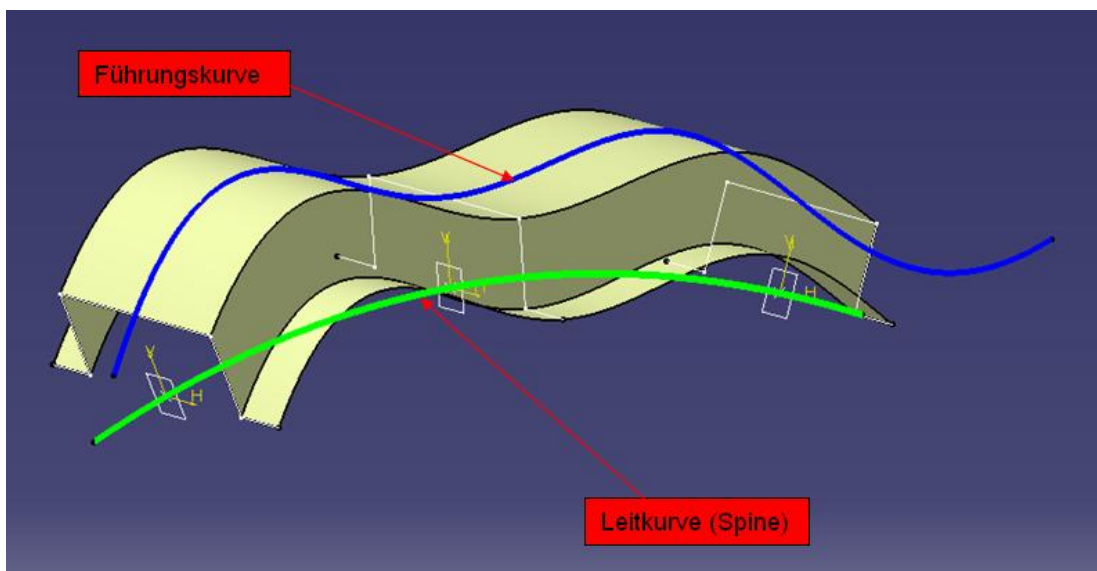


Abbildung 87: Beispiel einer Führungskurve

Durch Verwendung einer oder mehrerer Führungskurven kann mit lagegleichen Schnitten ein völlig anderes Aussehen der Fläche erreicht werden. Wie man sieht, richtet sich das Profil gesamthaft an der Führungskurve aus. Bei der Verwendung mehrerer Führungskurven ist zu beachten, dass sich diese gegenseitig in Bezug auf die entstehende Fläche beeinflussen. Auch hier sollten nicht zu viele Abhängigkeiten in einem Schritt Verwendung finden.

#### 6.1.1.4 Verbindungszuordnungen (Coupling)

Zusätzlich können noch Verbindungszuordnungen zwischen Schnitten angegeben werden. Diese Verbindungszuordnungen ermöglichen das definierte Verbinden auch ungleicher Schnitte.

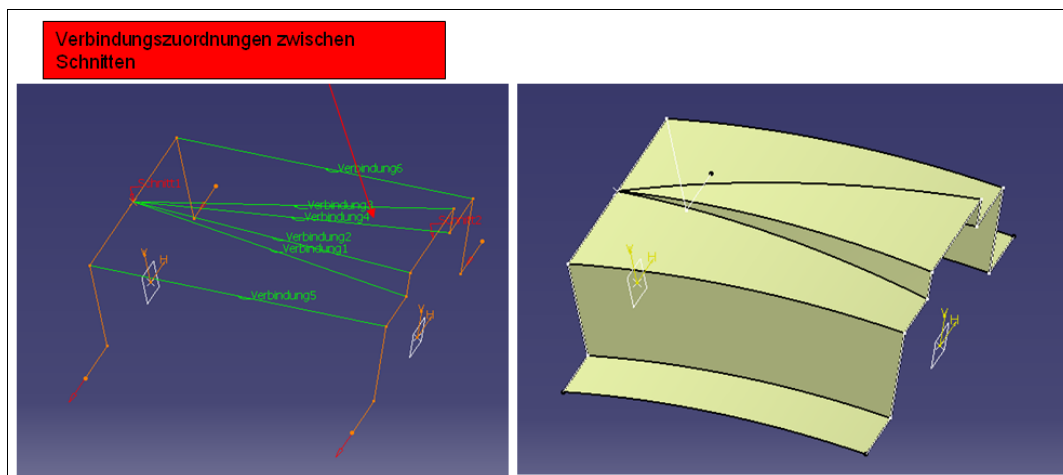


Abbildung 88: Beispiel einer Verbindungszuordnung zwischen zwei Schnitten

#### 6.1.1.5 Flächen, die eine exakt definierte Entformschräge benötigen

Flächen mit exakt definierten Entformschrägen zu erstellen ist mit Schnitten nur eingeschränkt möglich. Diese Problematik soll nun im Detail erklärt werden:

Um in einem Schnitt die Entformung genau darstellen zu können, ist es notwendig, dass die Leitkurve in einer Ebene normal zur Entformrichtung liegt. In dieser Ebene ist die Entformrichtung projizierend. Weiters muss die Leitkurve in jedem Punkt der Krümmung der zu erzeugenden Fläche entsprechen. Dies hat zur Folge, dass auch die Schnittebene, die ja normal zur Leitkurve liegt, projizierend wird. Nur in dieser Lage ist eine korrekte Darstellung im Schnitt möglich. Als Beispiel sei hier der Entformungskegel dargestellt (Abbildung 89). Auch bei einfachen und umso mehr bei komplexen Schnitten ist es nicht möglich, eine „richtige“ Leitkurve und „richtige“ Schnittebenen zu finden, die für alle gewünschten Flächen die vorhin definierte „richtige“ Lage einnehmen, da für unterschiedliche Flächen unterschiedliche Leitkurven und unterschiedliche Schnittebenen benötigt werden, aber nur eine Leitkurve mit den dazugehörigen Schnittebenen angegeben werden kann. Nur in der „richtigen Schnittebene“ ist eine korrekte Winkelbemaßung und somit eine genaue Definition der Entformung möglich. In der Abbildung 90 ist dieser Sachverhalt dargestellt.



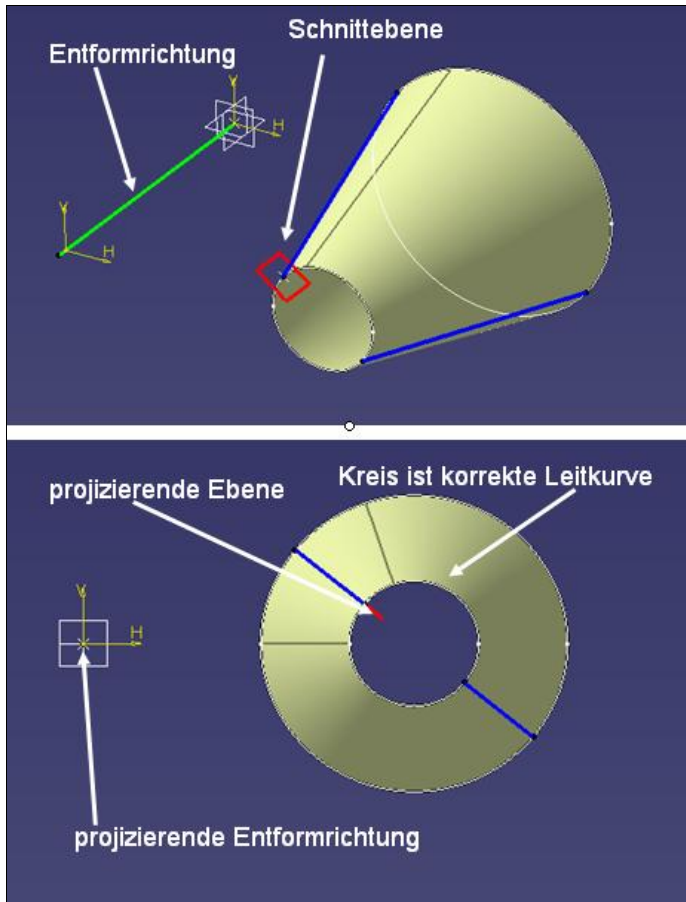


Abbildung 89: Entformkegel

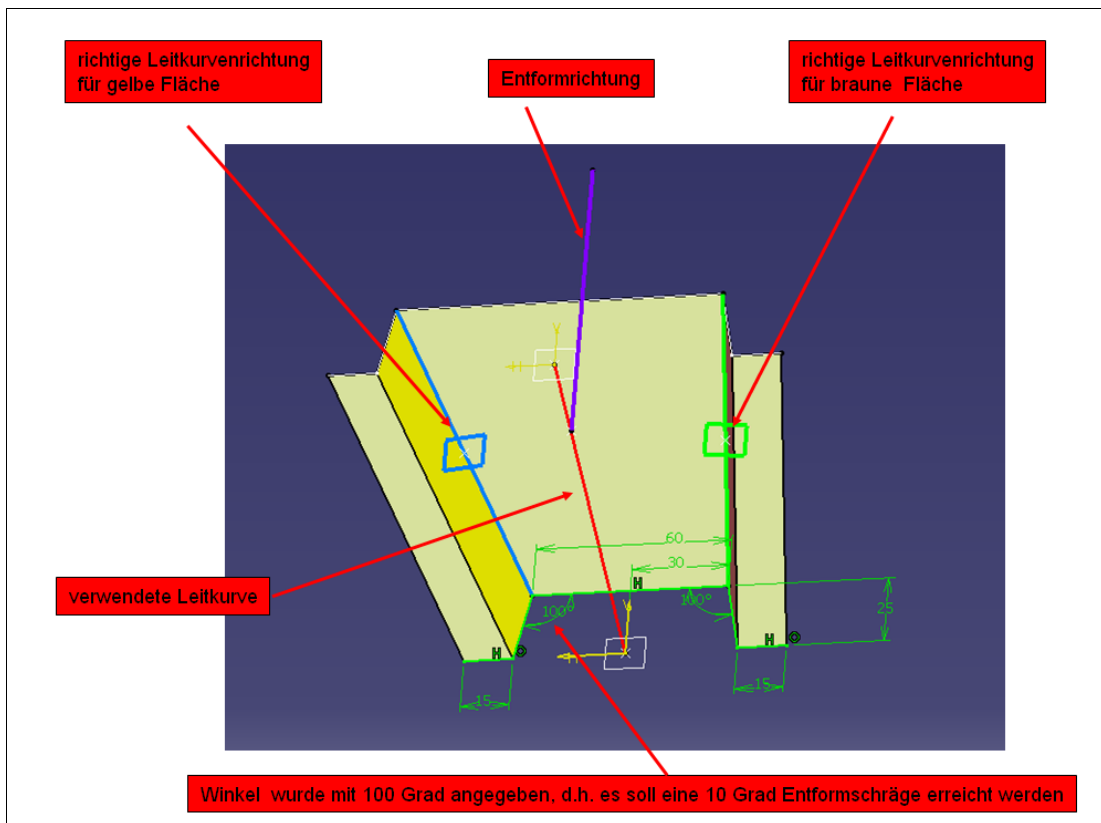


Abbildung 90: Zusammenhang Leitkurve und Entformung

In Abbildung 90 werden exakt 10 Grad Entformwinkel gewünscht. Aufgrund der nicht lagerichtigen Schnittebenen und der nicht lagerichtigen Leitkurve wird der gewünschte Entformwinkel nicht erreicht. In diesem einfachen Beispiel könnte in der Skizze der Winkel erhöht werden und somit ein näherungsweise „richtiger“ Entformwinkel erreicht werden. Bei gekrümmten Flächen ist dies nicht möglich, da an jeder Stelle unterschiedliche Werte benötigt werden. In der Entformanalyse (Abbildung 91) ist die Abweichung zum gewünschten Wert dargestellt.

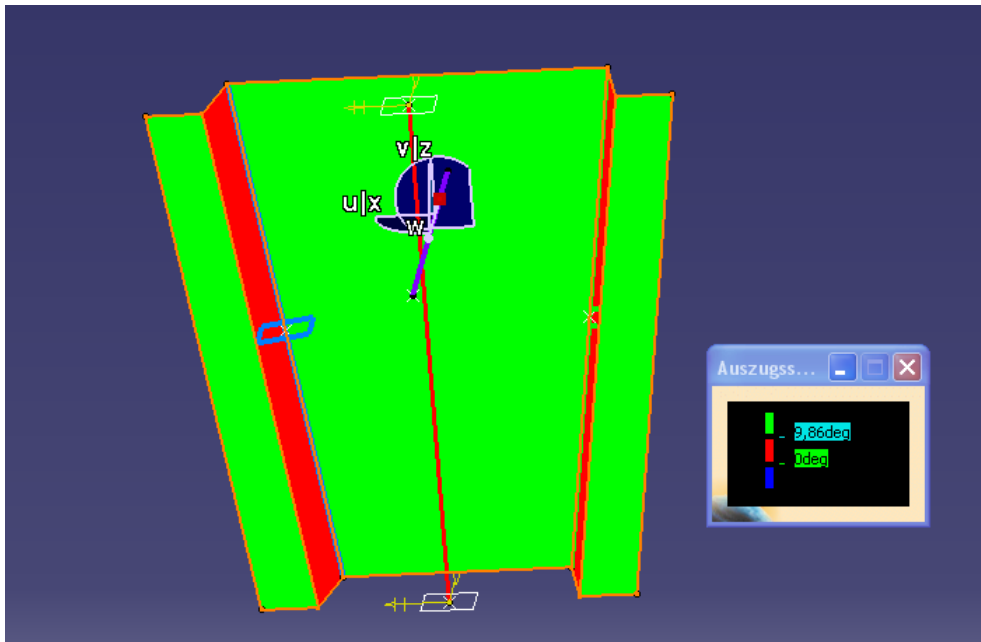


Abbildung 91: Entformanalyse

Wie man anhand der Entformanalyse sieht, werden nur 9,86 Grad Entformwinkel erreicht. Bei einer ebenen Fläche ist die Abweichung zum gewünschten Wert an jeder Stelle gleich.

Bei gekrümmten Flächen ist die Abweichung zum gewünschten Wert an jeder Stelle mit unterschiedlicher Krümmung anders.

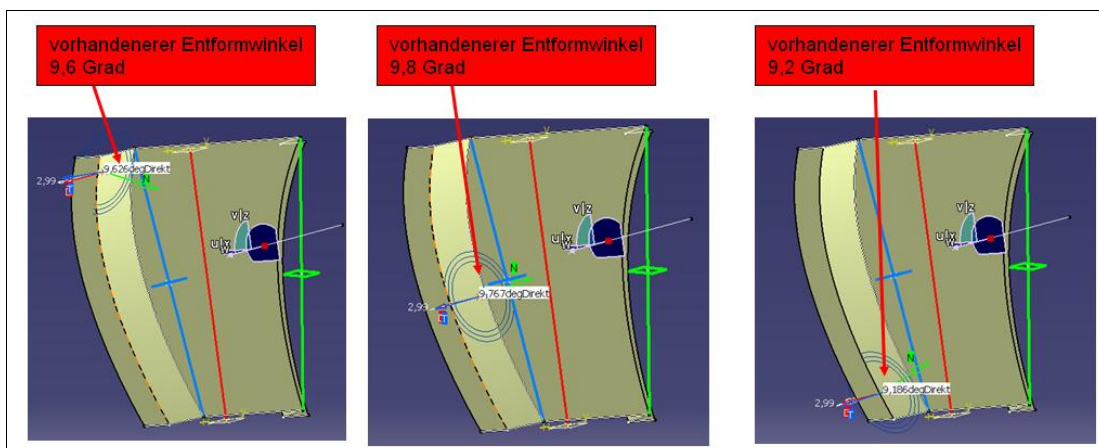


Abbildung 92: Entformanalyse einer gekrümmten Fläche

### 6.1.1.6 Baumaufbau

Der Vorteil einer Arbeitsweise mit Schnitten ist, dass eine flache Abhängigkeitskette vorliegt, da Teilbereiche zusammengefasst werden. Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen sollte auf eine gewisse Strukturierung nicht vergessen werden. Ein möglicher Baumaufbau könnte schematisch wie folgt aussehen.

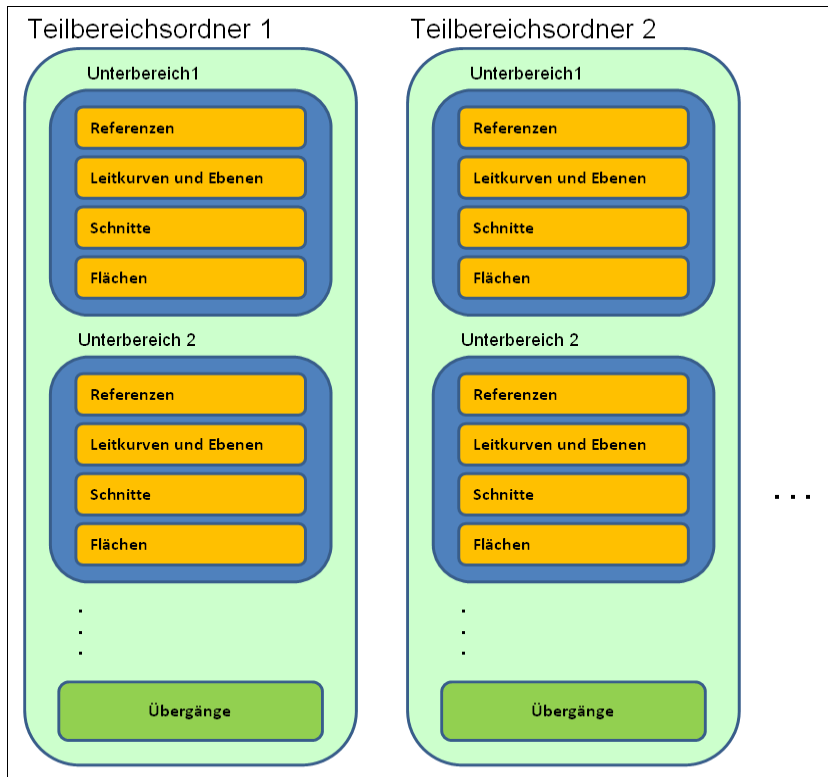


Abbildung 93: Möglicher Baumaufbau bei Anwendung der Schnittmethodik

### 6.1.2 Funktionen zur Flächenerstellung aus Schnitten

In Catia V5 gibt es mehrere Funktionen zur Flächenerstellung aus Schnitten. Die Funktionsweisen werden als bekannt vorausgesetzt. Nachfolgend eine Übersicht der wichtigsten Funktionen und deren Unterschiede:

Symbol	Funktionsname	Schnitte	Leitkurve	Führungskurve	Verbindungen
	Extrudieren	ein Schnitt	ist eine Linie	keine Führungskurven	keine Verbindungen
	Übergang	zwei Schnitte	Leitkurve	keine Führungskurven	Verbindungen
	Fläche mit Mehrfachschnitten	mehrere Schnitte	Leitkurve	mehrere Führungskurven	Verbindungen
	Translation/explicit	ein Schnitt	Leitkurve	max 2 Führungskurven	keine Verbindungen
	anpassungsfähige Translation	ein variabler Schnitt	Leitkurve	mehrere Führungskurven	keine Verbindungen
	Zusammenführung	mehrere Schnitte	keine Leitkurve	keine Führungskurven	Verbindungsunkte Verbindungskurven

Abbildung 94: Funktionen zur Flächenerstellung aus Schnitten

### 6.1.3 Methodik der Flächenerstellung aus Schnitten

#### Grundsätzliche Vorgehensweise

- Eine Baumstruktur erstellen oder kopieren
- Erstellen oder Auswahl einer Leitkurve
- Punkte auf Leitkurve legen
- Ebenen normal zu Leitkurve an diesen Punkten erstellen
- Skizzen erstellen (immer mit positionierter Skizze arbeiten) bzw. aus Bibliothek laden
- Fläche erstellen (z.B. mit Mehrfachschnitten,...)
- ggf. Anpassen der Fläche durch Führungskurven oder an Referenzen
- Übergänge erstellen
- ggf. Schließflächen einfügen
- ggf. Beschnitt mit einer Fläche oder Anfügen einer Flanschfläche

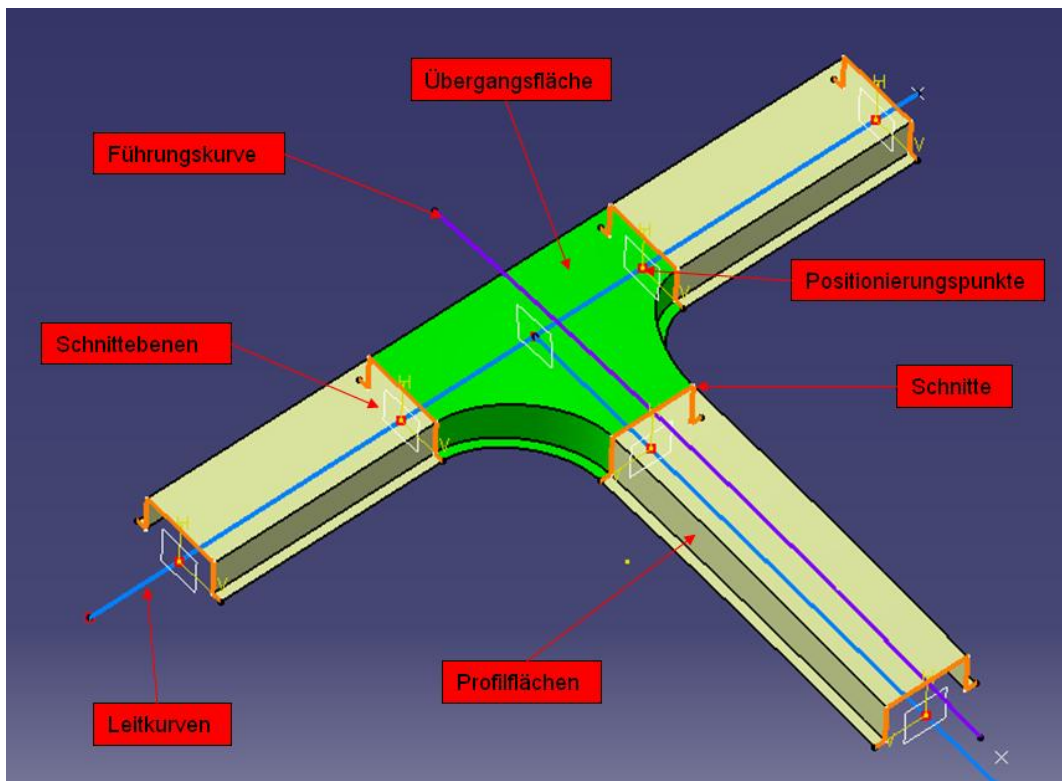


Abbildung 95: Elemente der Schnittmethode

#### 6.1.3.1 Profile mit einer Führungskurve steuern

Eine Möglichkeit, Profile über eine Führungskurve zu steuern und gleichzeitig eine Variabilität im Modell zu erhalten, sieht wie folgt aus:

- Es wird eine (oder mehrere) Führungskurve(n) erstellt. Wenn vorhanden kann auch eine Referenzkurve verwendet werden.

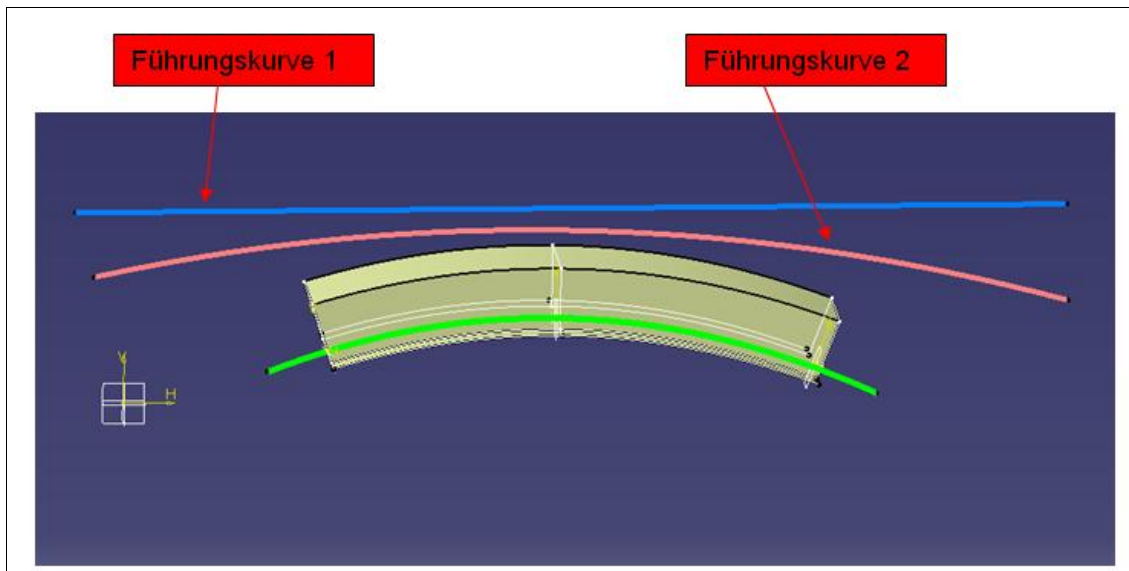


Abbildung 96: Varianz mit Führungskurven (1/4)

- Nun werden die einzelnen Schnitte mit der Führungskurve verbunden. Dazu wird in den einzelnen Skizzen ein Verschneidungspunkt mit der Führungskurve erstellt. Dieser Verschneidungspunkt wird mit dem Befehl „Kongruenz“ mit den jeweiligen Skizzen verknüpft. Dieser Vorgang ersetzt eine definierte Bemaßung.

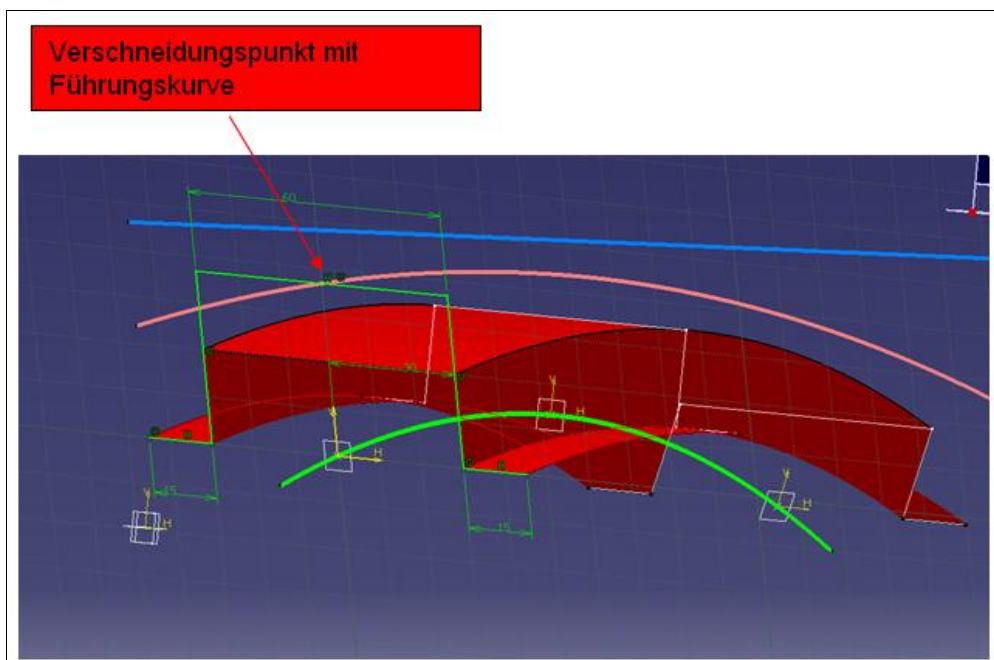


Abbildung 97: Varianz mit Führungskurven (2/4)

- Zusätzlich können noch weitere Führungskurven definiert werden. In diesem Beispiel wurden im Flanshbereich zwei weitere Führungskurven definiert, um diesen Bereich besser kontrollieren zu können. Das Ergebnis sieht wie folgt aus: (Abbildung 98)

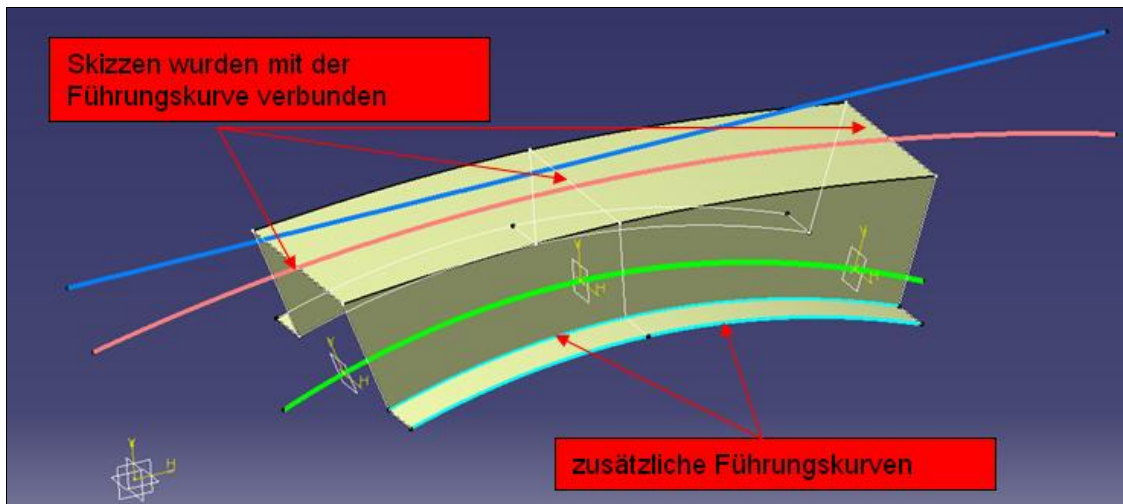


Abbildung 98: Varianz mit Führungskurven (3/4)

- Nun kann mit dem Befehl „ERSETZEN“ eine Führungskurve gegen eine andere ausgetauscht werden. Die Verschneidungspunkte werden nun mit der neuen Führungskurve erstellt. Die Skizzen passen sich automatisch an und das Profil richtet sich an der neuen Führungskurve aus.

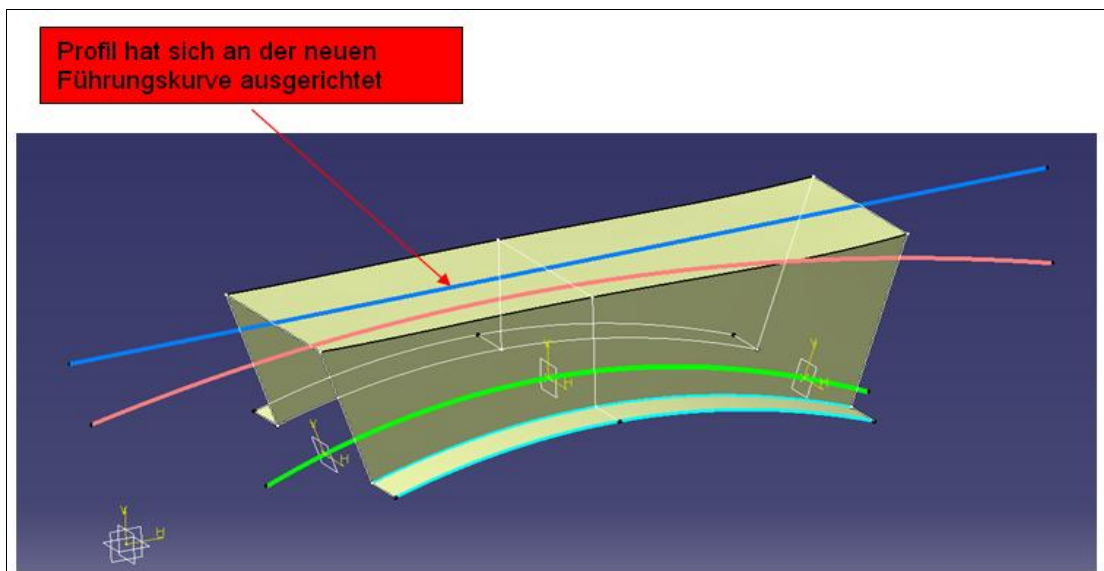


Abbildung 99: Varianz mit Leitlinien (4/4)

Das gesamte Profil sowie die einzelnen Schnitte haben sich an die neue Führungskurve angepasst.

### 6.1.3.2 Übergänge erstellen

Übergänge zwischen einzelnen Profilen können mit der Funktion „Zusammenführen“ dargestellt werden. An einem Knotenpunkt kann sich folgende Situation ergeben: (Abbildung 100)

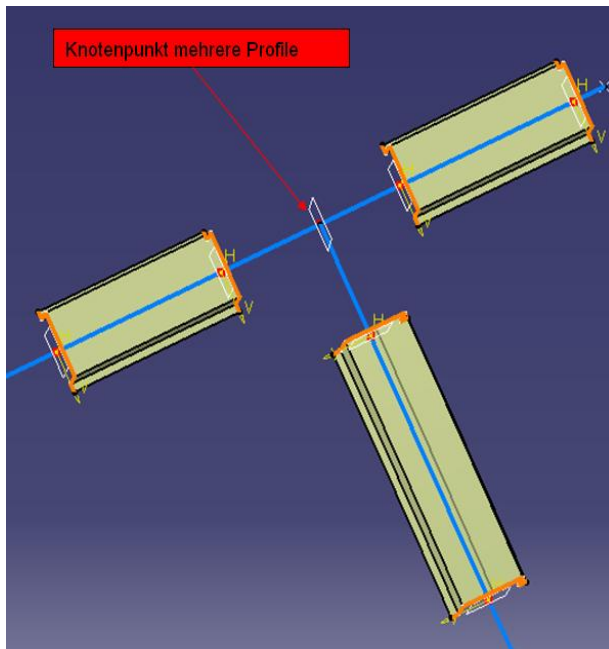


Abbildung 100: Übergangsfläche zwischen Profilen erstellen (1/3)

In der Funktion „Zusammenführen“ können mehrere Profile ausgewählt werden und es wird eine Übergangsfläche erstellt. Wenn vorhanden, können auch spezifische Übergangskurven oder Verbindungspunkte ausgewählt werden. Dadurch ist es möglich, auch unterschiedliche Profile mit einer Übergangsfläche zu verbinden (vergleiche Kapitel 6.1.1.4 Verbindungszuordnungen - Coupling).

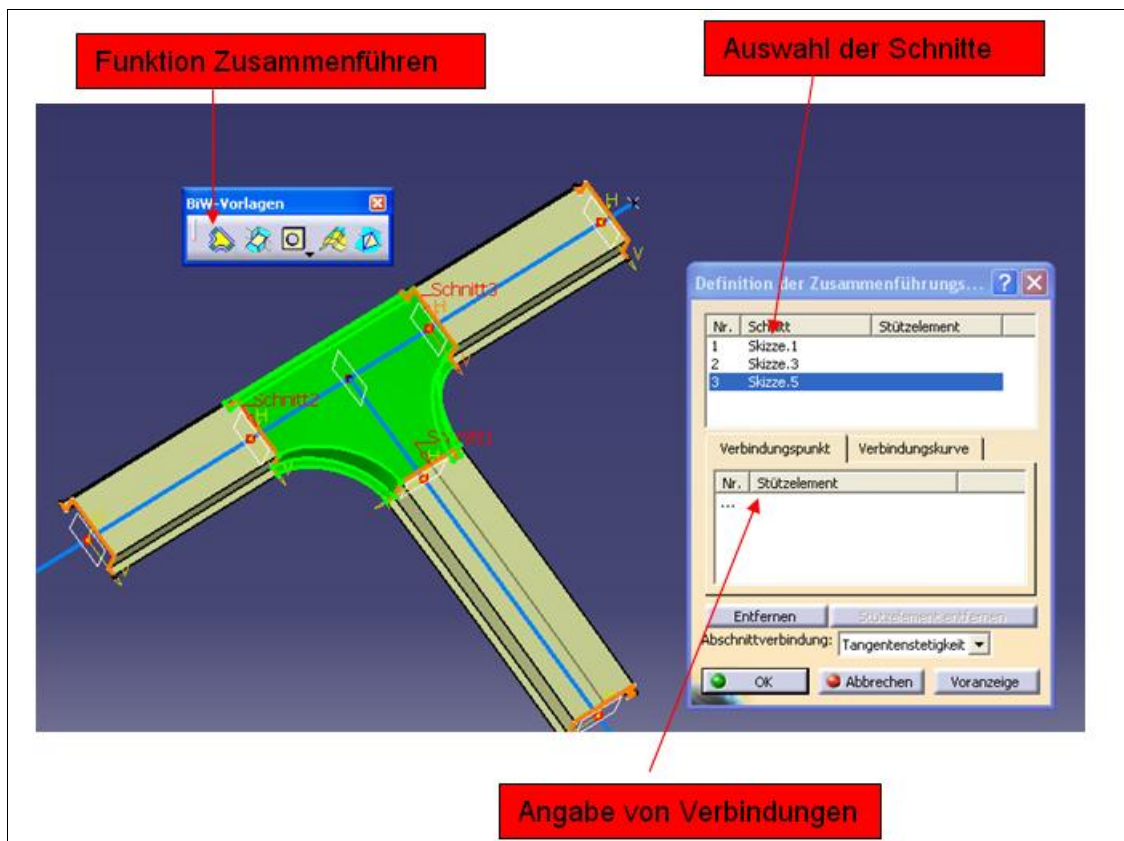


Abbildung 101: Übergangsfläche zwischen Profilen erstellen (2/3)

Es können auch mehr als drei Schnitte ausgewählt werden

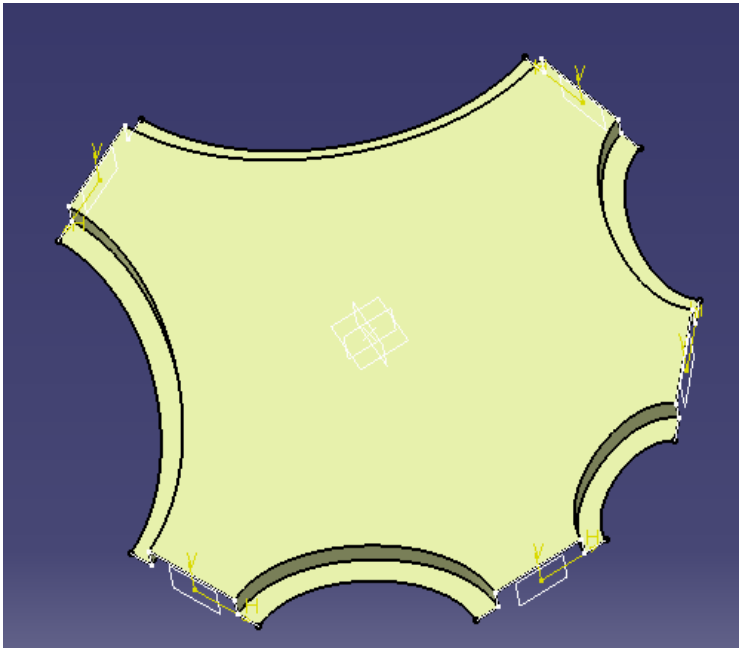


Abbildung 102: Übergangsfläche zwischen Profilen erstellen (3/3)

### 6.1.3.3 Verwendung bereits vorhandener Schnitte

Wurde eine Skizze erstellt und soll diese auch an anderer Stelle verwendet werden, so ist dies sehr leicht möglich, sofern mit einer positionierten Skizze gearbeitet wurde. Die Vorgehensweise sieht wie folgt aus:

- Erstellen einer positionierten Skizze

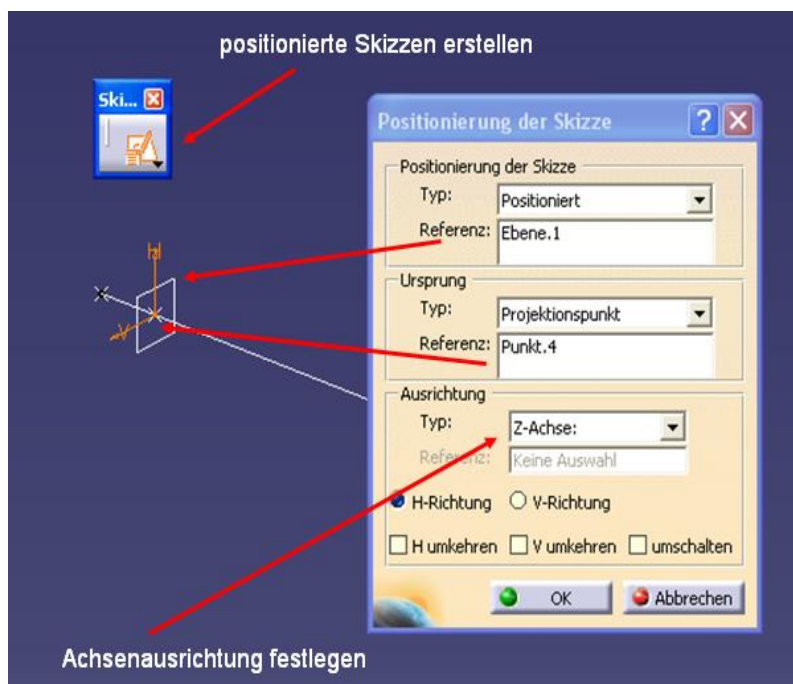


Abbildung 103: Vorhandene Skizze verwenden (1/5)



- Skizze kopieren (Skizze im Baum auswählen, rechte Maustaste drücken und die Funktion „Kopieren“ auswählen)

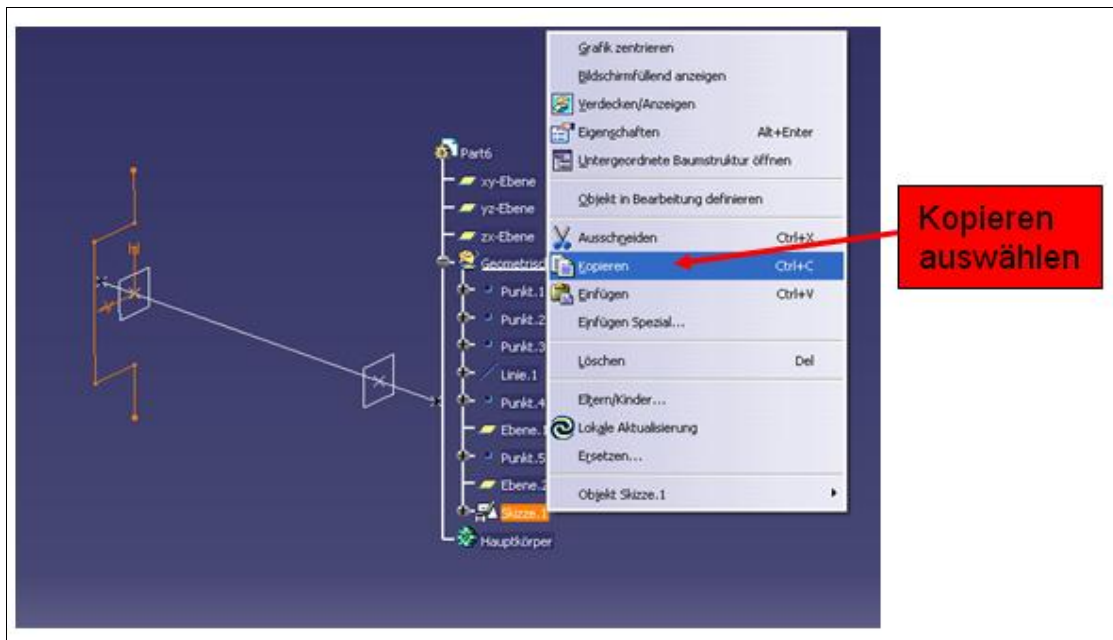


Abbildung 104: Vorhandene Skizze verwenden (2/5)

- Einfügen der Skizze. (Geometrisches Set auswählen, rechte Maustaste drücken und die Funktion „Einfügen“ auswählen). An dieser Stelle muss entschieden werden, welche Art von Skizze verwendet werden soll. Es besteht die Möglichkeit, eine Skizze „normal“ einzufügen. Dann erhält man eine vollkommen eigenständige und unabhängige Skizze. Beim Einfügen mit der Option „Einfügen Spezial – als Ergebnis mit Verknüpfung“ besteht eine Abhängigkeit zur Ausgangsskizze. Alle Änderungen der Ausgangsskizze werden automatisch auch in der neuen Skizze ausgeführt.

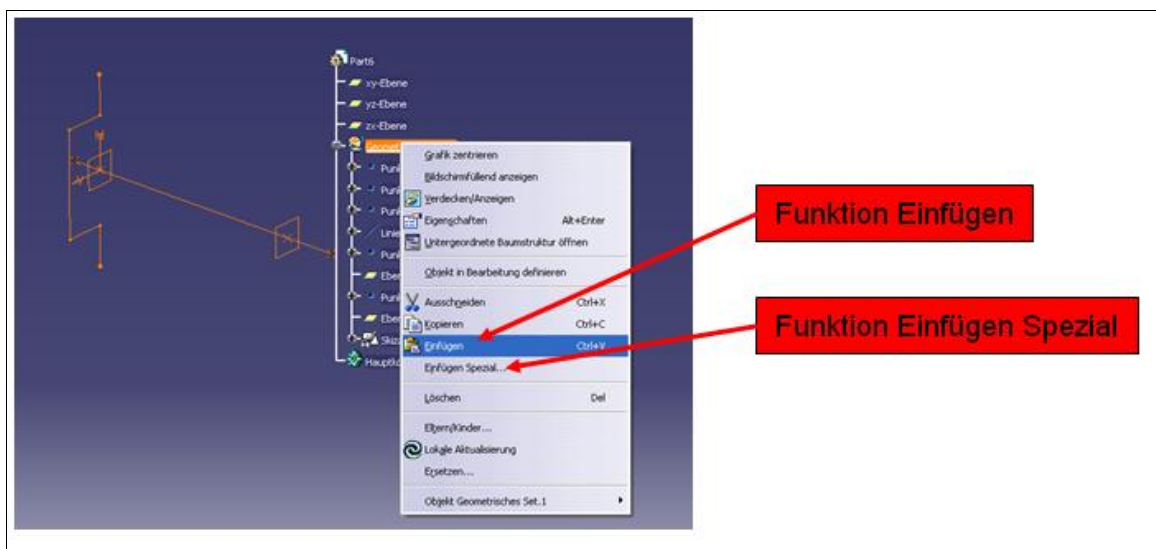


Abbildung 105: Vorhandene Skizze verwenden (3/5)

- Stützelement für Skizze ändern. Die Skizze liegt nun über der Ausgangsskizze. Um die Position zu ändern, müssen die Referenzen geändert werden. (Skizze im Baum auswählen, rechte Maustaste drücken und Funktion „Stützelement für Skizze ändern“ auswählen und neue Referenzen angeben.)

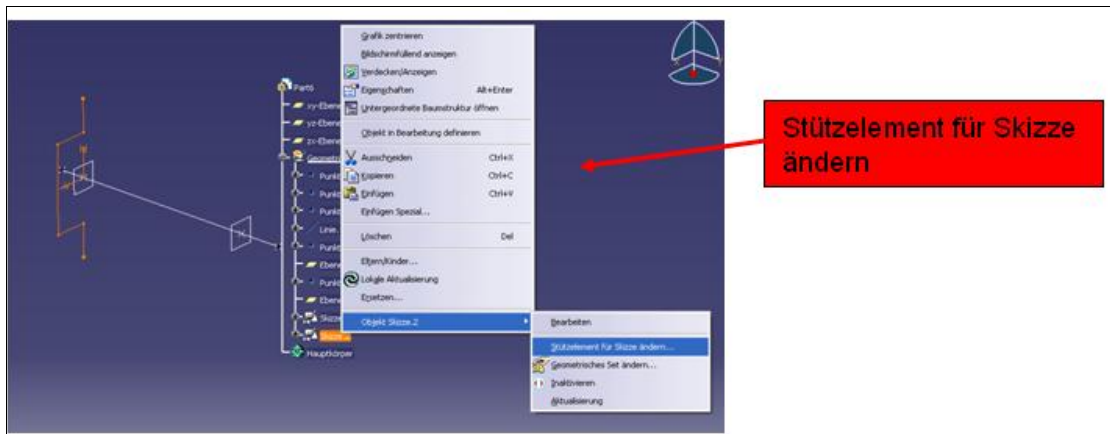


Abbildung 106: Vorhandene Skizze verwenden (4/5)

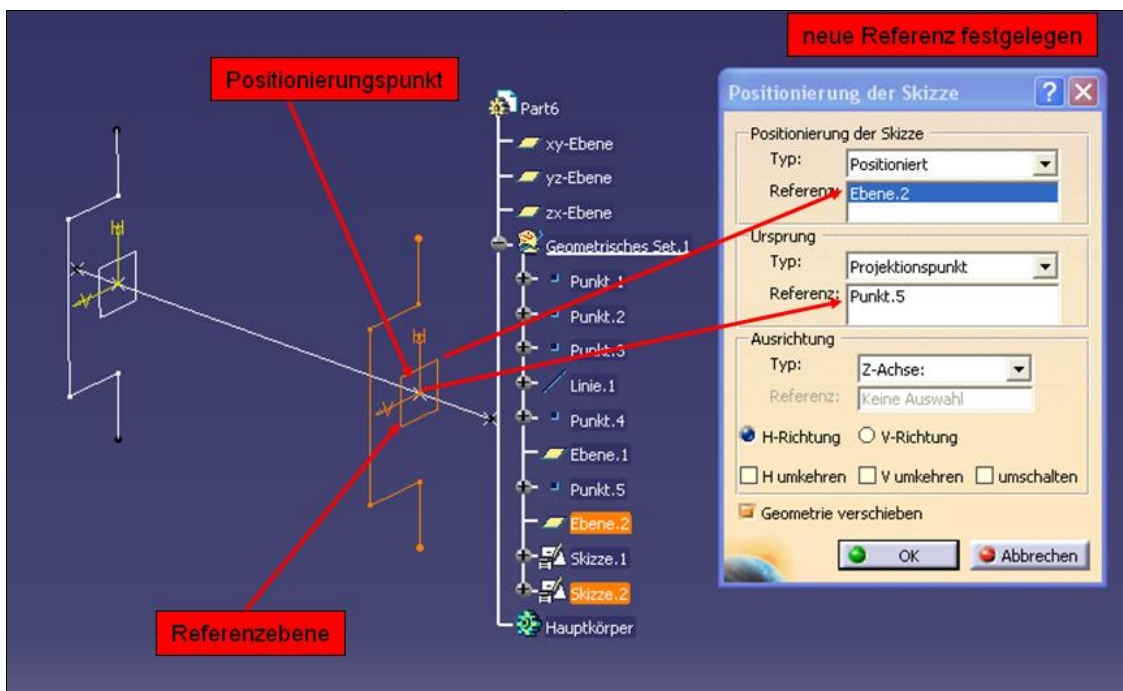


Abbildung 107: Vorhandene Skizze verwenden (5/5)

- Wenn gewünscht, können nun Änderungen an der Skizze vorgenommen werden.

#### 6.1.3.4 Drehen von Schnitten

Um einen Schnitt in einer Ebenen drehen zu können erstellt man eine Linie mit einem Winkel (Abbildung 108). An dieser Linie wird das Achsenkreuz ausgerichtet.

- Erstellung einer Linie mit einem Winkel (Referenz z.B. Z-Achse).

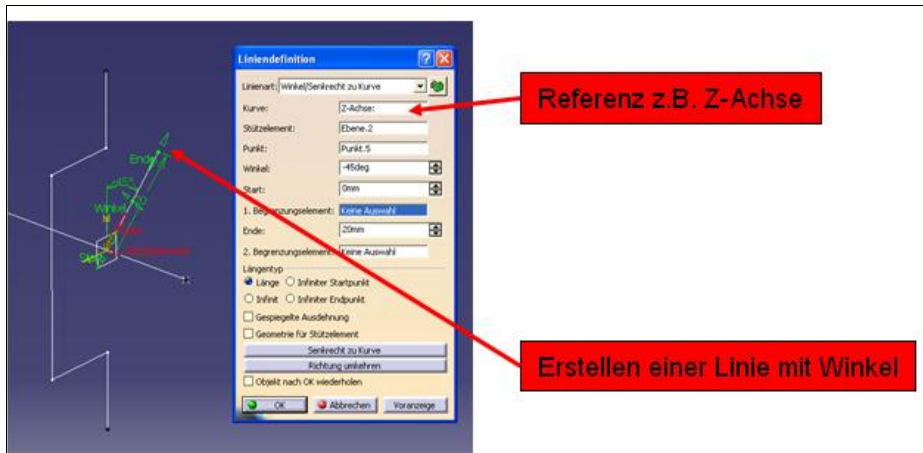


Abbildung 108: Drehen von Schnitten (1/3)

- Die positionierte Skizze wird nun an der Linie ausgerichtet.



Abbildung 109: Drehung von Schnitten (2/3)

- Durch Änderung des Winkels in der Liniendefinition kann die Skizze dynamisch gedreht werden

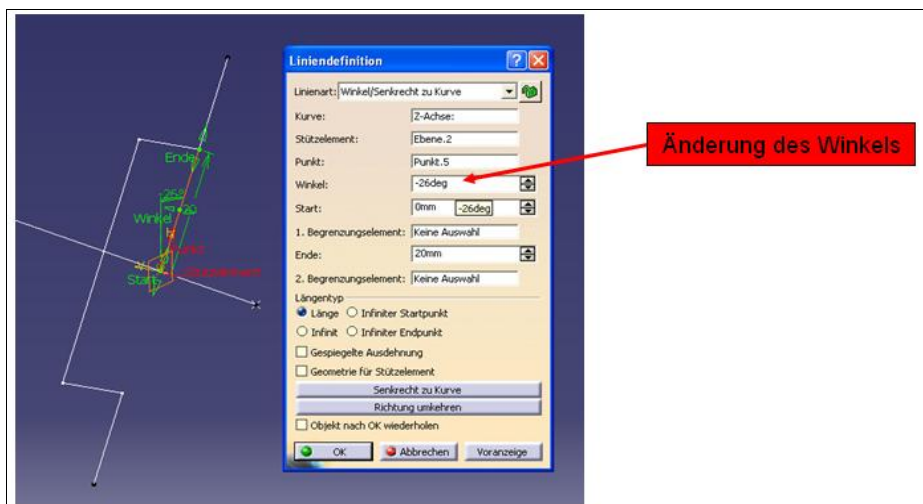


Abbildung 110: Drehen von Schnitten (3/3)

### 6.1.3.5 Ohne definierte Maße arbeiten

In Catia V5 besteht auch die Möglichkeit, Flächen ohne genaue Maßangabe zu erstellen. Als Ersatz für die Maßangabe wird ein Referenzelement verwendet. Catia stellt in mehreren Funktionen die Option „bis Element“ zur Verfügung. Ändert sich das Referenzelement z.B. durch die Funktion „Ersetzen“ oder durch eine Umdefinition des Elements, ändern sich auch automatisch die Länge und der Beschnitt des Profils.

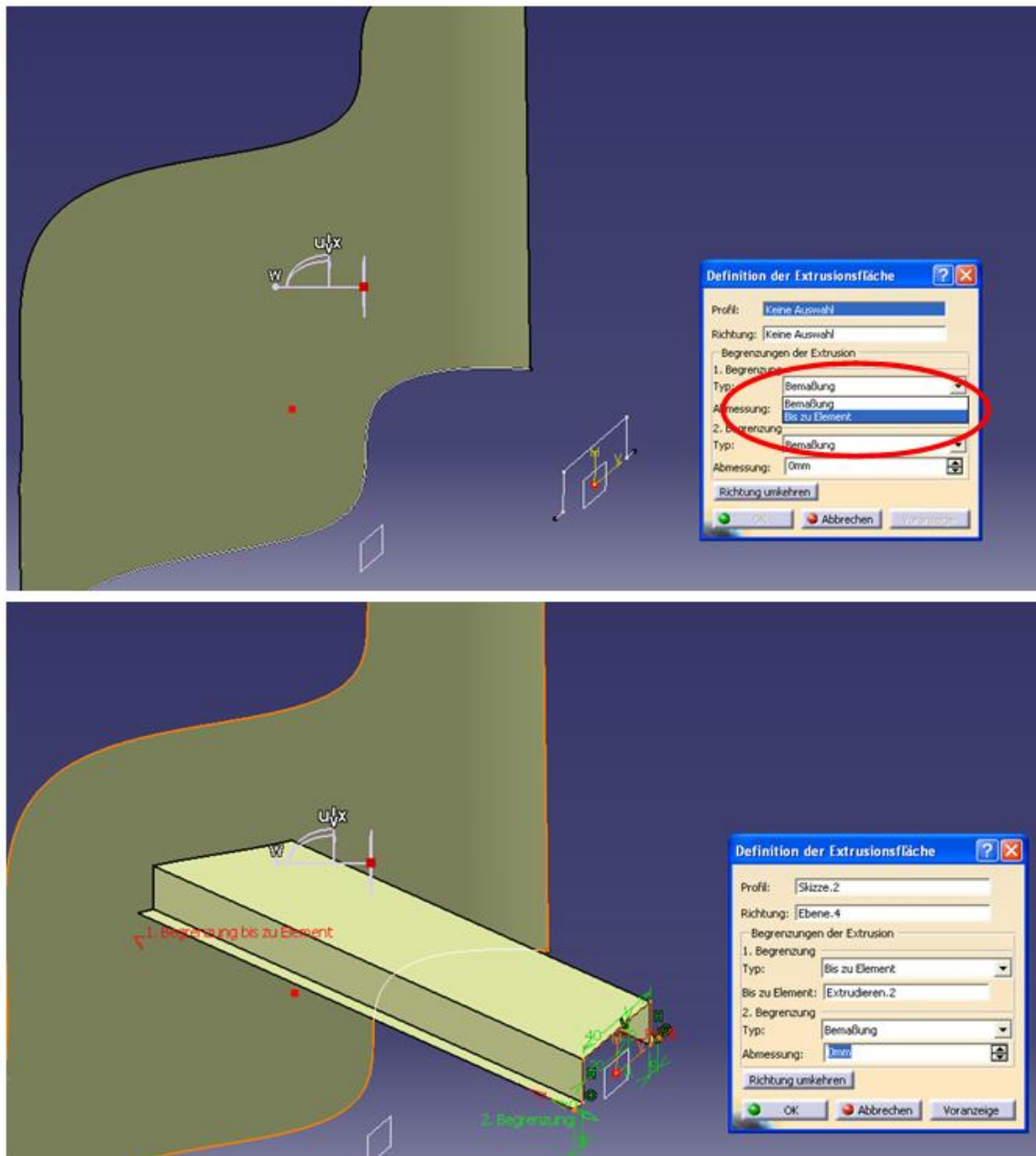


Abbildung 111: Ohne definierte Maße arbeiten

### 6.1.3.6 Beispiel Tunnelblech

Beispielhaft für das Arbeiten mit Schnitten wird die Erstellung eines Mitteltunnelblechs detailliert besprochen.

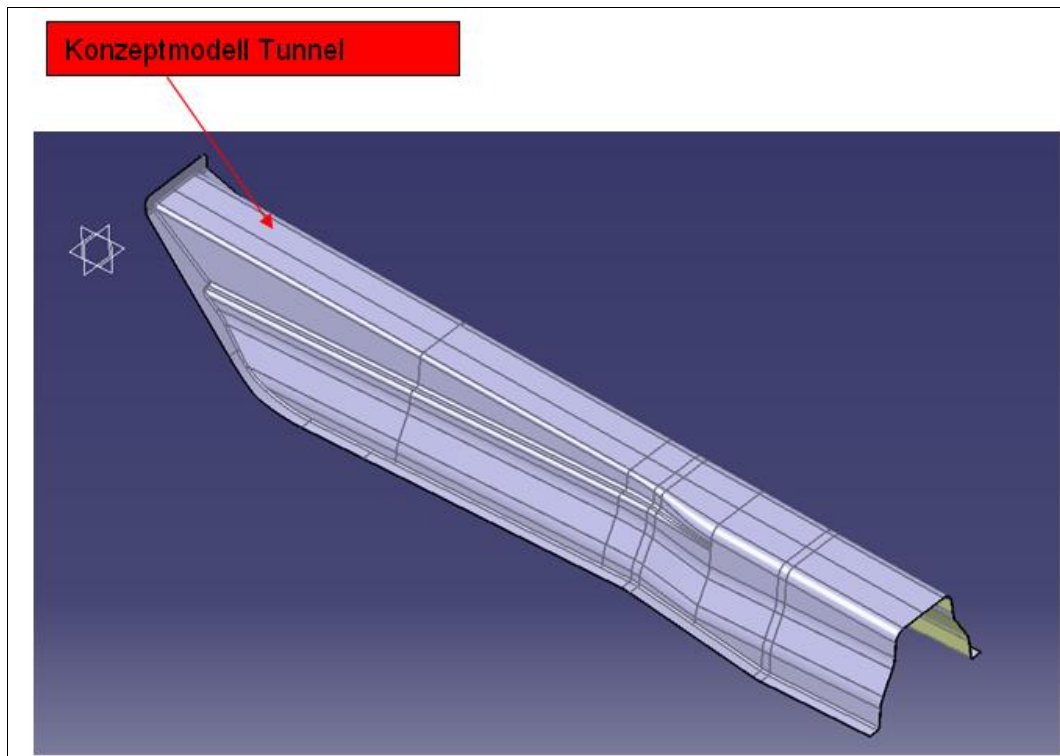


Abbildung 112: Konzeptmodell Mitteltunnel

#### 6.1.4 Modellentstehungsablauf

- Erstellung einer Leitkurve.
- Unterteilung der Leitkurve in Teilbereiche durch Punktdefinitionen.
- An den Punkten werden Normalebene zur Leitkurve erstellt.

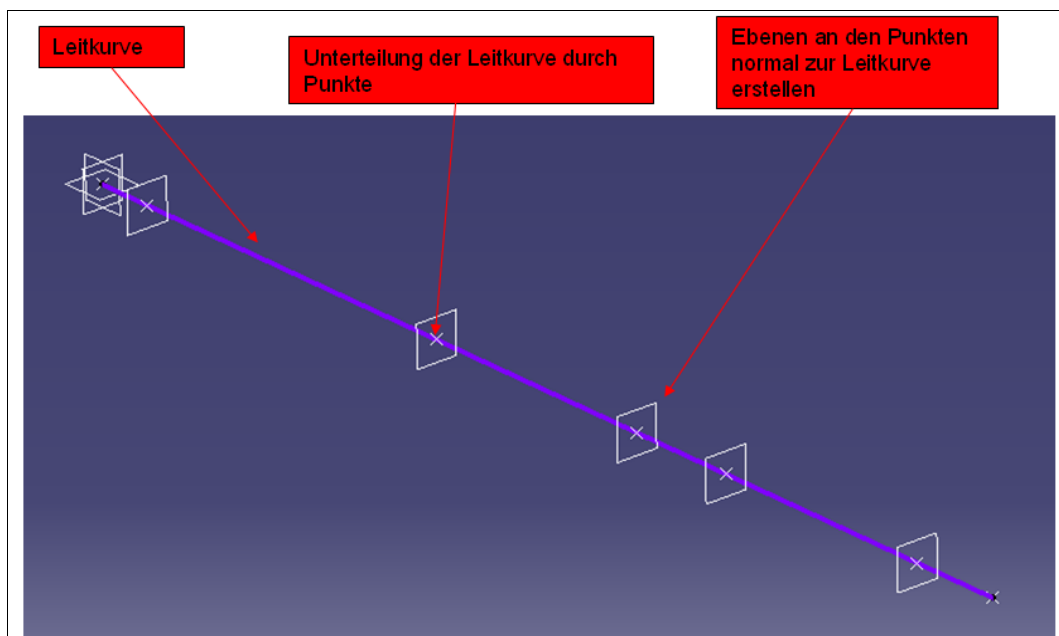


Abbildung 113: Modellentstehungsablauf Tunnel (1/8)

- Erstellung der Hauptführungskurve



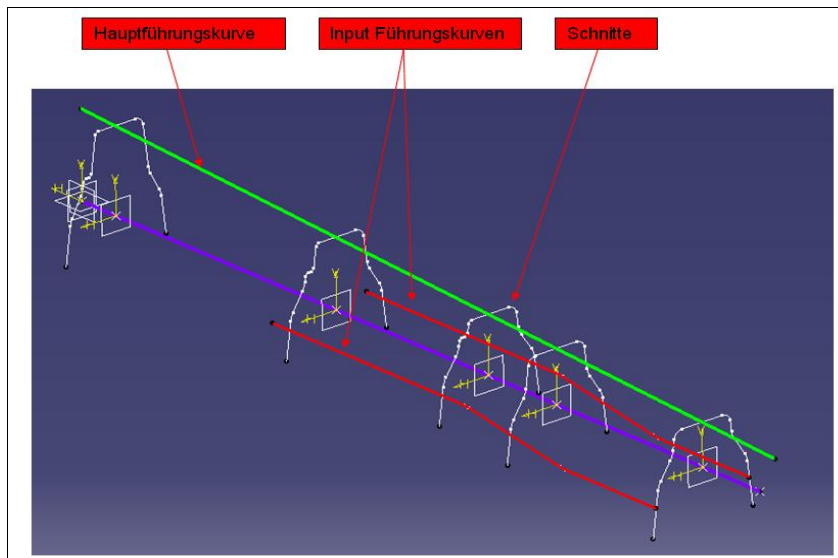


Abbildung 116: Modellentstehungsablauf Tunnel (4/8)

- Definition der Hilfsführungskurven, Verbindungszuordnungen und Erstellung der Teilflächen. (Es ist zu beachten, dass durch Löschen einer Fläche sämtliche Verbindungszuordnungen verloren gehen und diese neu zu erstellen sind.)

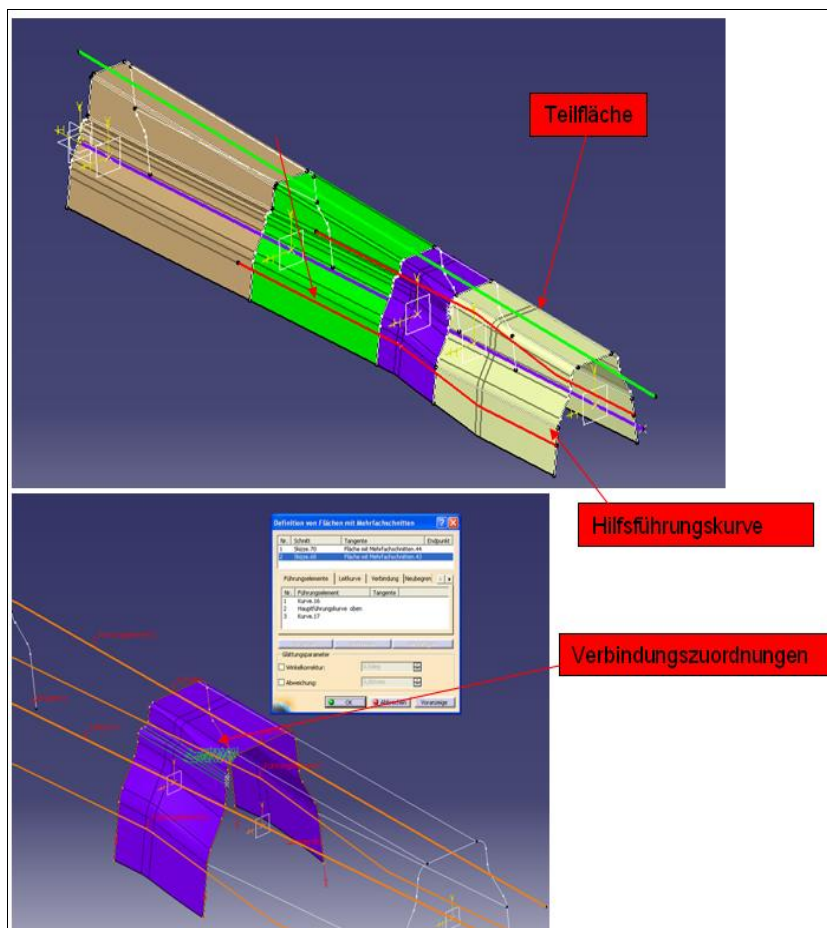


Abbildung 117: Modellentstehungsablauf Tunnel (5/8)

Der Erstellungsablauf wurde wie folgt gewählt: Zuerst wurden der Teilbereich 1 und der Teilbereich 3 erstellt. Danach der Teilbereich 2, der eine Übergangsfläche darstellt. Als letztes wurde der Teilbereich 4 erstellt. Mit dieser Vorgangsweise kann eine tangentialstetige Konstruktion in einem Arbeitsschritt erreicht werden. Die Teilbereiche 1 und 3 sind unabhängige Teilbereiche, der Teilbereich 2 wird mittels Tangentialstetigkeit mit den Teilbereichen 1 und 3 verbunden. Als letzter Teil wird der Teilbereich 4 mit dem Teilbereich 3 tangentialstetig verbunden.

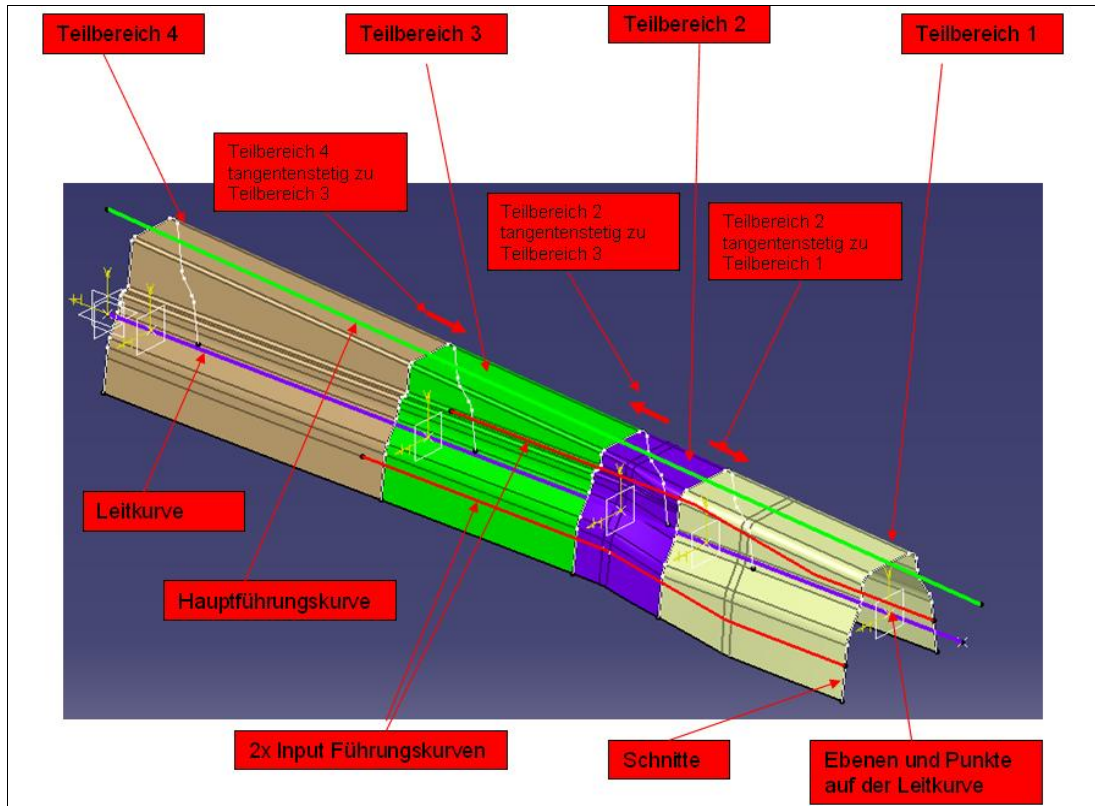


Abbildung 118: Modellentstehungsablauf Tunnel (6/8)

- Verrundung mit Flanschfläche durchführen.

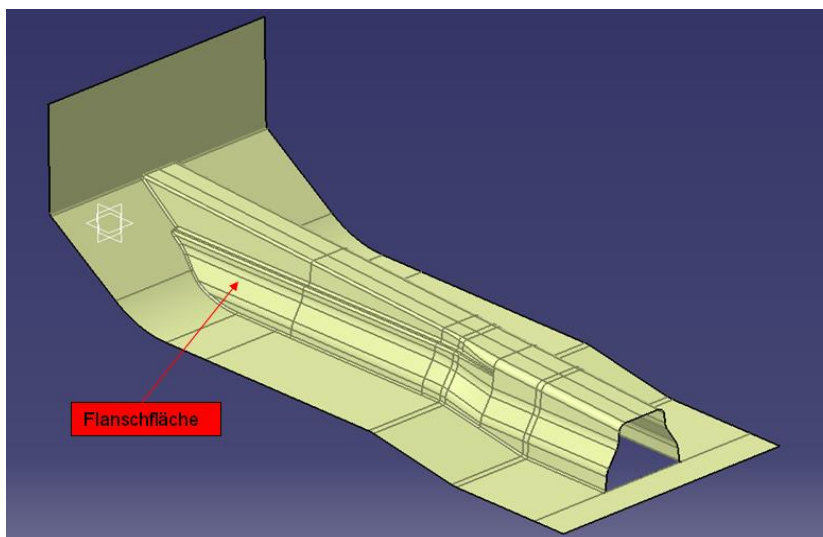


Abbildung 119: Modellentstehungsablauf Tunnel (7/8)



- Beschnitt durchführen und mit der Funktion „Aufmaßfläche“ die Wandstärke hinzufügen.

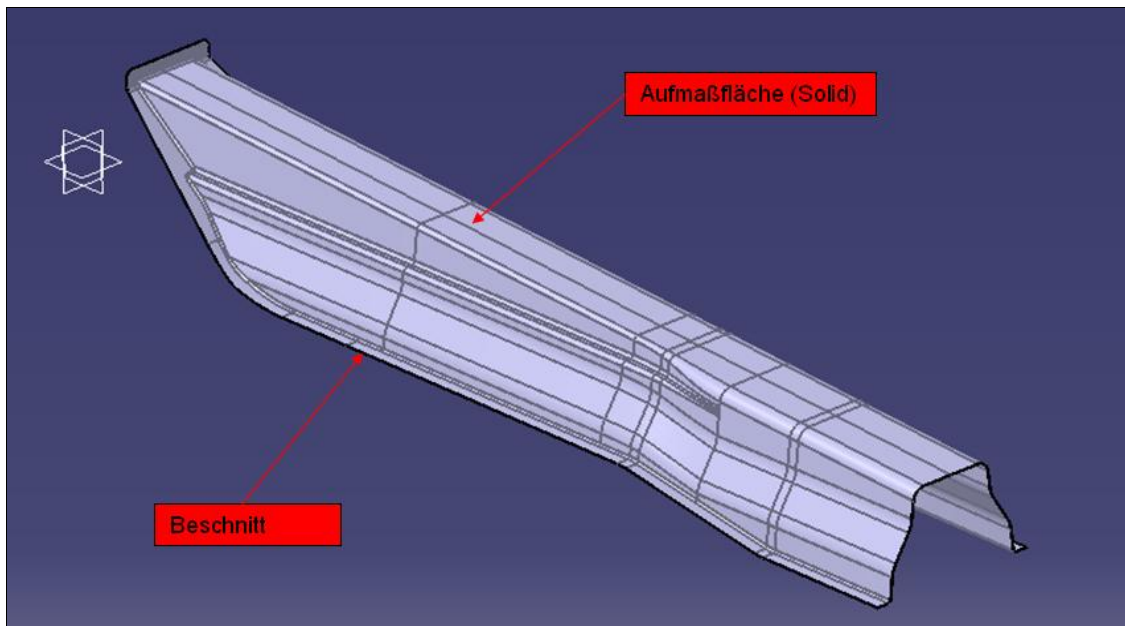


Abbildung 120: Modellentstehungsablauf Tunnel (8/8)

## 6.2 Arbeiten mit dem Kompass

In diesem Kapitel wird im Rahmen der Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“ eine Arbeitsweise mit dem Kompass beschrieben.




<b>Hauptfunktionen</b>	
	<b>Kompass als Hauptmanipulator</b>
	<b>Funktion Point</b>
	<b>Funktion Spline</b>
	<b>Funktion Fill</b>

Abbildung 121: Hauptfunktionen für die Arbeitsweise mit dem Kompass

Die Hauptfunktionen dieser Arbeitsweise sind der Kompass als Hauptmanipulator, die Funktionen Point, Spline und Fill. Diese Arbeitsweise bietet sich auch in Bereichen an, in welchen die Arbeit mit Schnitten als nicht geeignet erscheint.

## 6.2.1 Grundlegendes zum Arbeiten mit dem Kompass

### 6.2.1.1 Eingabefenster Kompass

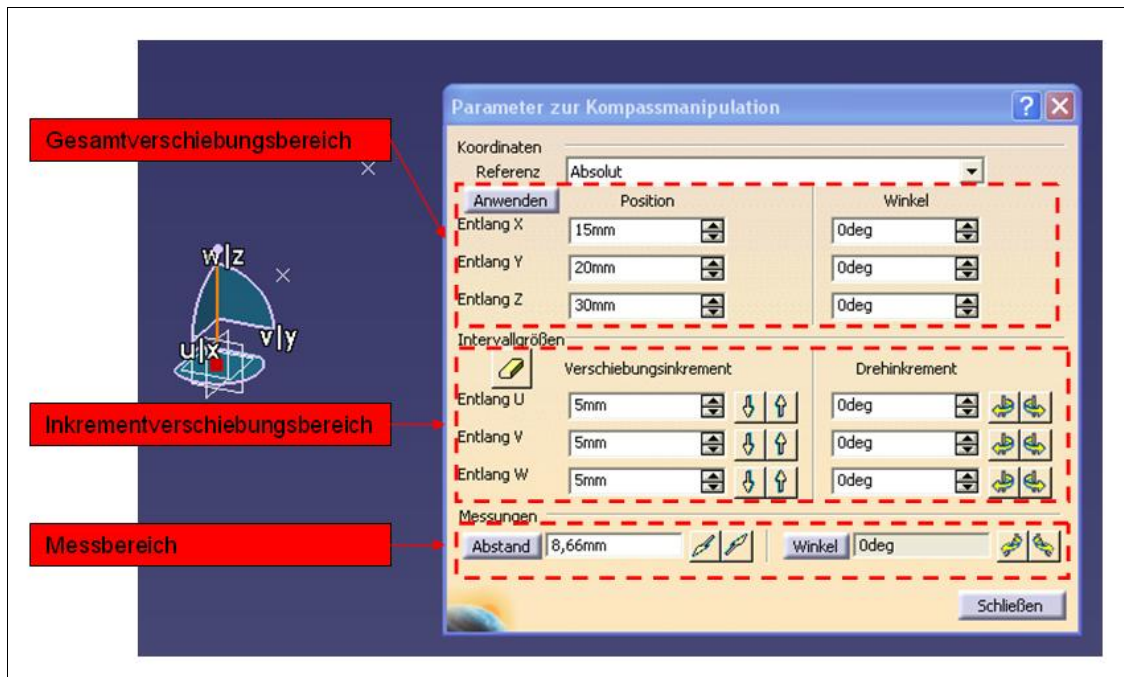


Abbildung 122: Eingabefenster Kompass

Bei Auswahl des Kompasses durch einen Doppelklick mit der linken Maustaste öffnet sich ein Eingabefenster für den Kompass. Bei Eingaben im Gesamtverschiebungsbereich und Drücken der Taste „Anwenden“ erfolgt eine gesamthafte Verschiebung in allen drei Dimensionen. Im Inkrementverschiebungsbereich erfolgt durch Drücken der „Steuerpfeile“ eine definierte Verschiebung in nur einer Raumrichtung. Die Werte im Inkrementbereich sind auch für die Manipulation des Kompasses mit der Maustaste entscheidend. Der Kompass kann mit der Maus nur in der eingestellten Schrittweite bewegt werden. Im unteren Bereich des Eingabefensters befindet sich eine Messfunktion. Wird eine Messung ausgeführt, werden die einzelnen Komponenten der Messung direkt in den Inkrementmessbereich übernommen. Es kann so eine direkte Verschiebung auf Basis des Messwertes durchgeführt werden.

Die beschriebene Funktionalität gilt sinngemäß in gleicher Weise für Winkelbewegungen.

### 6.2.1.2 Ausrichtung Kompass

Bei Auswahl des Kompasses durch Drücken der rechten Maustaste öffnet sich ein Dialogfenster, in dem Einstellungen bezüglich der bevorzugten Ausrichtung vorgenommen werden können.

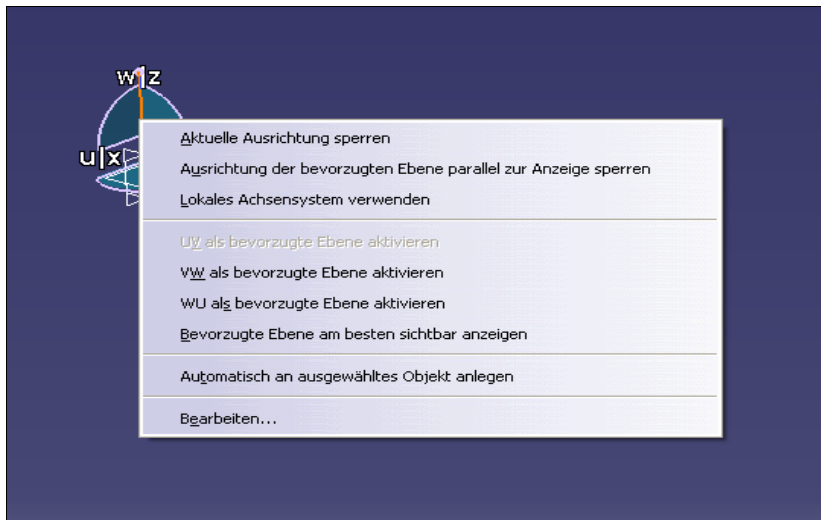


Abbildung 123: Ausrichtung Kompass

In diesem Dialogfenster kann die aktuelle Ausrichtung des Kompasses gesperrt bzw. können definierte Ausrichtungen festgelegt werden.

### 6.2.1.3 Bewegung des Kompasses mit der Maus

Standardmäßig befindet sich der Kompass in der rechten oberen Ecke des Bildschirms. Über den „roten Punkt“ kann der Kompass mit dem Mauszeiger angefasst und frei im Raum bewegt werden. Danach kann man ihn an ein Element anlegen und so eine aktuelle Ausrichtung festlegen. Eine definierte Bewegung wird durch Anwahl einer Achse und Verschieben mit der Maus durchgeführt. Wie schon erwähnt ist der Kompass nur in dem vorhin eingestellten Intervall bewegbar. Um wieder eine Hauptachsenausrichtung zu erreichen, kann der Kompass über das in der rechten unteren Ecke des Bildschirms befindlichen Hauptachsensystems bewegt werden.

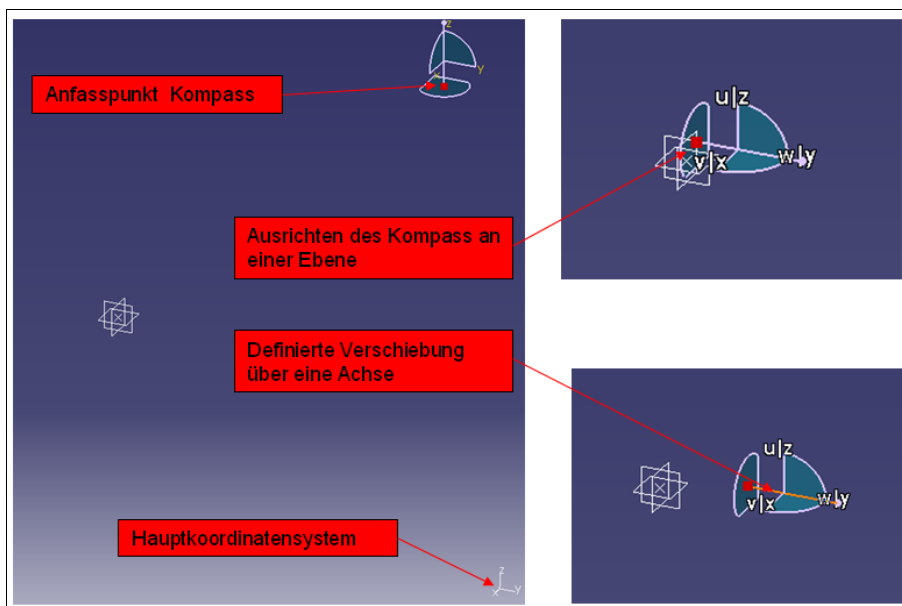


Abbildung 124: Bewegen des Kompasses mit der Maus

### 6.2.1.4 Erzeugung von Punkten mit dem Kompass

Punkte können sehr einfach und komfortabel mit dem Kompass erzeugt bzw. bewegt werden. Der Kompass wird im Raum positioniert bzw. auf einem Element ausgerichtet. Durch Auswahl der „Punktfunktion“ und Wählen der Schaltfläche „Kompassposition“ wird ein Punkt auf den aktuellen Koordinaten des Kompasses erstellt.

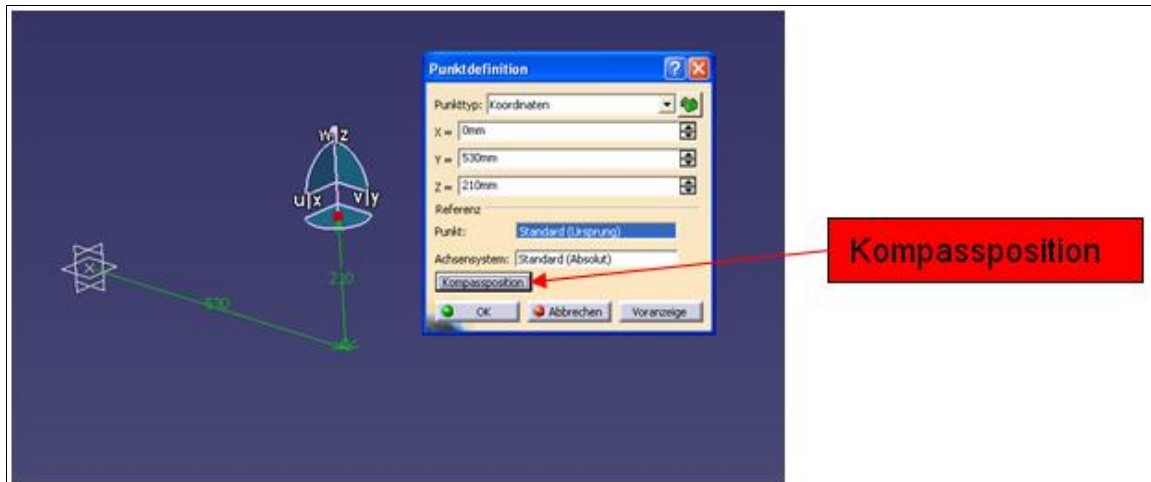


Abbildung 125: Punkterzeugung mit dem Kompass

Es können jederzeit bereits vorhandene Punkte durch „Umdefinieren“ auf die aktuelle Kompassposition gelegt werden.

### 6.2.1.5 Elemente mit dem Kompass bewegen

Mit dem Kompass können nur Elemente bewegt werden, die keine parametrische Definition haben (isoliert sind). Dieser Vorgang soll anhand einer Punktverschiebung dargestellt werden. Der Kompass wird im Raum positioniert. Dabei spielt es keine Rolle, wo sich der Kompass befindet. Durch Anwahl eines oder mehrerer Elemente (diese müssen isoliert sein) ändert der Kompass seine Farbe, er wird grün, und zeigt damit an, dass eine Bewegung nun möglich ist. Wird der Kompass bewegt, so wird das Element um dasselbe Maß, wie der Kompass bewegt wird, verschoben.

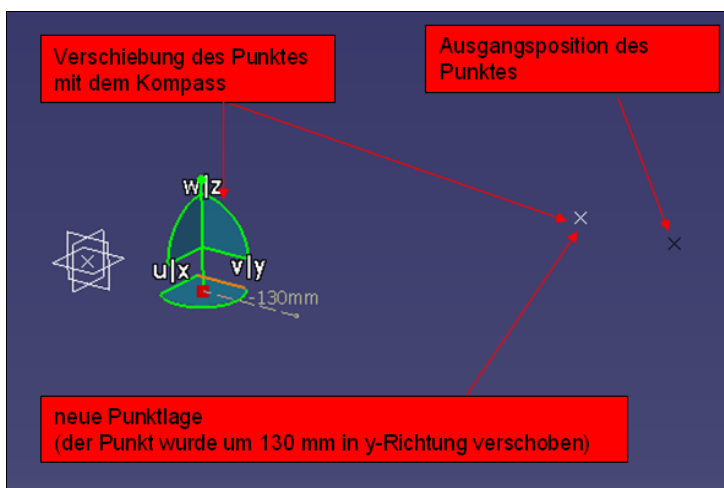


Abbildung 126: Punktverschiebung mit dem Kompass

Wird eine Konstruktion ausschließlich auf ein oder mehrere frei bewegliche Elemente referenziert, so kann die gesamte Konstruktion mit dem Kompass „frei“ im Raum bewegt werden.

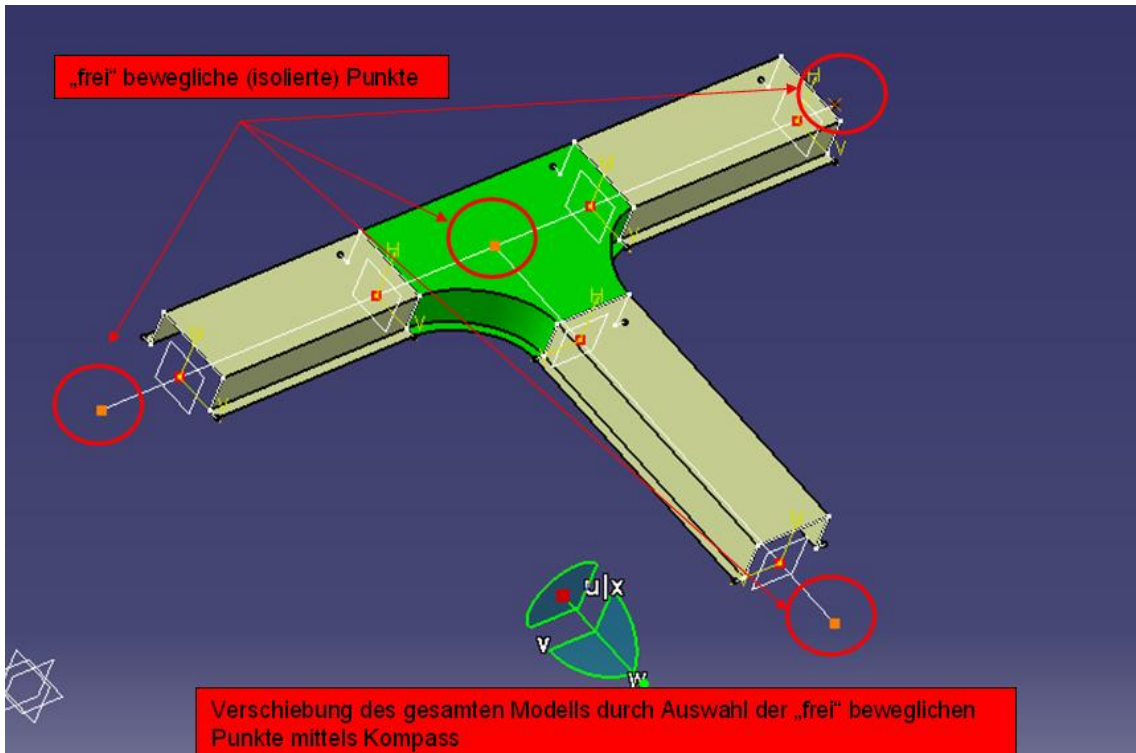


Abbildung 127: Bewegung eines gesamten Modells mit dem Kompass

### 6.2.1.6 Tangentenrichtung eines Splines mit dem Kompass erstellen

Wird eine Drahtgeometrie als Spline definiert, so kann mit dem Kompass eine Tangentenrichtung erstellt werden. Die Tangentenrichtung ist dabei die aktuelle Richtung der Z-Achse des Kompasses.

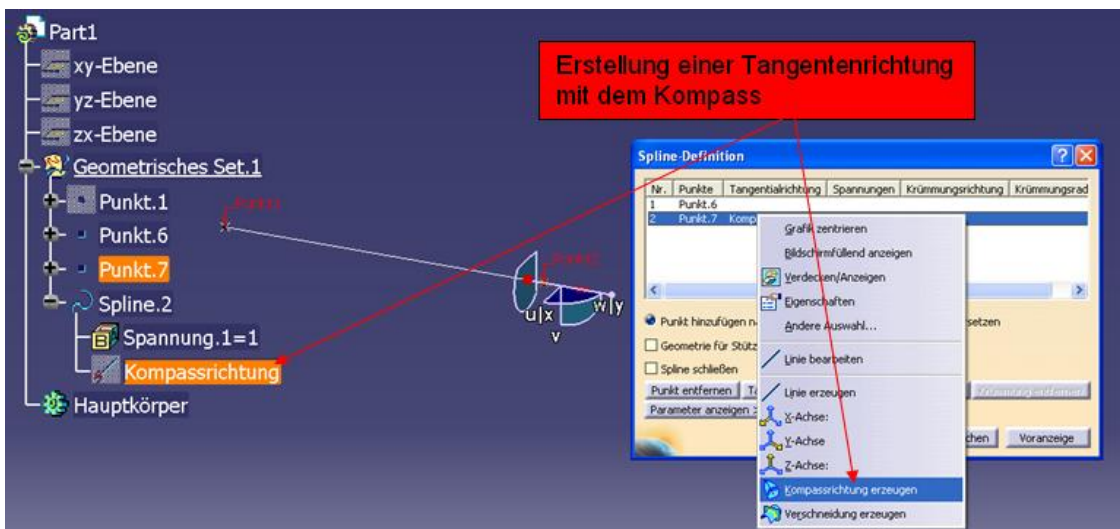


Abbildung 128: Erstellung einer Tangentenrichtung mit dem Kompass

Diese Tangentenrichtungen kann mit dem Kompass dynamisch verändert werden. Dazu wird im Strukturbaum die Kompassrichtung angewählt (der Kompass ändert die Farbe) und die gewünschte Richtung wird durch Drehen des Kompasses festgelegt.

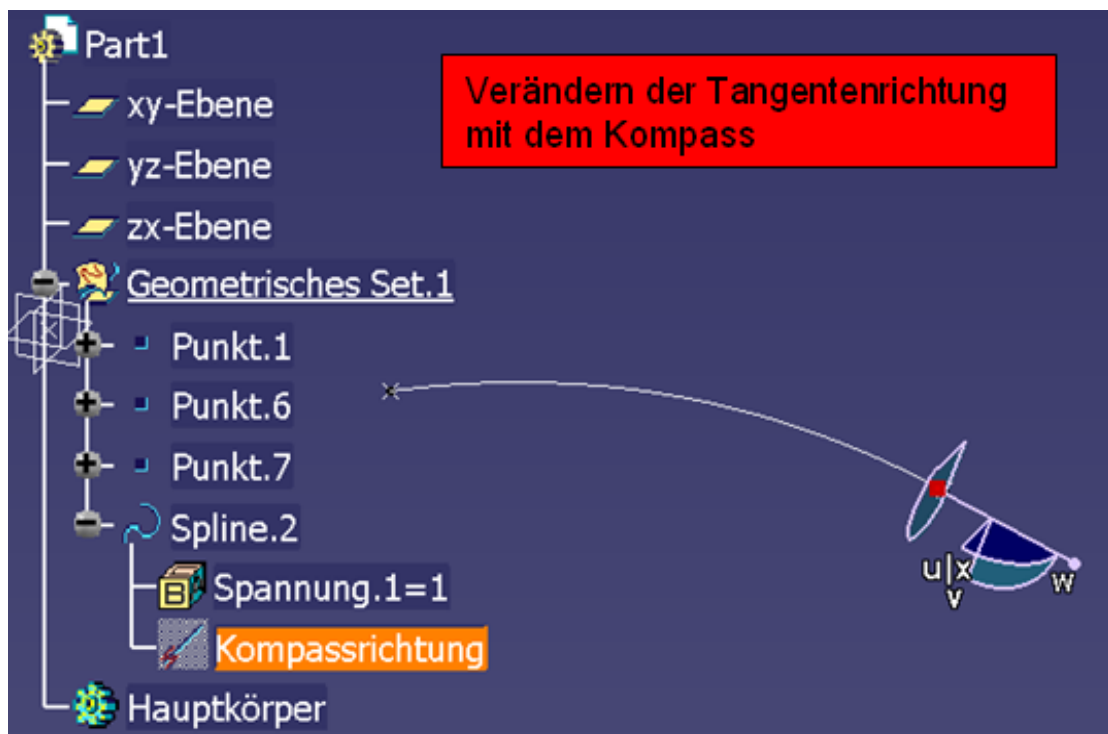


Abbildung 129: Verändern der Tangentenrichtung mit dem Kompass

## 6.2.2 Methodisches Vorgehen bei der Arbeit mit dem Kompass

Das methodische Vorgehen bei der Arbeit mit dem Kompass gestaltet sich sehr einfach.

- Erstellung von Punkten mit dem Kompass
- Verbinden der Punkte mit Splines
- ggf. Anpassen der Tangentenrichtungen der Splines
- Flächenerstellung auf Basis der Drahtgeometrie mit der Funktion „Fill“

Praktische Hilfsarbeitsweisen sind auch hier:

- Kopieren / Einfügen und anschließendes Verschieben von Elementen
- Arbeiten mit der Funktion „Ersetzen“

Die grundsätzliche Arbeitsweise wird nachfolgend anhand der Erstellung eines Fersenblechs beispielhaft dargestellt.

### 6.2.2.1 Beispiel: Konstruktion Fersenblech

Ausgangspunkt der Konstruktion sind ein vorhandenes Bodenteil und ein vorhandener Mitteltunnel. An diese beiden Teile soll ein Fersenblech mittels funktionaler Prinzipmodellmethodik ankonstruiert werden.

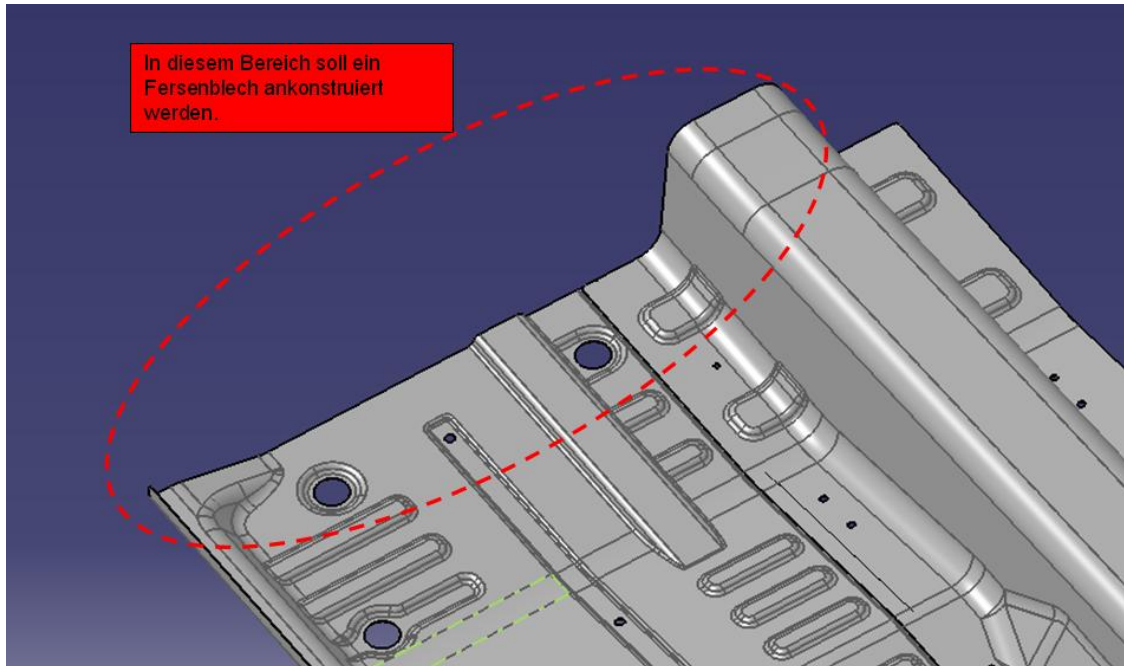


Abbildung 130: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (1/10)

Die Vorgehensweise wird nun stichwortartig beschrieben.

- Da nur eine hauptachsenparallele Ausrichtung des Kompasses erforderlich ist, wird diese gesperrt.

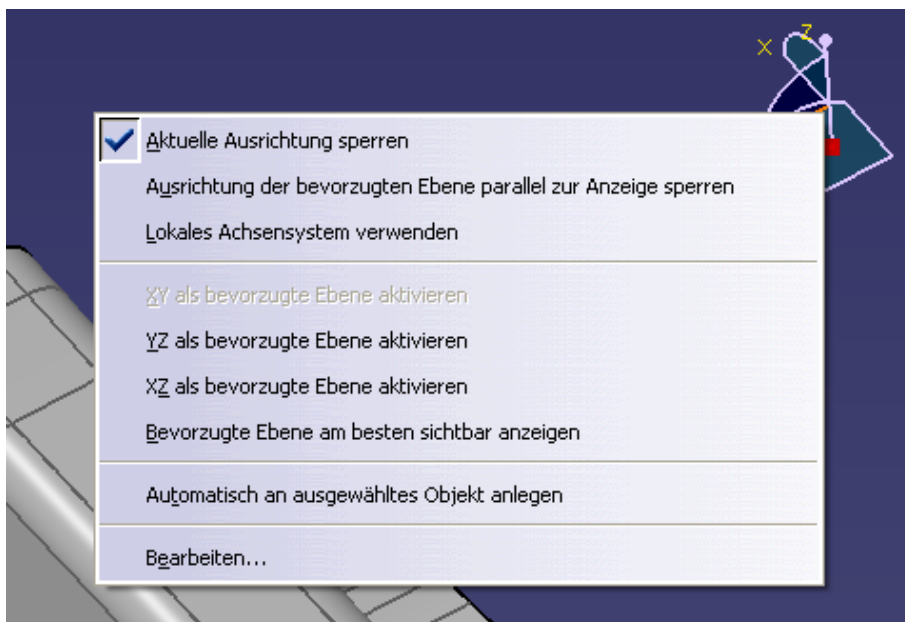


Abbildung 131: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (2/10)

- Aktivieren des „Datum Modes“, um isolierte Elemente zu erzeugen.



Abbildung 132: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (3/10)

- Der Kompass wird nun an allen relevanten Eckpunkten angelegt und jeweils ein Punkt erzeugt. Durch einen „Doppelklick“ auf die „Punktfunktion“ wird diese nach einer Punkterzeugung automatisch wieder aktiviert.

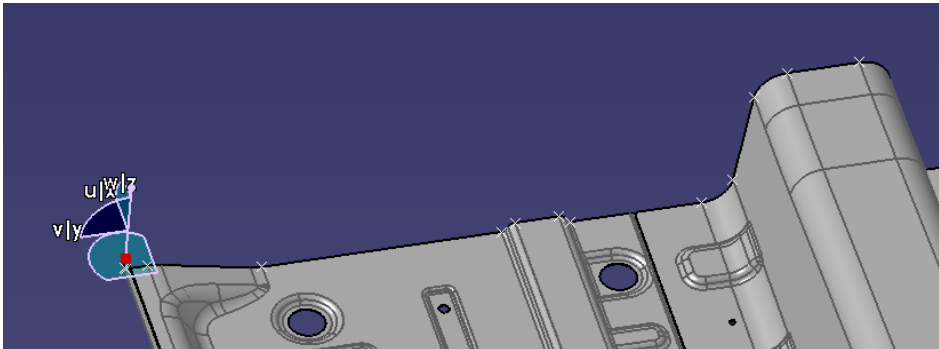
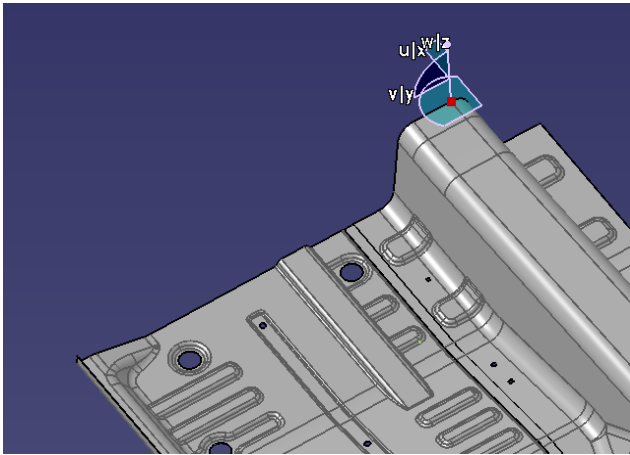


Abbildung 133: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (4/10)

- „Datum Mode wird ausgeschaltet“, um die Verbindungen der Punkte mit Splines zu erzeugen.

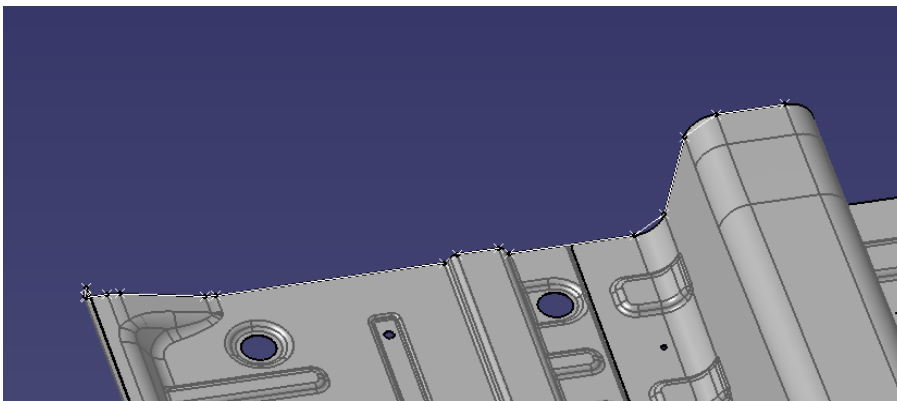


Abbildung 134: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (5/10)



- Durch Verschieben des Kompasses werden weitere Punkte (isoliert) erstellt. Hilfreich ist hierbei die Messfunktion bzw. das Eingabefenster des Kompasses mit der Inkrementalverschiebung. Um eine bessere Vorstellung zu erhalten, können zwischendurch immer wieder Verbindungssplines (nicht isoliert) erstellt werden.

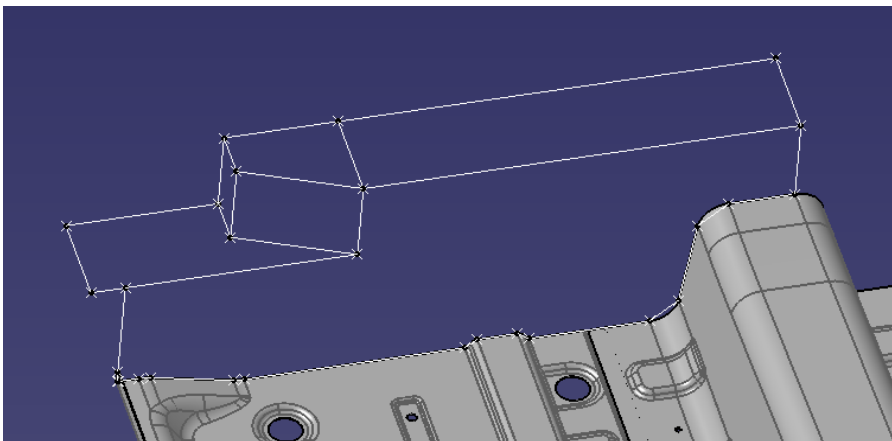
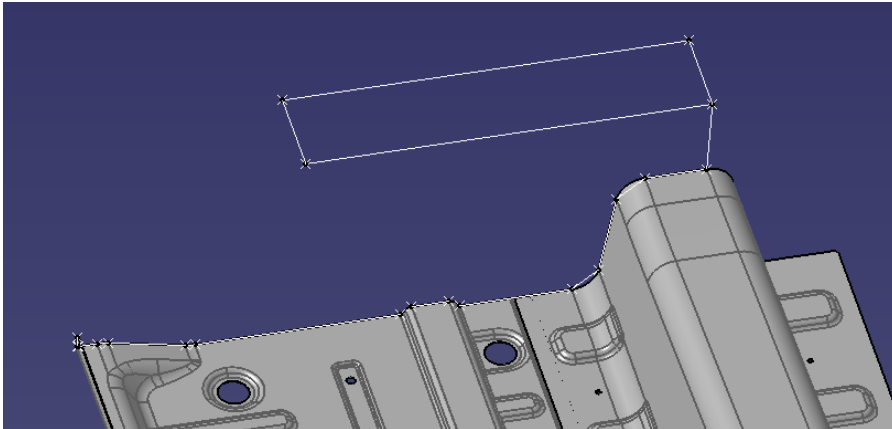


Abbildung 135: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (6/10)

- Die Flächenerstellung wird mit der „Fillfunktion“ unter Verwendung der vorhandenen Splines als Randkurven durchgeführt.

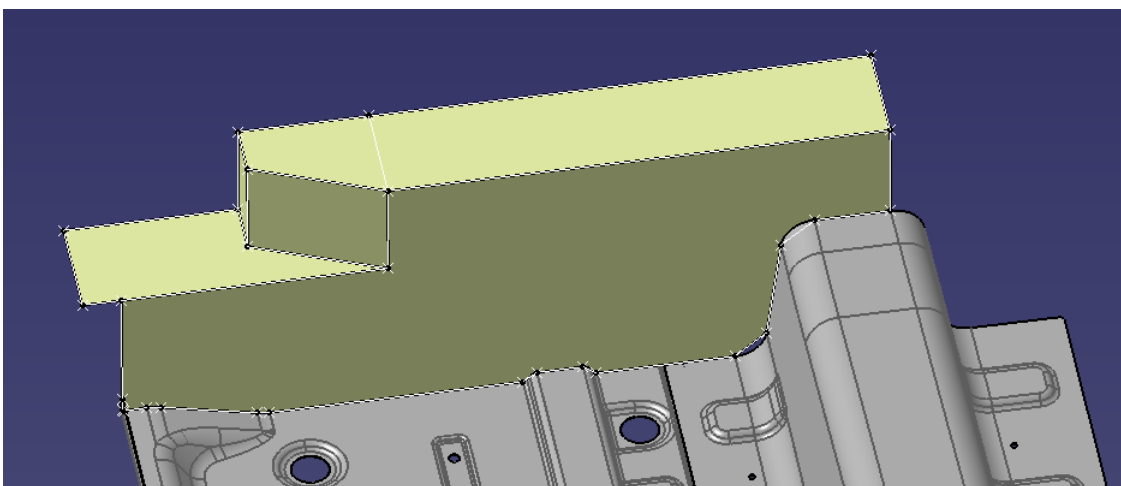


Abbildung 136: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (7/10)

- Für die Flanscherstellung werden alle relevanten Punkte kopiert, eingefügt und anschließend gesamthaft verschoben.

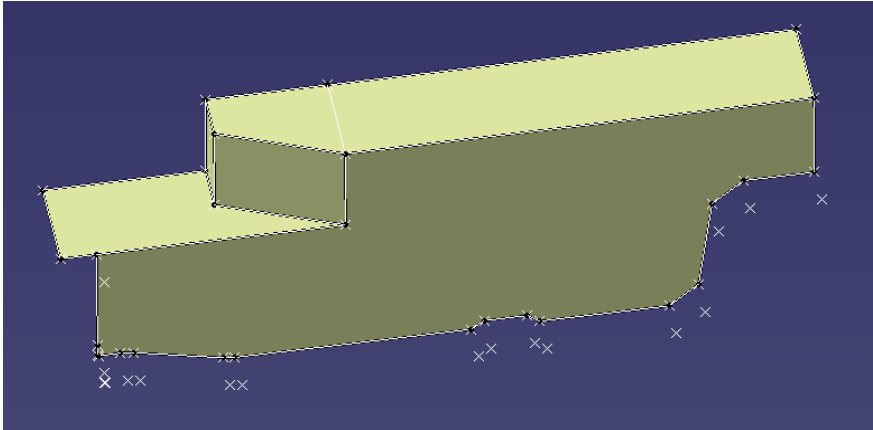


Abbildung 137: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (8/10)

- Erstellung der „Verbindungssplines“ und der „Fillflächen“

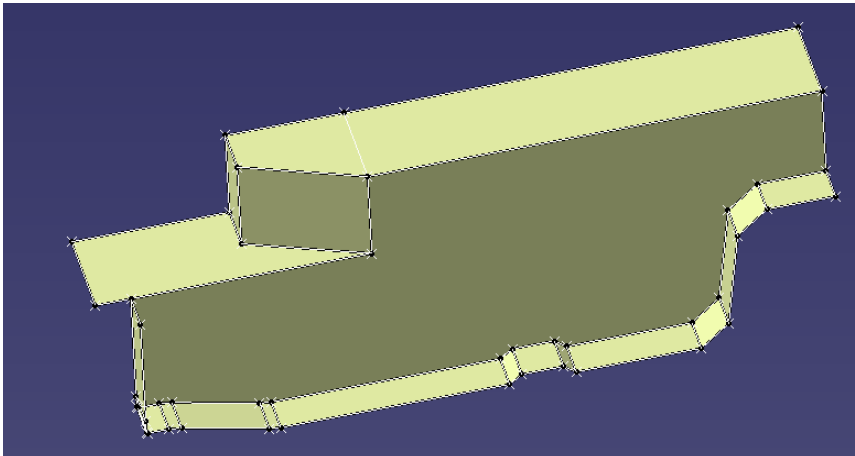


Abbildung 138: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (9/10)

- Durch Anpassen von Tangentenbedingungen und Verschieben einzelner Punkte kann das Modell verfeinert werden.

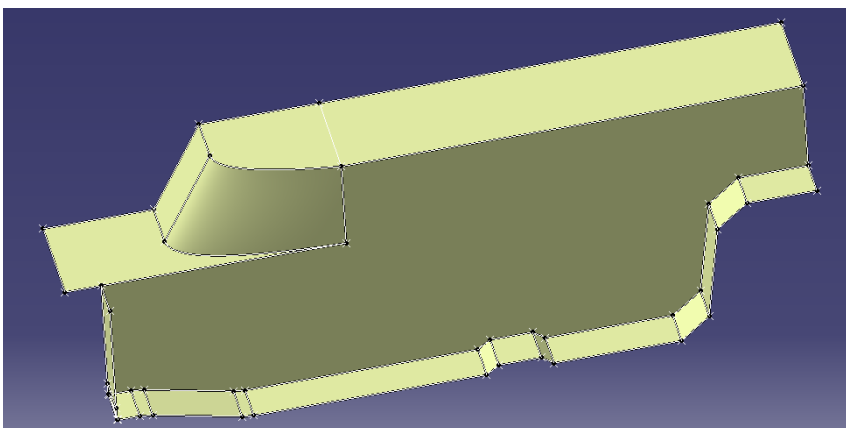


Abbildung 139: Beispiel funkt. Prinzipmodell - Fersenblech (10/10)

## 7 Arbeiten mit Basismodellen

In diesem Kapitel wird eine Arbeitsweise mit Basismodellen beschrieben. Ziel dieser Arbeitsweise ist es, den erheblichen Aufwand für eine parametrisch-assoziative Modellerstellung zu reduzieren, indem für Bauteile deren grundsätzlicher Aufbau immer gleich (oder zumindest ähnlich) ist, Basismodelle mit einer adaptierbaren Steuergeometrie erstellt und diese zentral in einer Bibliothek abgelegt werden. Diese Basismodelle stellen eine Grundgeometrie dar, welche an die jeweils gegebenen Randbedingungen angepasst werden kann. Diese Vorgehensweise hat einerseits den Vorteil, rasch eine erste Datenbasis zur Verfügung zu haben, und andererseits den Strukturierungsaufwand zu verringern, da im Modell bereits eine Grundstrukturierung vorhanden ist.

### 7.1 Grundlagen für die Erstellung von Basismodellen

Um ein möglichst flexibles und einfach anpassbares Basismodell zu erhalten, muss der Modellaufbau auf drei Ebenen erfolgen. Es werden:

- eine Referenzebene
- eine Funktionsebene
- und eine Strukturebene

benötigt.

Im nachfolgenden Bild ist dieser Sachverhalt graphisch dargestellt:

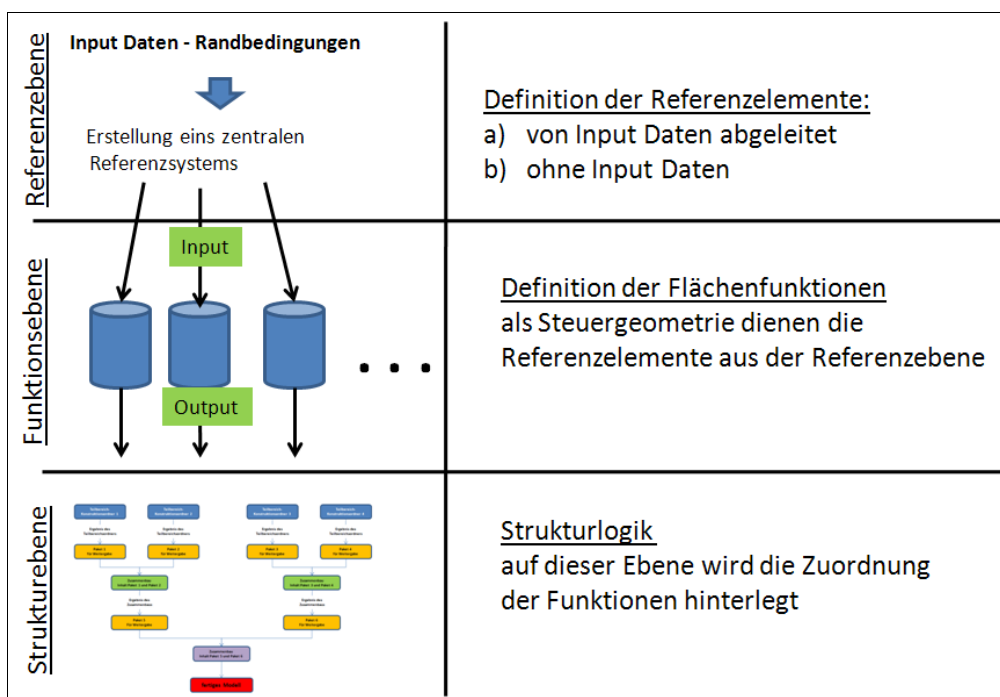


Abbildung 140: Aufbau logik Basismodell

Auf der Referenzebene erfolgt die Definition der Referenzelemente. Diese werden als Input für die Funktionsebene benötigt und definieren die Raumlage und teilweise die geometrische Gestalt der Funktionen. Hier ist zu unterscheiden, ob mit Inputdaten gearbeitet wird oder ob keine Inputdaten benötigt werden. Als Inputelemente können Linien, Kurven, Flächen,... dienen. Auf der Funktionsebene erfolgt die eigentliche Flächendefinition. Hier ist eine klare Strukturierung in unabhängige Teilbereiche notwendig. Wie schon erwähnt werden die einzelnen Funktionen durch die Referenzelemente gesteuert. Es ist also möglich, neutrale Funktionen aus Bibliotheken zu verwenden, die beim Einfügen automatisch angepasst werden. Auf der Strukturebene erfolgt der Zusammenbau der einzelnen Teilbereiche. Hier ist hinterlegt, wie die einzelnen Funktionen untereinander zusammengefügt werden.

### 7.1.1 Referenzebene

#### 7.1.1.1 Referenzebene mit Inputdaten

Empfehlenswert ist hier die ausschließliche Verwendung von Zentralreferenzen, um einen übersichtlichen und einfachen Austauschprozess des Referenzsystems zu gewährleisten (Abbildung 141).

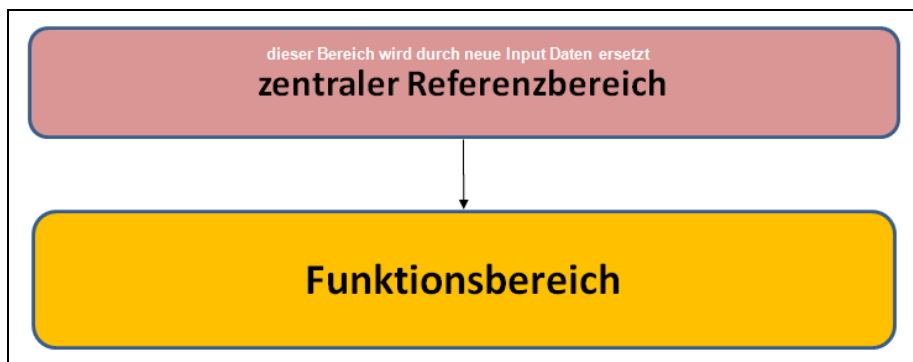


Abbildung 141: Zentraler Referenzbereich

Es können vier Arten von Referenzelementen unterschieden werden, die zur Anwendung kommen können.

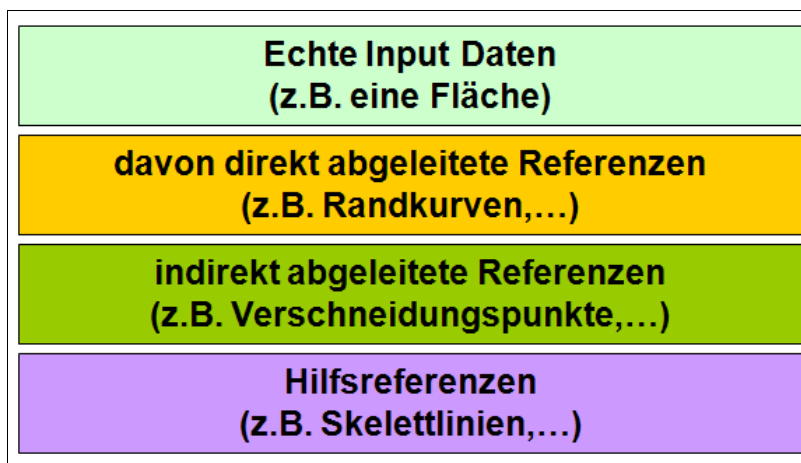


Abbildung 142: Darstellung der Abhängigkeitskette von Referenzen

„Echte“ Inputdaten sind Referenzen, die direkt ausgetauscht werden. Z.B. sollen Strakflächen durch eine aktuellere Version ersetzt oder gänzlich neue Strakflächen sollen verwendet werden. Die nachfolgenden Referenzen stehen in einer Abhängigkeitskette zu den „Echten“ Inputdaten und werden bei jedem Austauschvorgang entsprechend der aktuellen Verhältnisse neu aufgebaut. Beispielsweise können von den Strakflächen Randkurven abgeleitet werden. Diese Randkurven können durch die Funktion „Verschneidung“ Punkte erzeugen. Auf diesen Punkten können wiederum Linien aufgebaut werden usw. Diese abgeleiteten Referenzelemente können bei Bedarf isoliert werden, sodass die Abhängigkeitskette unterbrochen wird. Als Beispiel sei hier ein Referenzsystem eines Fahrzeugtürinnenblechs dargestellt. In diesem Beispiel (Abbildung 143) werden Strakflächen als „echte“ Inputdaten verwendet. Das restliche Referenzsystem ist davon abgeleitet und passt sich bei jedem Austausch der Strakflächen automatisch an die neuen Verhältnisse an.

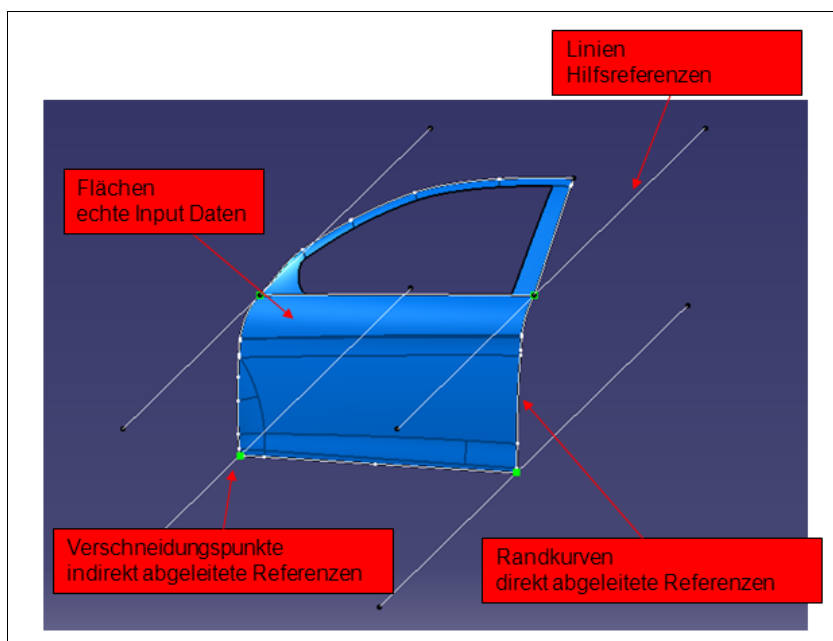


Abbildung 143: Unterscheidung der Referenzen

### 7.1.1.2 Referenzebene ohne Inputdaten

Werden keine Inputdaten benötigt, so ist es zweckmäßig, ein Skelettmodell zu erstellen. Ein Skelettmodell ist eine parametrische Drahtgeometrie, die als zentrale Steuergeometrie verwendet wird. Es können auch Skizzen verwendet werden. Auch hier erscheint die Ablage des Skelettmodells in einem zentralen Referenzbereich als sinnvoll. Eine Verbindung zwischen zentralen und lokalen Referenzen ist hier möglich. Bei einer gemischten Variante, wo sowohl zentrale als auch lokale Referenzen verwendet werden, gilt die Grundregel: Werden Referenzen für mehrere Funktionsbereiche benötigt (das sind z.B. Hauptabmessungen, Referenzkurven für mehrere Bereiche,...), so sind diese zentral abzulegen. Werden Referenzen nur in einem Funktionsbereich benötigt, so können diese vom zentralen Referenzsystem abgeleitet und lokal abgelegt werden. Als Beispiel ist nachfolgend ein einfaches Skelettmodell für einen Hauptboden links dargestellt (Abbildung 144).

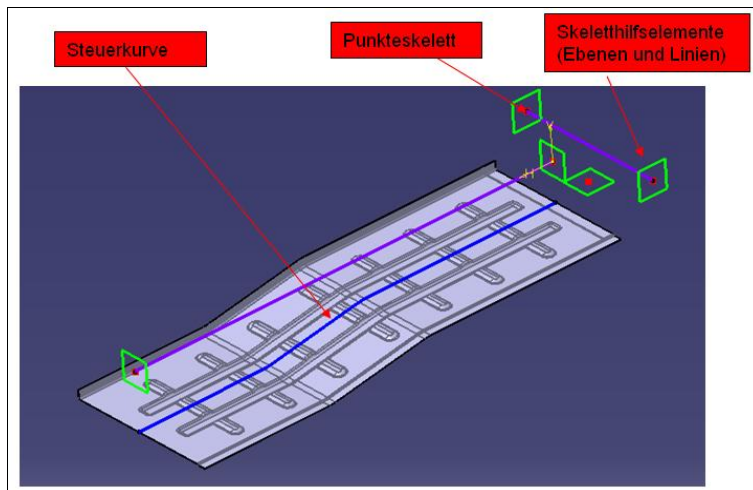


Abbildung 144: Skelettmodell Hauptboden links

In diesem Skelettmodell sind die Hauptreferenzen Punkte und eine Steuerkurve. Davon werden Linien und Ebenen als Hilfselemente abgeleitet. Mit diesem Skelettmodell ist es nun möglich, die Hauptabmessungen und das grundsätzliche Aussehen des Hauptbodens zu steuern (siehe auch Kapitel 7.2, Beispiel Hauptboden vorne links).

### 7.1.2 Funktionsebene

Im Bereich der Funktionsebene erfolgt die eigentliche Flächenerstellung. Bevor mit der parametrisch-assoziativen Funktionserstellung begonnen werden kann, muss eine Bauteilanalyse vorgenommen werden. Ziel dieser Analyse ist es, eine Strukturierung des Bauteils hinsichtlich funktionaler und eigenständiger Teilbereiche zu erhalten. Diese Teilbereiche können wiederum selbst in Unterbereiche aufgeteilt werden. Im nachfolgenden Bild ist eine Hauptstrukturierung eines Fahrzeugtürinnenblechs dargestellt.

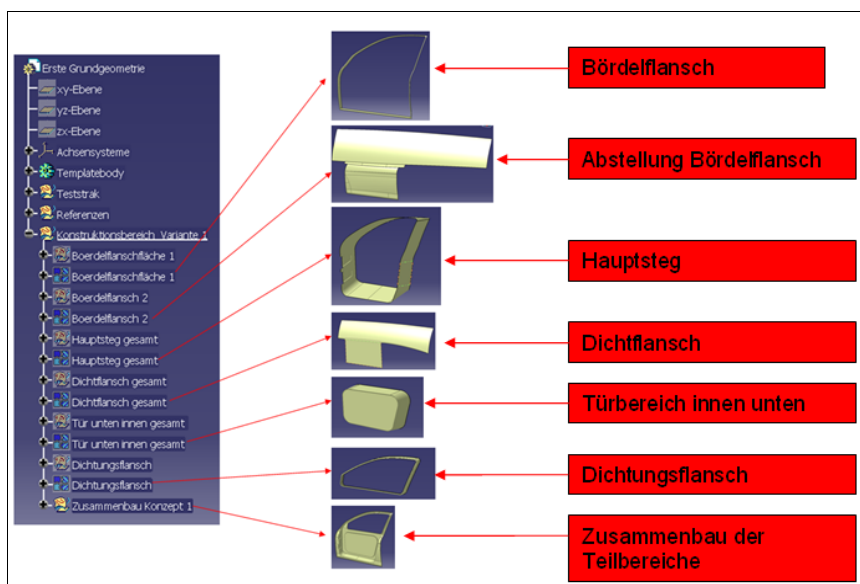


Abbildung 145: Bauteilstrukturierung eines Fahrzeugtürinnenblechs

Diese Strukturierung hat eine Reduktion der Komplexität zur Folge, da nun nur mehr eigenständige Teilbereiche bearbeitet werden müssen. Der weitere Vorteil eines strukturierten Aufbaus liegt in der Möglichkeit, einzelne Teilbereiche komplett auszutauschen oder für Teilbereiche alternative Varianten darstellen zu können.

Bei der Funktionserstellung ist zu beachten, dass eine dynamische Skalierung des Modells erfolgen kann. Deshalb dürfen ausschließlich relative Bemaßungen zum austauschbaren Referenzsystem vorgenommen werden. Als einfaches Beispiel sei hier die Bemaßung einer Steuergeometrie dargestellt.

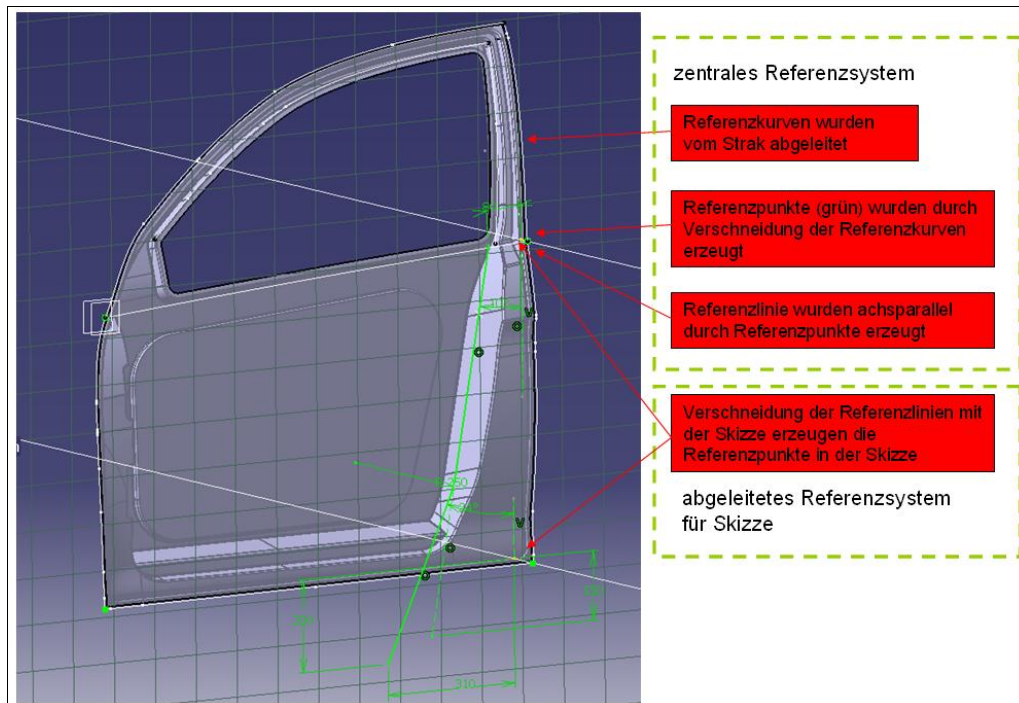


Abbildung 146: Erstellung der Skizzenreferenzpunkte

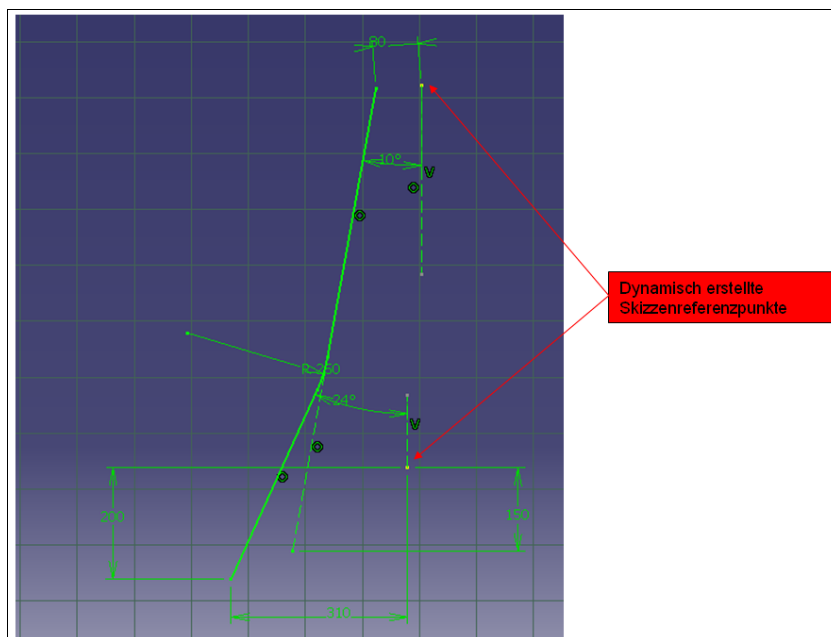


Abbildung 147: Anwendung der relativen Bemaßung zum Referenzsystem

Vom zentralen Referenzsystem werden zwei Skizzenreferenzpunkte abgeleitet (Abbildung 146). Die Bemaßung der Steuerskizze erfolgt nun ausschließlich auf diese beiden Skizzenreferenzpunkte (Abbildung 147). (Bei Bedarf können natürlich auch andere und mehrere Skizzenreferenzelemente zur Anwendung kommen.) Wie man sieht, ist keine absolute Länge in der Skizze bemaßt. Bei der Änderung eines oder beider Referenzpunkte, die über die Referenzebene gesteuert werden, erfolgt eine dementsprechend automatische Skalierung und Ausrichtung der Skizze.

Die Steuergeometrie stellt neben der Anpassung des Referenzsystems eine weitere Möglichkeit der Modellanpassung dar. Die Steuergeometrie dient der direkten Flächenerstellung und kann in einem Funktionsordner oder zentral abgelegt werden. Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen, sollte die Steuergeometrie beim Öffnen des jeweiligen Ordners sichtbar und in einer Farbe dargestellt werden.

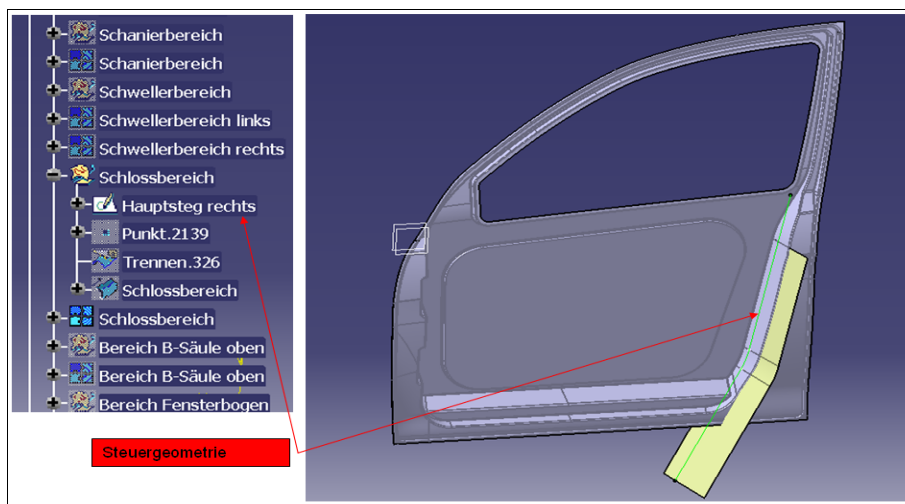


Abbildung 148: Steuergeometrie

Wie man sieht, ist durch diese strukturierte Aufbauweise eine Änderung des Modells auf unterschiedlichen Anforderungsstufen möglich:

- Es können die zentralen Referenzen verändert werden. Damit wird eine globale Anpassung des Modells erreicht.
- Es können die einzelnen Funktionen der Flächenerstellung angepasst werden. Damit wird eine Detailanpassung im Modell erreicht.
- Es können neue Funktionen erstellt oder aus einer Bibliothek geladen werden. Damit kann eine Detailvariantendarstellung erreicht werden.

Grundsätzlich ist mit dieser Strukturierung auch eine globale Variantendarstellung in einem Modell möglich. Der Modellaufbau sieht dann wie in Abbildung 149 aus. Vom zentralen Referenzbereich werden unterschiedliche Varianten gesteuert.



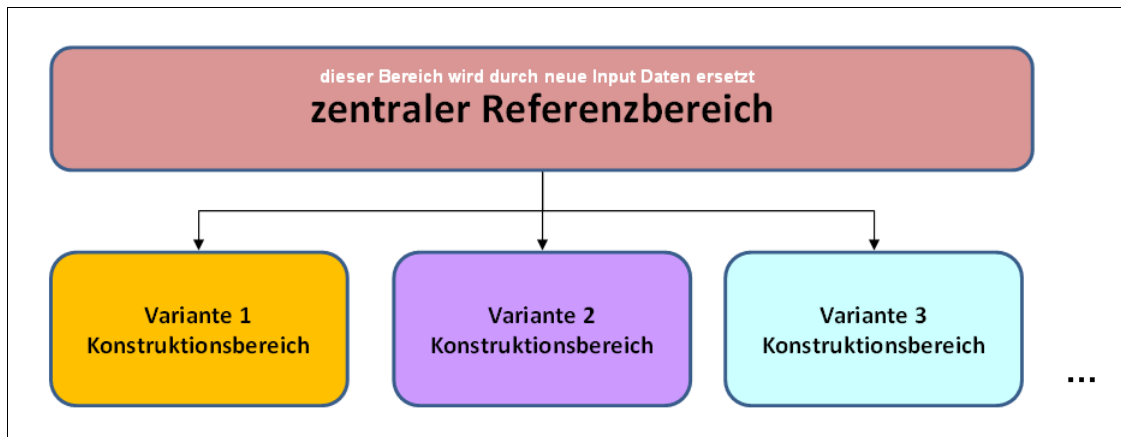


Abbildung 149: Modellaufbau bei mehreren Varianten in einem Modell

Es sollte sich jedoch im Vorhinein überlegt werden, ob diese Varianten benötigt werden und sinnvoll sind, da das Pflegen von globalen Varianten im Entwicklungsprozess einen erheblichen Mehraufwand darstellt.

### 7.1.2.1 Voraussetzungen und Einschränkungen

Es gibt gewisse Voraussetzungen und Einschränkungen, damit der Vorgang des Austausches der Referenzdaten und damit eine automatische Anpassung des Modells möglich sind.

- Die Inputdaten (z.B. der Strak) müssen in sich konsistent sein. Im allgemeinen Fall dürfen keine Unstetigkeiten oder Löcher vorhanden sein. Meist ist es auch notwendig, dass ein gewisses Maß an Offsetfähigkeit gegeben ist. Von Fall zu Fall ist zu prüfen, ob es notwendig ist, exakte Inputdaten zu verwenden, oder ob auch eine vereinfachte (optimierte) Input-Geometrie ausreichend ist.
- Die grundsätzliche Struktur der Inputdaten muss mit dem Modell übereinstimmen. Das soll heißen, dass die Erstellung der benötigten Referenzelemente möglich sein muss. Z.B. wird ein Modell auf einer viereckigen Referenzfläche („echte Inputdaten“) aufgebaut und es werden vier benötigte Referenzpunkte abgeleitet, ist es im Allgemeinen nicht möglich, diese viereckige Fläche durch eine dreieckige Fläche zu ersetzen.

### 7.1.3 Strukturebene

Auf der Strukturebene erfolgt der Zusammenbau der einzelnen Funktionen. Auf dieser Ebene ist hinterlegt, wie die einzelnen Funktionen verknüpft werden.

Teilbereichskonstruktionen - Funktionen (eigenständige Flächenbereiche) werden in eigenen Konstruktionsordnern durchgeführt. Das Ergebnis der Funktion wird in einen sog. „Paket- oder Weitergabeordner“ in der Struktur abgelegt. Die weitere Struktur- oder Verknüpfungslogik bezieht sich nur auf den Weitergabeordner. Die einzelnen Weitergabeordner werden in einem Zusammenbauordner zusammengeführt (z.B.

durch Trimmen, Verrunden,...). Das Ergebnis dieses Zusammenbaus kommt wiederum in einen „Paket- oder Weitergabeordner“. Die folgende Verknüpfungslogik bezieht sich wiederum nur auf den Weitergabeordner. Diese Systematik wird konsequent auf jeder Ebene durchgeführt (Abbildung 150).

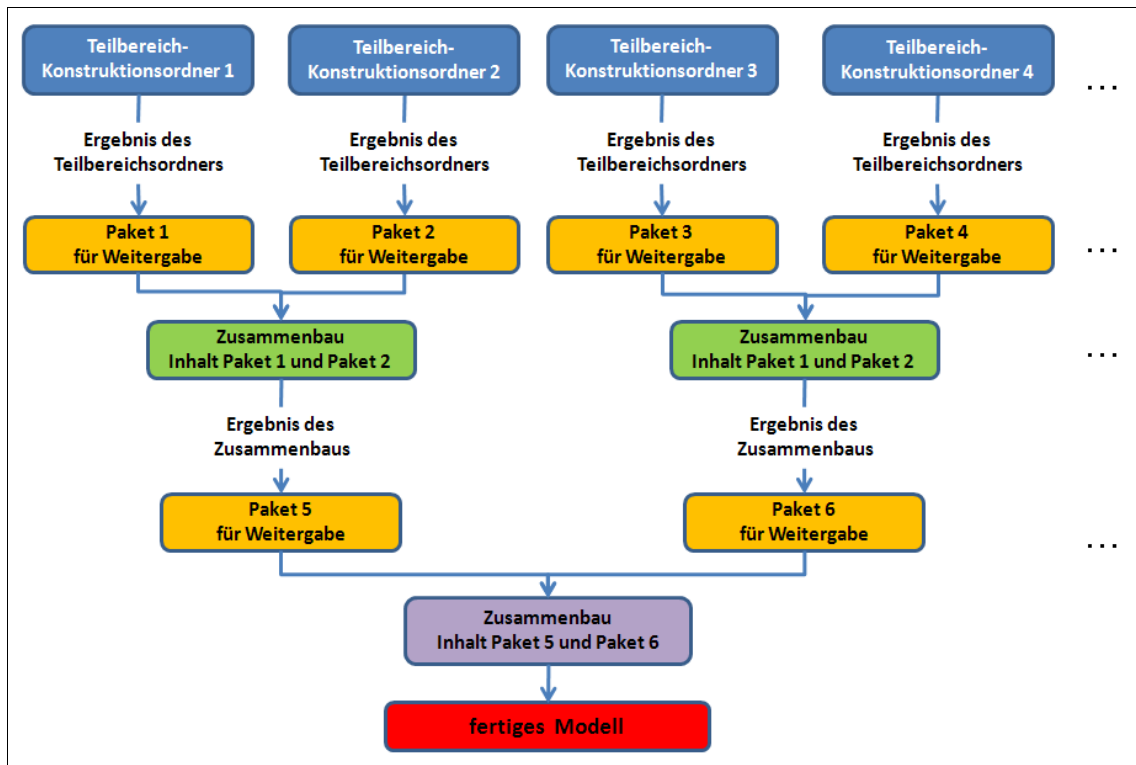


Abbildung 150: Strukturaufbaulogik

Durch diese Arbeitsweise ist eine leicht nachvollziehbare Aufbaulogik des Modells sichergestellt. Der Anwender kann sich einfach im Modell zurechtfinden und einzelne Teilbereiche ausfindig machen. Auch ein einfacher Austausch von kompletten Teilbereichen, sowie eine Variantenkonstruktion sind auf diese Weise möglich (Siehe auch Kapitel 3.7 Modellaufbau – Strukturbaum).

#### 7.1.4 Zusammenfassung der Methodik von Basismodellen

- Der Modellaufbau erfolgt auf drei Ebenen: Referenzebene, Funktionsebene, Strukturebene.
- Auf der Referenzebene erfolgt die Definition der Referenzelemente. Hier ist zu unterscheiden, ob mit Input Daten gearbeitet wird oder ob keine Inputdaten benötigt werden.
- Auf der Funktionsebene erfolgt die eigentliche Flächendefinition. Hier ist eine klare Strukturierung in unabhängige Teilbereiche notwendig. Die einzelnen Funktionen verwenden ausschließlich relative Bemaßungen zum Referenzsystem (Natürlich in weiterer Folge auch verschachtelte Bemaßungen - siehe auch Kapitel 3.4.2 Referenzen).

- Auf der Strukturebene erfolgt der Zusammenbau der einzelnen Teilbereiche. Hier ist hinterlegt, wie die einzelnen Funktionen untereinander zusammengefügt werden.
- Mit dieser Aufbau-logik ist es nun einfach möglich, eine globale Anpassung des Modells zu erreichen, eine Detailanpassung im Modell zu erreichen bzw. Detailvarianten im Modell bereitzustellen.

Als Anwendung wird nachfolgend der Modellaufbau zweier Bauteile beispielhaft dargestellt. Ein Bodenteil vorne als Beispiel für ein „strakunabhängiges“ Bauteil und ein vorderes Fahrzeugtürinnenblech als Beispiel eines „strakabhängigen“ Bauteils.

## 7.2 Beispiel Hauptboden vorne links

Um die grundsätzliche Arbeitsweise darzustellen, sei als einfaches Beispiel nachfolgend ein Hauptboden vorne links besprochen. Das Endergebnis des Basismodells sieht wie folgt aus:

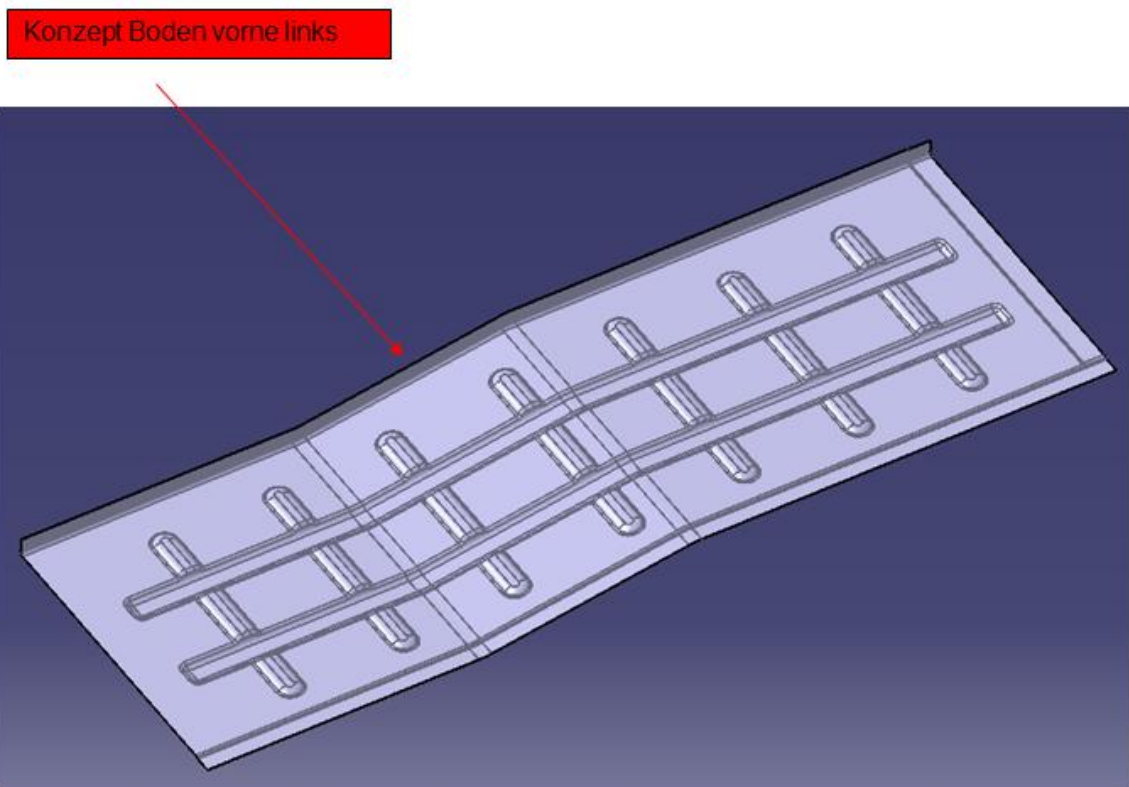


Abbildung 151: Basismodelle Boden vorne links

Im ersten Schritt erfolgt eine Strukturierung des Bauteils in unabhängige Teilbereiche (Abbildung 152).

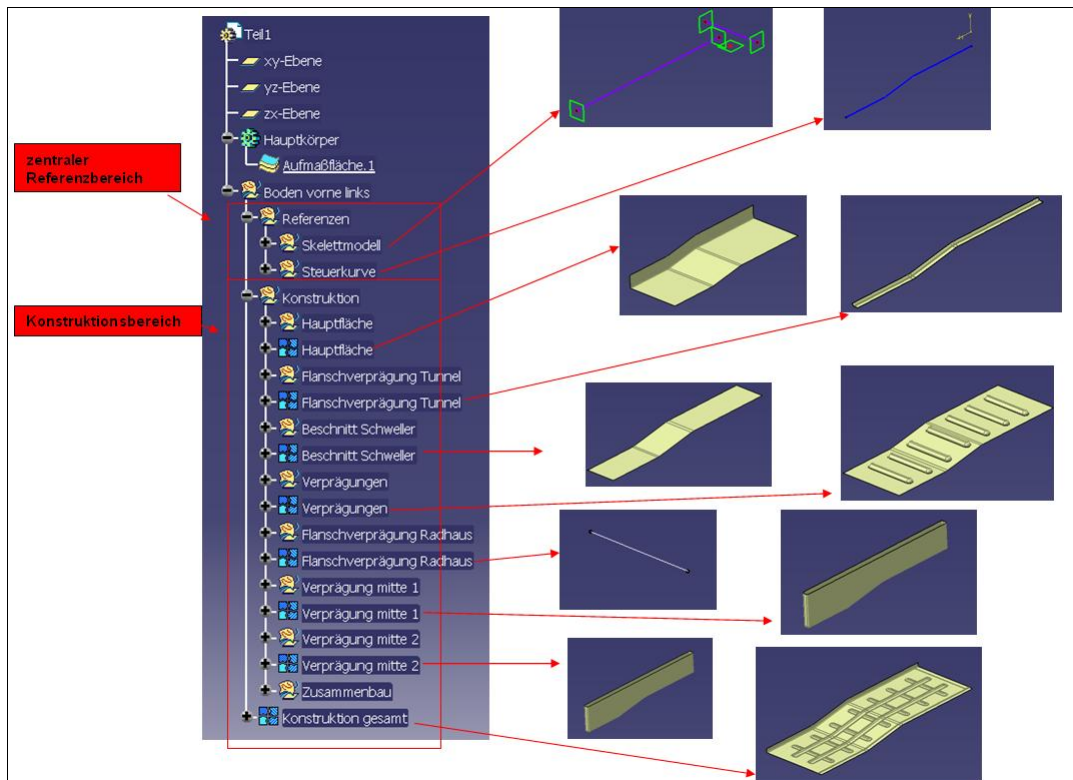


Abbildung 152: Bauteilstrukturierung in Teilbereiche

Danach erfolgt die Erstellung eines zentralen Referenzsystems. In diesem Beispiel werden als Referenzsystem ein zentrales Steuerskelett und eine zentrale Steuerkurve verwendet. Als Hauptskelett dienen nur Punkte. Darauf aufbauend werden Ebenen und Linien als Hilfselemente eingesetzt. Das Skelettmodell stellt die Hauptmaße und Raumlage des Bauteils dar. Die Hauptmaße und die Lage können durch Änderung des Skelettmodells angepasst werden.

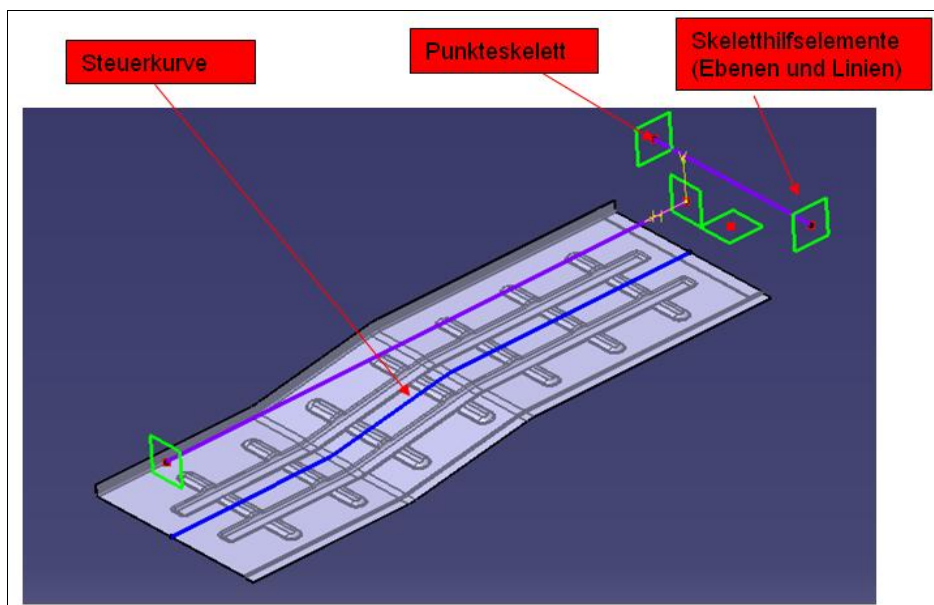


Abbildung 153: Skelettmodell

Die zentrale Steuerkurve (es wird eine Skizze verwendet - Abbildung 153) spiegelt die Hauptstruktur des Bodens wider. Durch eine Änderung der Steuerskizze kann diese Hauptstruktur verändert werden.

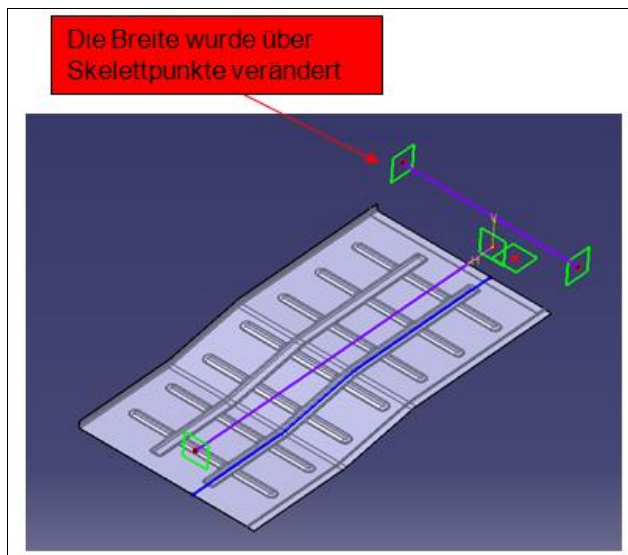


Abbildung 154: Änderungen im Skelettmodell

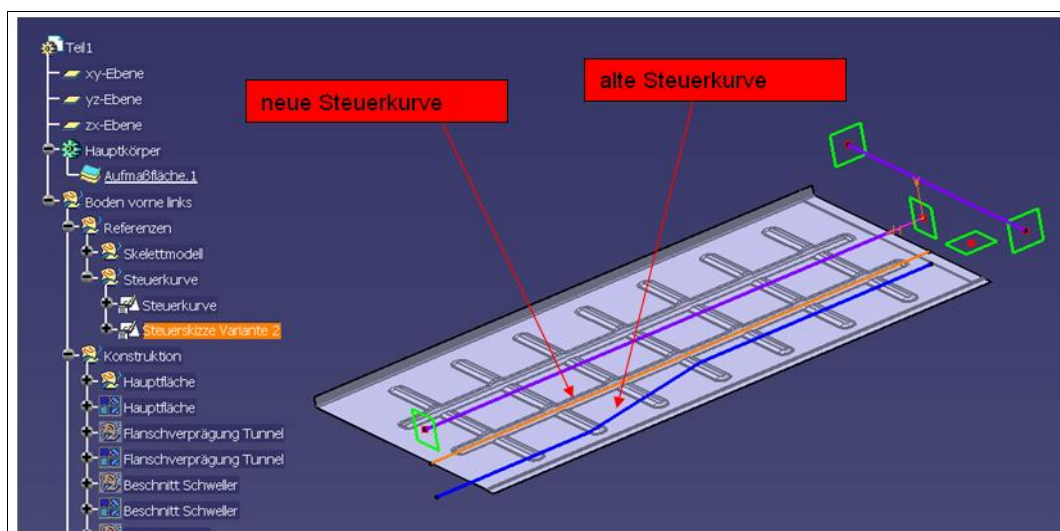


Abbildung 155: Hauptstrukturänderung durch eine neue Steuerkurve

In den Abbildungen 154 und 155 wird die Hauptstruktur des Bodens durch eine neue Steuerkurve verändert. Es empfiehlt sich auch hier, eine neue Steuerkurve anzulegen und diese mit dem Befehl „Ersetzen“ auszutauschen. Durch diese Vorgehensweise kann jederzeit durch einen Rücktausch die vorherige Variante wieder hergestellt werden.

Um die Geometrie über das Skelettmodell steuern zu können, wird nachfolgend die Erstellung der Hauptfläche beispielhaft beschrieben. Die Hauptfläche wird mit der Skizzenmethode (Skizze und Sweep) erstellt. Als Bemaßungs- und Referenzelemente dienen die Skelettebenen und die zentrale Steuerkurve. Dies bewirkt eine direkte Assoziativität zu den Steuerelementen. Im nachfolgenden Bild (Abbildung 156) ist dieser Sachverhalt dargestellt. Die Höhenlage der Skizze wird mit einem

Verschneidungspunkt mit der Steuerkurve bestimmt. Die seitlichen Begrenzungen werden durch Kongruenz mit den Skelettebenen festgelegt (Abbildung 156).

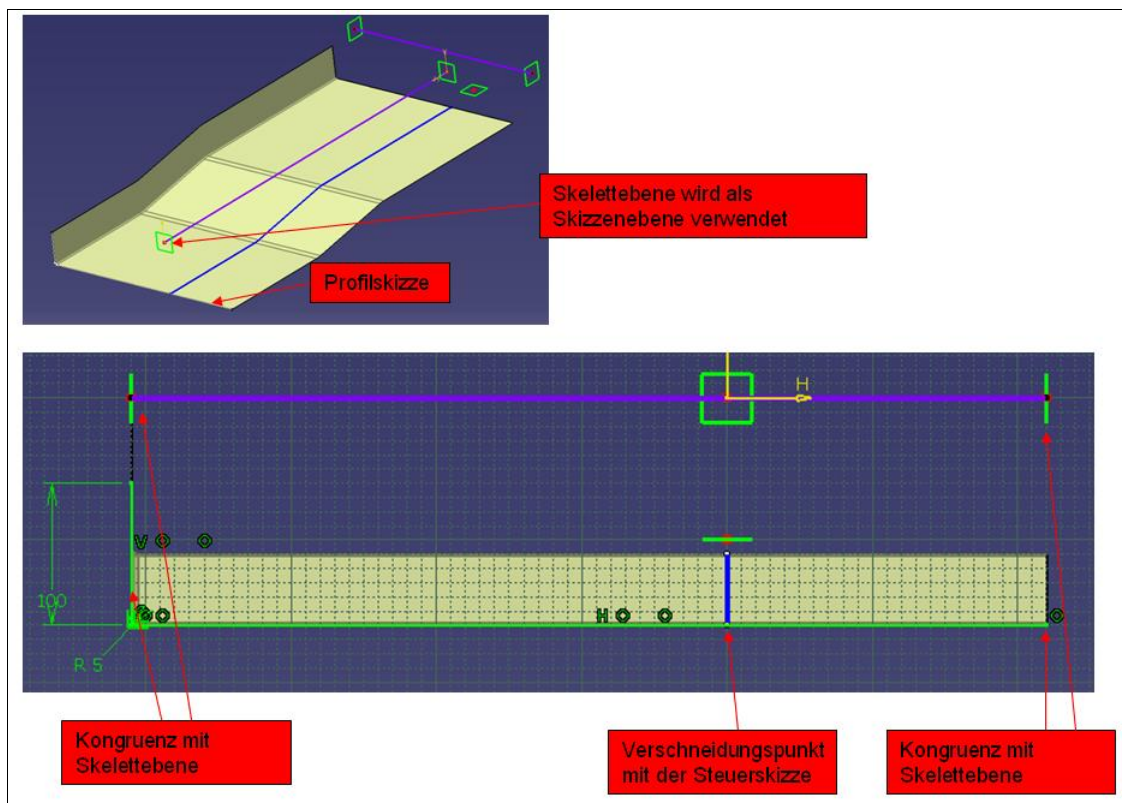


Abbildung 156: Skizzenbemaßung auf dem Skelettmodell

Mit der „Sweepfunktion“ wird nun die Fläche erstellt. Auch hier ist es möglich, zu einem späteren Zeitpunkt die Skizze zu ändern oder durch eine neue Skizze zu ersetzen.

Um eine neue Variante zu erstellen, empfiehlt sich auch hier folgende Vorgehensweise: Kopieren und Einfügen der bereits vorhandenen Skizze. Alle Referenzierungen werden wie in der Ausgangsskizze mit übernommen. Nun können die gewünschten Änderungen durchgeführt werden. Ersetzt man nun die „alte“ Skizze mit der „neuen“ Skizze, so wird ein Update ausgelöst und das Modell baut sich neu auf.

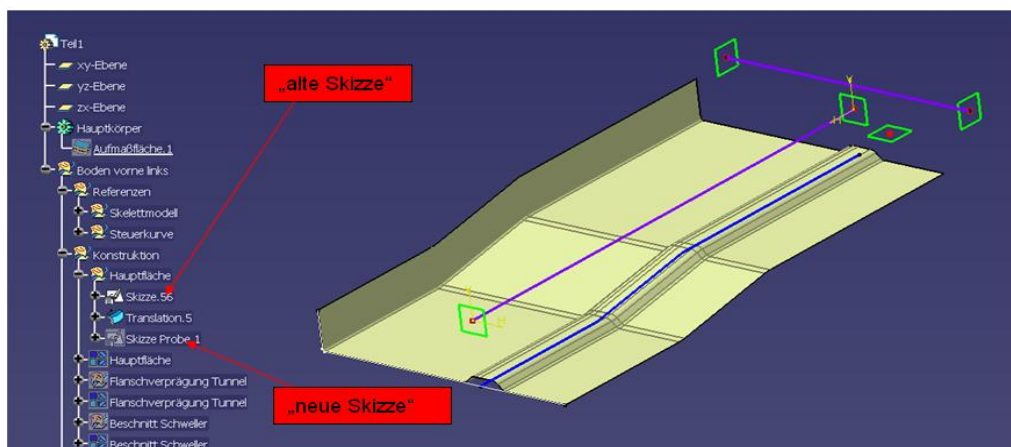


Abbildung 157: Skizze ersetzen

Mehrere Verprägungen mit gleicher Verprägungshöhe und gleichen Verrundungsradien können zur Reduzierung der verwendeten Operationen zusammengefasst werden. Die Vorgehensweise sieht wie folgt aus:

Es wird zusätzlich zur Begrenzungsfläche der Verprägungen eine Hilfsfläche erstellt.

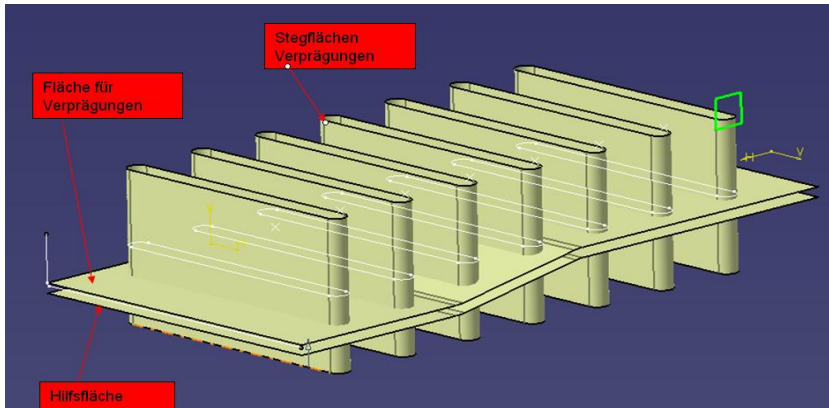


Abbildung 158: Erstellung einer Hilfsfläche zur Zusammenfassung von Verprägungen

Die Stegflächen werden mit der Hilfsfläche getrimmt. (Es können beliebig viele Stegflächen auch nachträglich in die Trimmfunktion eingefügt oder entfernt werden.)

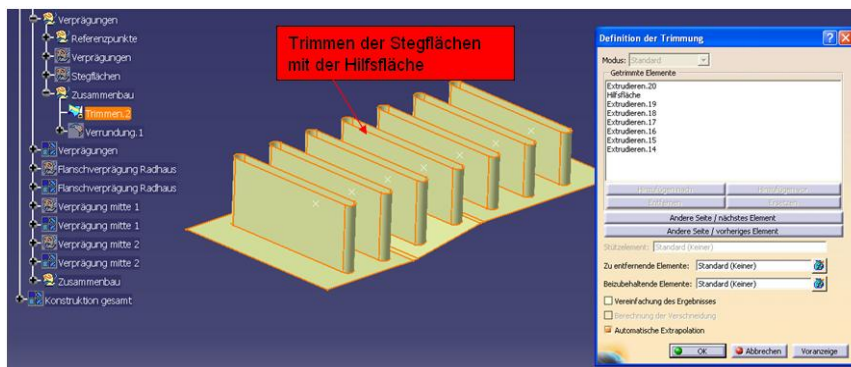


Abbildung 159: Trimmen der Stegflächen mit der Hilfsfläche

Dies hat zur Folge, dass alle Stegflächen nun zusammenhängen und „ein Element“ sind. Dieses „eine Element“ kann nun in einem Schritt mit der Verprägungsbegrenzungsfläche verrundet werden (Abbildung 160).

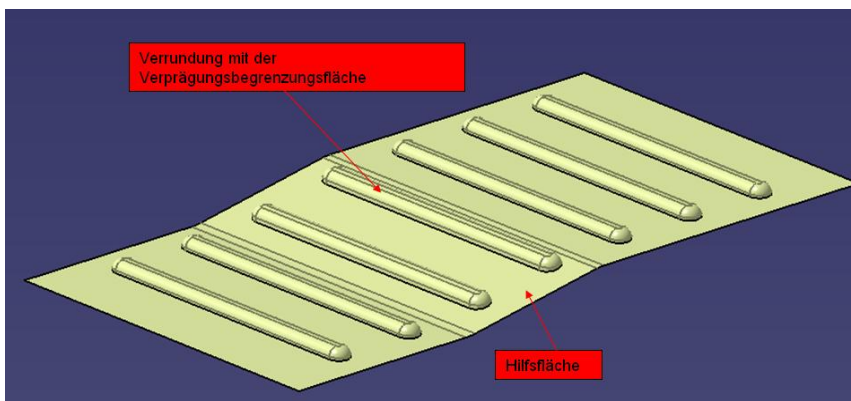


Abbildung 160: Verrundung mit der Verprägungsbegrenzungsfläche

Im Endzusammenbau können durch eine einzige Verrundungsoperation die gesamten Verprägungen eingefügt werden. Die Hilfsfläche fällt bei dieser Operation heraus.

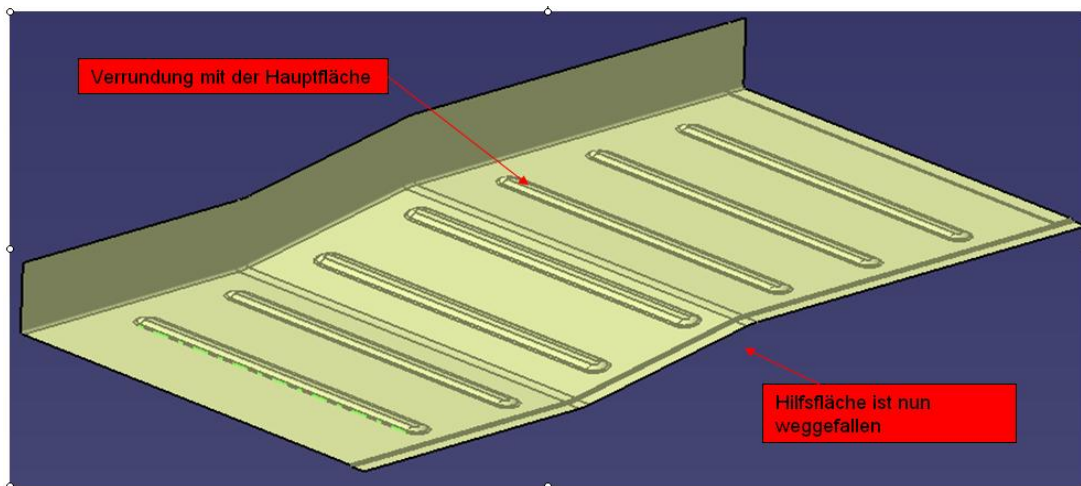


Abbildung 161: Verrundung mit der Hauptfläche

Durch einen derartigen Modellaufbau ist eine zentrale Steuerung des Modells möglich. Dieses Modell kann in einer Bibliothek als Basismodell abgelegt und bei Bedarf an neue Verhältnisse angepasst werden.

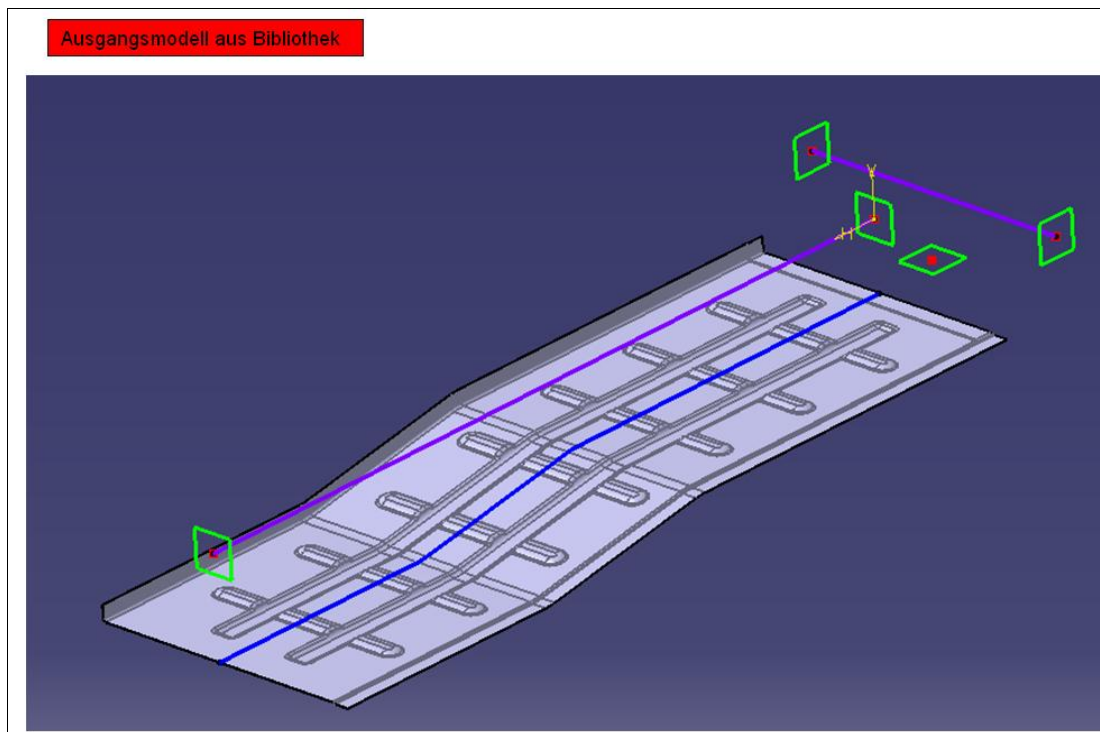


Abbildung 162: Basismodell aus der Bibliothek

Nach dem Laden des Modells aus der Bibliothek können die gewünschten Anpassungen vorgenommen werden. Im nachfolgenden Beispiel (Abbildung 163) wurden folgende Änderungen zum Basismodell vorgenommen:

- Breite und Länge des Gesamtmodells wurden über das Skelett geändert.



- Die zentrale Steuerkurve wurde durch eine neue Steuerkurve ersetzt.
- Die Basisskizze wurde durch eine neue Skizze ersetzt.

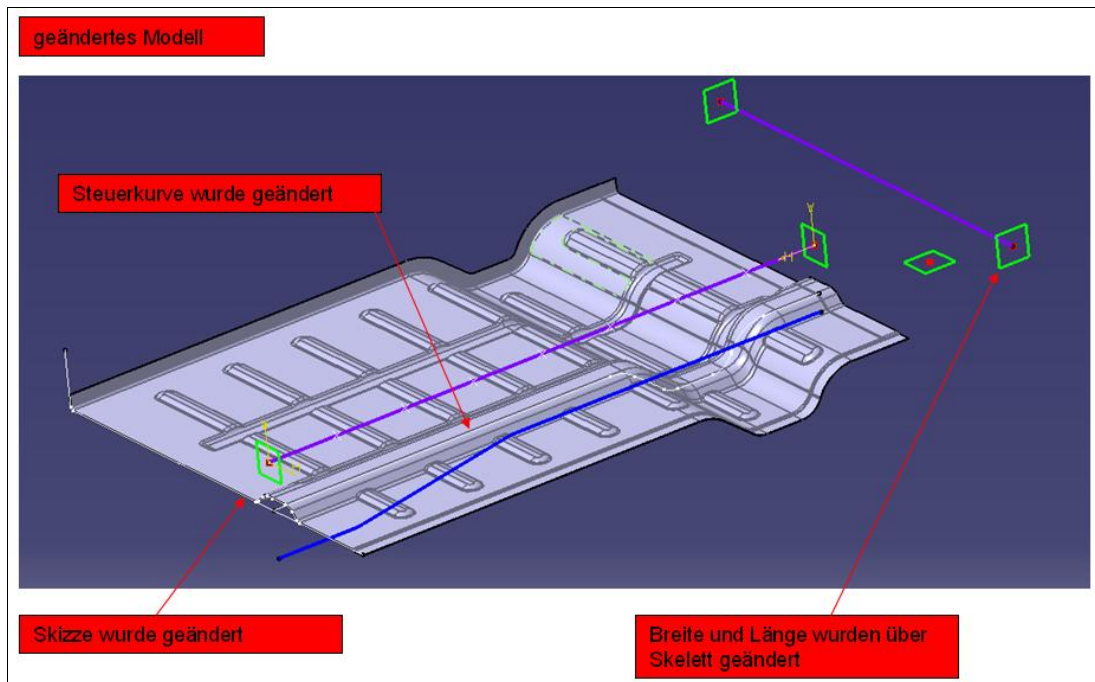


Abbildung 163: Änderungen am Basismodell

### 7.3 Beispiel Fahrzeugtürinnenblech

Als Beispiel eines „strakabhängigen Bauteils“ wird nachfolgend überblicksmäßig der Aufbau eines Fahrzeugtürinnenblechs behandelt (siehe auch Kapitel 7.1 „Grundlagen für die Erstellung von Basismodellen“). Ziel dieses Modellaufbaus ist es, dass durch einen Austausch der Referenzdaten (Strakflächen) ein automatisches Update ausgelöst wird und sich das Modell an den „neuen Strak“ anpasst. Dieses angepasste Modell kann in weiterer Folge abgeändert und erweitert werden.

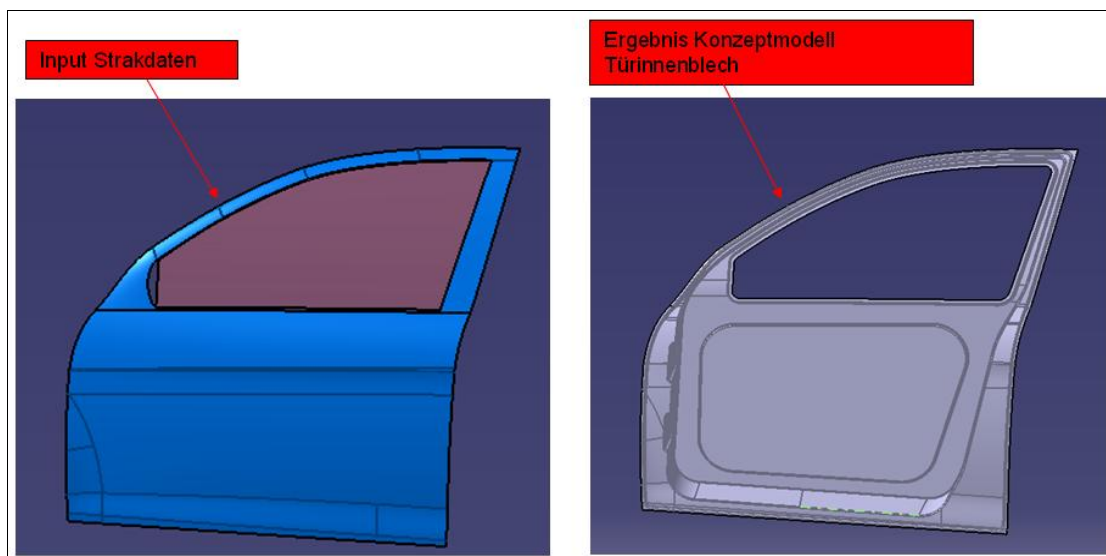


Abbildung 164: Basismodell Fahrzeugtürinnenblech

Es werden ein zentraler Referenzbereich und ein Konstruktionsbereich angelegt. Als Referenzelemente kommen „echte“ Inputdaten, davon direkt abgeleitete Referenzelemente, indirekt abgeleitete Referenzelemente und Hilfsreferenzelemente zum Einsatz. Werden die „echten“ Inputdaten ersetzt, so werden auch die abgeleiteten Referenzen automatisch angepasst. Die einzelnen Konstruktionsbereiche verwenden als externe Referenzen ausschließlich die im nachfolgenden Bild dargestellten Referenzelemente. Somit ist bei einem Tausch der „echten“ Inputdaten eine Anpassung des gesamten Modells möglich.

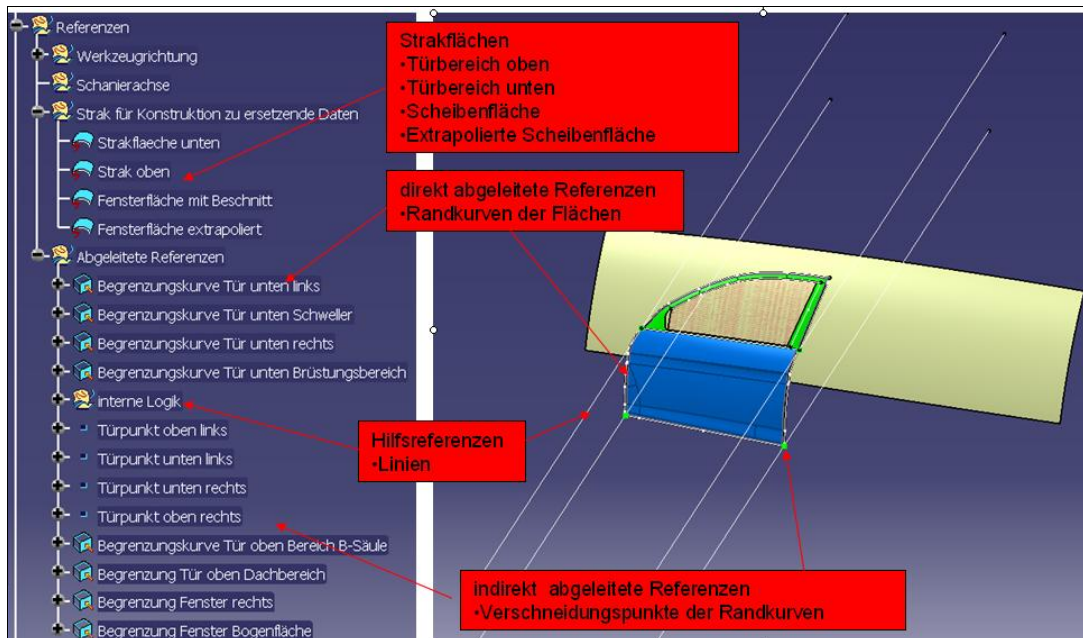


Abbildung 165: Verwendete Referenzen Fahrgürtürinnenblech

Aufteilung des Gesamtbauteils in Teilbereiche. Diese Teilbereiche finden sich im Strukturbaum wieder.

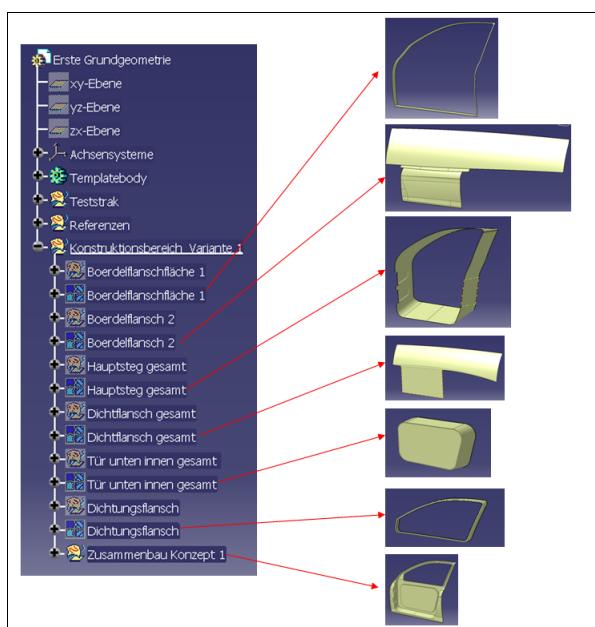


Abbildung 166: Baufaufbau und Hauptteilbereich eines Fahrzeugtürinnenblechs

Durch das verwendete Referenzsystem und den Baufbau ist nun:

- der Austausch von Input Daten und eine automatisierte Anpassung
- der Tausch von gesamten Teilbereichen
- die Darstellung von Varianten im Modell

möglich (siehe Kapitel 8 „Das Konzeptmodell“).

## 8 Das Konzeptmodell

Wie schon im Kapitel 4.3.4 „Das Konzeptmodell“ dargestellt, kann das Konzeptmodell als Grundlage ein funktionales Prinzipmodell, ein Basismodell oder keines von beiden haben. In diesem Kapitel wird nur der Vorgang der Erstellung eines Konzeptmodells mit der Grundlage eines Basismodells dargestellt. Für die anderen Varianten ist eine komplette Modellneuerstellung durchzuführen.

### 8.1 Vom Basismodell zum Konzeptmodell

Um von einem vorhandenen Basismodell zu einem Konzeptmodell zu gelangen, müssen die notwendigen Referenzelemente entweder angepasst oder mit der Funktion „Ersetzen“ ausgetauscht werden. Dieser Vorgang wird nun anhand des Fahrzeugtürinnenblechs dargestellt.

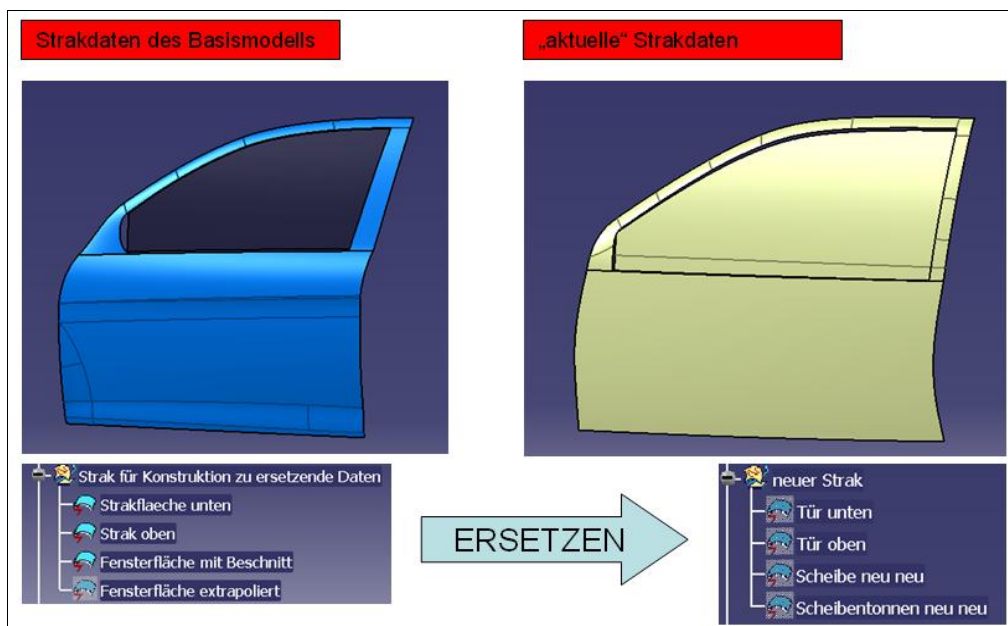


Abbildung 167: Ersetzen der Strakdaten

Wie in Abbildung 167 dargestellt, müssen in diesem Beispiel die Strakdaten ausgetauscht werden. Um den Austauschvorgang für den Anwender zu vereinfachen, wurden diese in vier kompakte Teilbereiche zusammengefasst. Diese Teilbereiche sind:

- Türbereich unten
- Türbereich oben
- Scheibenfläche
- Extrapolierte Scheibenfläche

Ist der Austauschvorgang vollständig abgeschlossen, baut sich nach einem Update das Modell auf Basis der neuen Strakdaten auf. In der Abbildung 168 ist dieser

Vorgang dargestellt. Sowohl die Raumlage, als auch die geometrische Gestalt des Türinnenblechs wurden in einem Schritt angepasst.

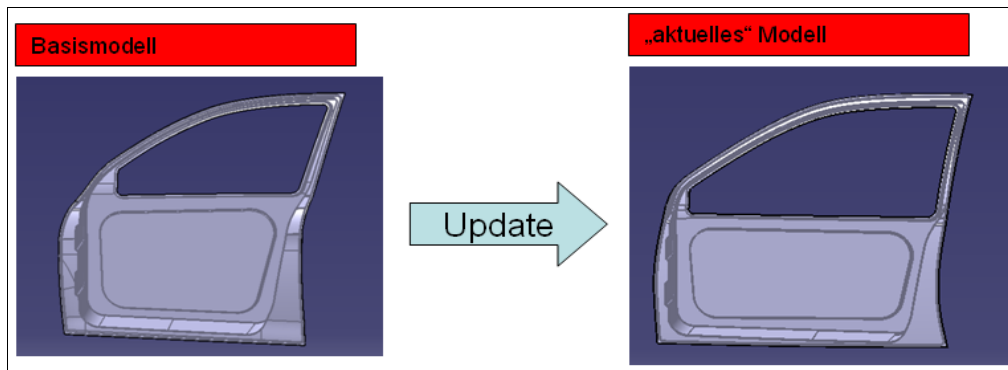


Abbildung 168: Modellupdate mit den „neuen“ Strak Daten

Das Modell kann nun über die Steuergeometrien (siehe auch Kapitel 7.1 „Grundlagen für die Erstellung von Basismodellen“) weiter angepasst werden. Um den Detaillierungsgrad zu erhöhen, können Teilbereiche hinzugefügt oder ersetzt werden.

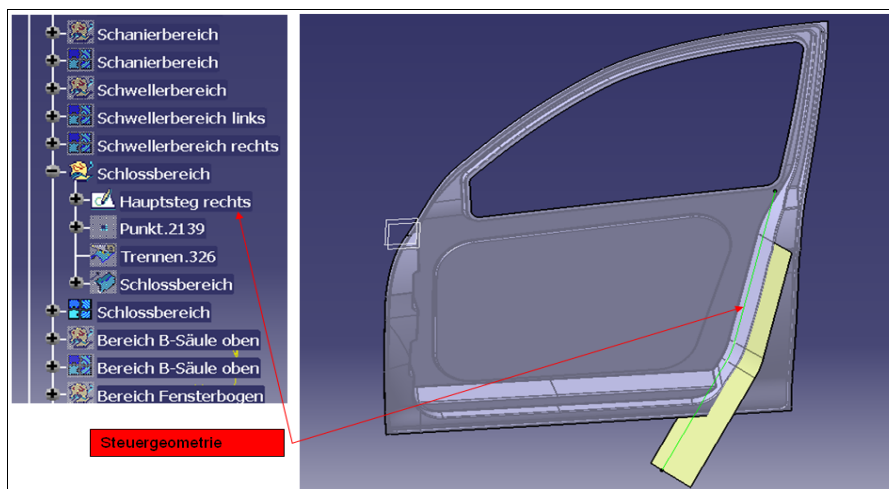


Abbildung 169: Änderungen über Steuergeometrien vornehmen

## 8.2 Bereitstellen von Varianten im Modell

In diesem Kapitel sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie auf einfache Weise Varianten im Modell bereitgestellt werden können. Die Vorgehensweise dazu sieht wie folgt aus:

### 8.2.1 Möglichkeit 1

Es werden ein oder mehrere Zusatzteilbereich(e) erstellt (oder aus einer Bibliothek eingefügt). Im Zusammenbauordner wird dieser Teilbereich nun eingebunden. Es wird auch ein „neues Weitergabejoin“ erstellt. Durch Ersetzen des „alten Weitergabejoin“ mit dem neuen und umgekehrt kann zwischen den Varianten umgeschaltet werden. Im nachfolgenden Bild (Abbildung 170) ist dieser Sachverhalt dargestellt.

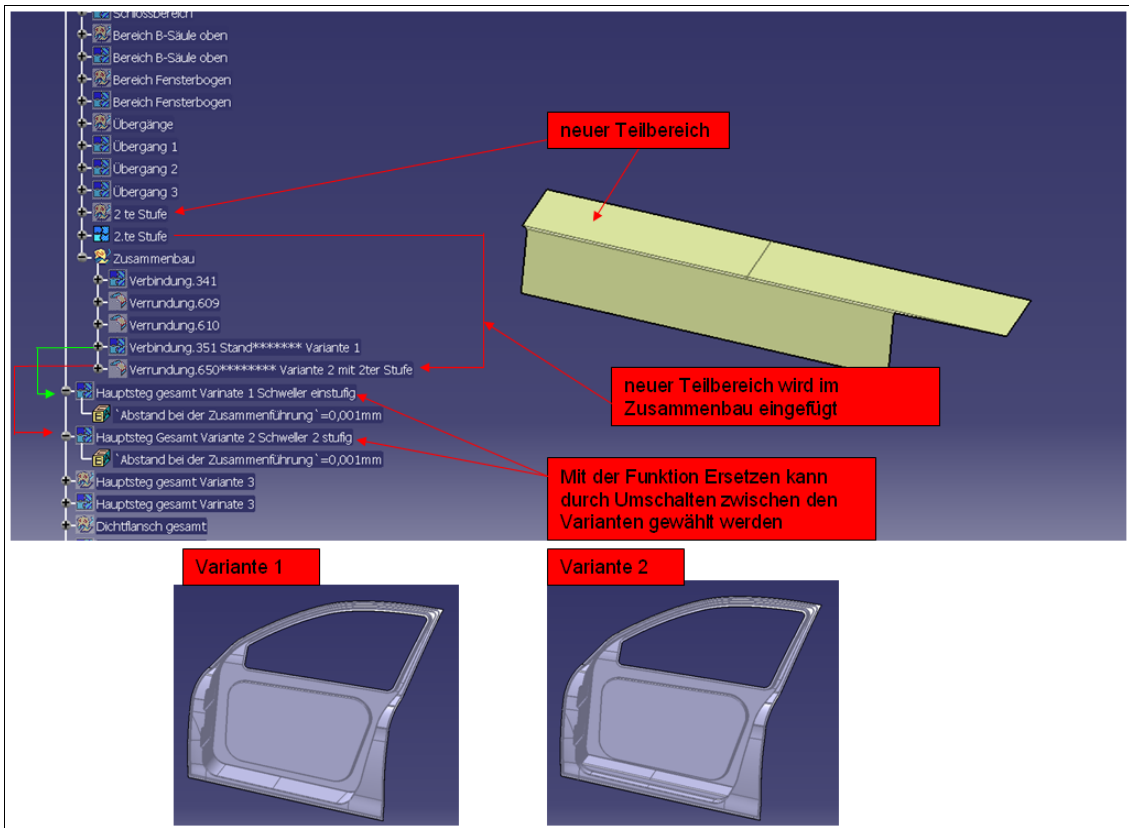


Abbildung 170: Variantenbereitstellung Möglichkeit 1

### 8.2.2 Möglichkeit 2

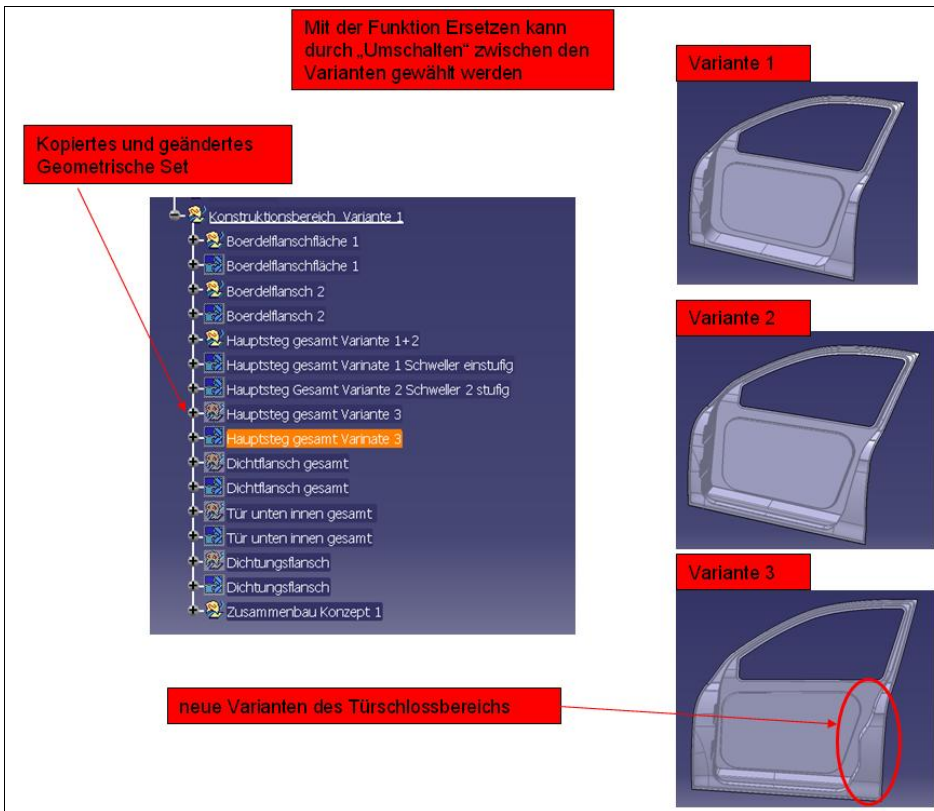


Abbildung 171: Variantenbereitstellung Möglichkeit 2

Es wird ein gesamtes Geometrisches Set kopiert. In diesem Set können nun Änderungen vorgenommen werden. Danach wird ein „neues Weitergabejoin“ angelegt. Mit der Funktion „Ersetzen“ kann nun wieder zwischen den Varianten umgeschaltet werden. In der Abbildung 171 ist dieser Sachverhalt dargestellt.

Die Variante 1 stellt das Grundmodell dar. In der Variante 2 wurde das Grundmodell um einen neuen Teilbereich erweitert (siehe Kapitel 8.2.1 „Möglichkeit 1“). Zusätzlich soll nun mit der Ausgangsbasis Variante 2 eine Variante im Schlossbereich (z.B. für unterschiedliche Schlösser) vorgehalten werden. Dies ist in der Variante 3 durch das Kopieren des gesamten Geometrischen Sets und Änderung der Steuerskizze realisiert worden. Diese drei Varianten sind nun in einem Modell vorhanden und können durch „Umschalten“ des jeweiligen „Weitergabejoins“ aktiviert werden.

### 8.2.3 Möglichkeit 3

Der gesamte Konstruktionsbereich wird kopiert und eine völlig neue Variante wird durch Änderung der Steuergeometrien,... erstellt (siehe Abbildung 172).

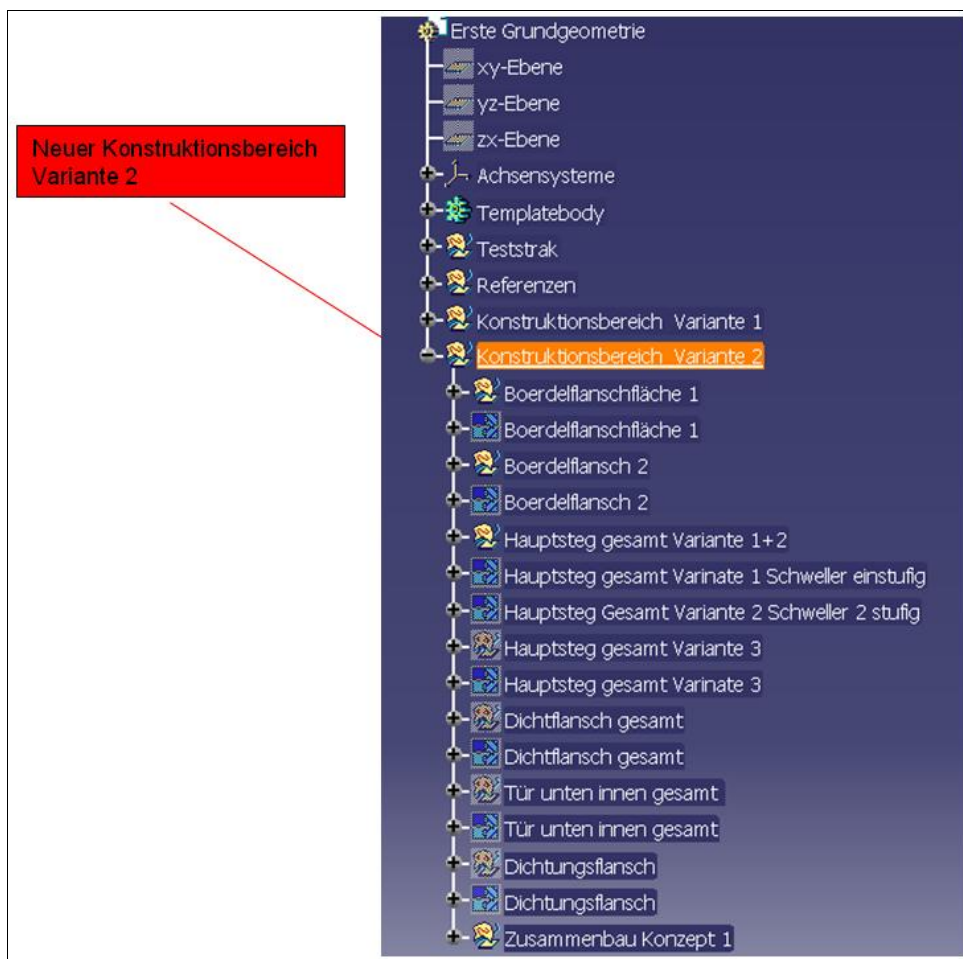


Abbildung 172: Neuen Konstruktionsbereich anlegen

### 8.3 Vereinfachter Idealablauf

Ein vereinfachter Idealablauf des Gesamtprozesses zur Erstellung eines Konzeptmodells mit der Grundlage eines Basismodells könnte wie folgt aussehen:

Ausgehend von einem Basismodell aus einer Bibliothek wird durch das Ersetzen von Strakdaten ein Grundmodell erstellt. Dieses Grundmodell wird durch Änderungen (Steuergeometrie, Zusatzeilbereiche, Ersetzen von Teilbereichen,...) an die speziellen Anforderungen im jeweiligen Projekt angepasst. Diese erste Konzeptgeometrie wird an nachgelagerte Stellen (Berechnung, Simulation, Package,...) weitergegeben. Gleichzeitig erfolgt auch eine Rückmeldung an die Designabteilung falls Strakänderungen aufgrund technischer oder gesetzlicher Notwendigkeiten erforderlich sind. Nach dem Erhalt des Feedbacks aus den Simulationsergebnissen werden die gewünschten Änderungen (falls möglich und notwendig) eingebracht. Zusätzlich erfolgt nun wieder die Rückmeldung an die Designabteilung, falls weitere Strakänderungen erforderlich sind. Nach dem Erhalt der „neuen“ Strakdaten werden diese in das Modell eingepflegt. Der eben beschriebene, sehr vereinfachte, Idealablauf ist in der Abbildung 173 dargestellt.

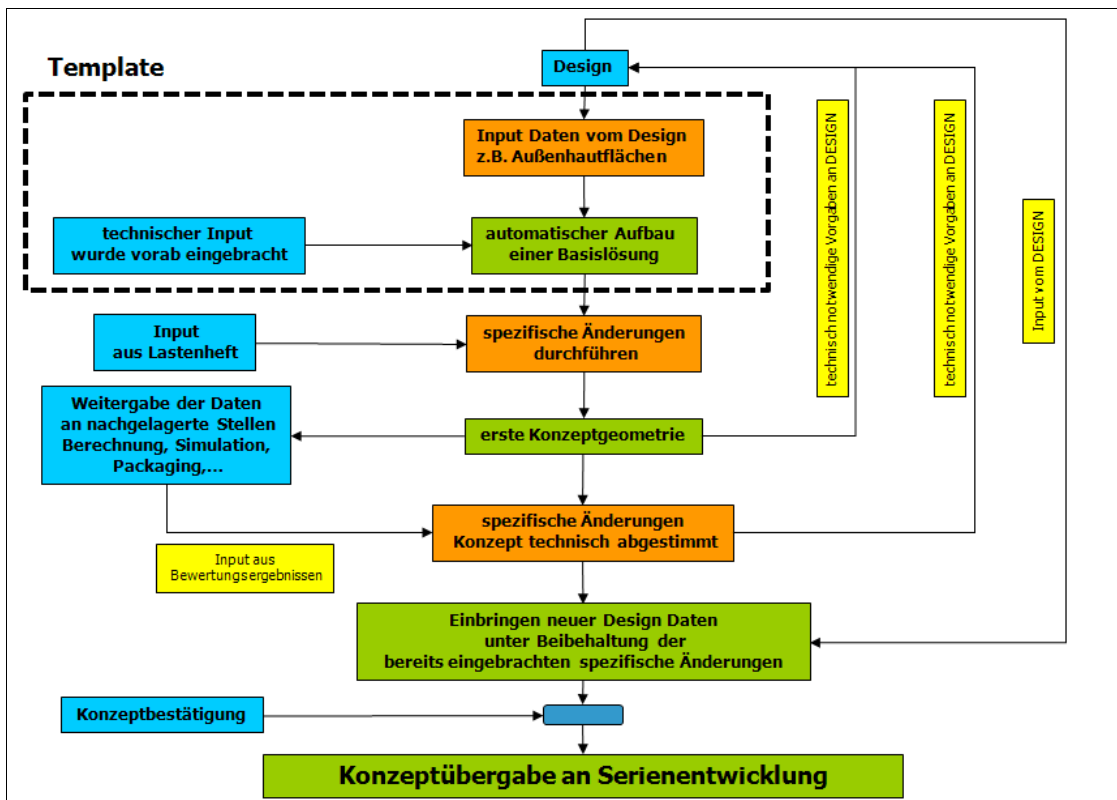


Abbildung 173: Vereinfachter Idealprozess zur Erstellung eines Konzeptmodells



## 9 Zusammenfassung

Die konzeptionelle Automobilentwicklung im Spannungsfeld verschiedener Einflussparameter stellt eine große Herausforderung an die angewandten Entwicklungswerkzeuge dar. Dabei kommt den modernen parametrisch-assoziativen Konstruktionsprogrammen eine wichtige Bedeutung zu. Diese bieten zwar vielseitige Möglichkeiten zur Vereinfachung der Fahrzeugentwicklung, machen es dem Anwender aber aufgrund ihrer Komplexität schwer, diese Vorteile effektiv auszunützen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit nach neuartigen Konstruktionsmethoden, die einen einfachen Zugang zu den angebotenen Möglichkeiten bieten. Einen weiteren Aspekt stellen die immer kürzer werdenden Entwicklungszeiten dar. Erste Konzeptdaten müssen so rasch als möglich zur Verfügung stehen, um bereits in einer sehr frühen Entwicklungsphase Prinzipsimulationen und Konzeptbewertungen (Funktionen, Package, Ergonomie, Produktion, Festigkeitsberechnung, Akustik, Fahrdynamik,...) durchführen zu können. In der vorliegenden Diplomarbeit wurden auf Basis des parametrisch-assoziativen Konstruktionsprogrammes Catia V5 Möglichkeiten aufgezeigt, wie der Konstruktionsprozess in der Konzeptphase verbessert und beschleunigt werden kann. Als Basis für spezielle Lösungsansätze wurden folgende Methoden dargestellt:

- die Standardisierung des Modellaufbaus,
- die Reduzierung von Komplexität,
- die Reduzierung von Abhängigkeiten,
- die Möglichkeit des Umdefinierens, bzw. Ersetzen von Elementen.

Diese standardisierten Vorgehensweisen erleichtern nicht nur den Modellerstellungsprozess und die Nachvollziehbarkeit des Modellaufbaus, sondern sind auch eine notwendige Grundlage, um eine sinnvolle Zusammenarbeit mit einem datenbankgestützten Wissensmanagementsystem zu ermöglichen. Es wurde gezeigt, wie

- Konstruktionswissen in Form von Prinzipschnitten,
- Konstruktionswissen in Form von Teilbereichskonstruktionen,
- Konstruktionswissen in Form von Basiskonstruktionen,
- und Konstruktionswissen in Form von Zusatzinformationen

im Konzeptentwicklungsprozess in Zusammenarbeit mit einer Datenbank vorteilhaft eingebunden und genutzt werden kann.

Als spezielle Lösungsansätze, um den Konstruktionsprozess in der Konzeptphase zu beschleunigen, wurden in dieser Diplomarbeit zwei vollkommen unterschiedliche Ansätze beschrieben.

Ein Ansatz beschreibt die Erstellung eines „funktionalen Prinzipmodells“. Die hier verwendete Methodik besteht aus einer nur teilweisen parametrisch-assoziativen Vorgehensweise mit einer Kombination aus Schnitten und isolierten Elementen. Die Idee bei dieser Vorgehensweise ist, den erheblichen Aufwand für den Modellaufbau und das Planen von hierarchischen Abhängigkeiten so gering wie möglich zu halten, bis die grundsätzliche Bauteilgestalt und das Gesamtkonzept festgelegt sind. Bei der Anwendung der funktionalen Prinzipmodellmethodik steht dem Zeitvorteil, welcher in der ersten Konzeptphase gewonnen wird, der Aufwand einer Modellneuerstellung mit einem parametrisch-assoziativem Aufbau gegenüber. Diese Modellneuerstellung ist notwendig, da die mit der funktionalen Prinzipmodellmethodik erstellten Modelle für Simulationen und Packageuntersuchungen zwar ausreichend sind, für eine fertigungsgerechte Konstruktion aber einen zu geringen Detaillierungsgrad aufweisen. Da die geometrische Form der Bauteile nach der Erstellung der funktionalen Prinzipmodelle bekannt ist, verringert sich der parametrisch-assoziative Erstellungsaufwand aufgrund der besseren Planbarkeit erheblich. Werden unterschiedliche Konzeptvarianten untersucht und wird erst nach einer Konzeptfestlegung mit dem parametrisch-assoziativem Modellaufbau begonnen kann von einer Reduktion des Gesamtaufwandes ausgegangen werden.

Der zweite in dieser Diplomarbeit beschriebene spezielle Ansatz zur Beschleunigung des Entwicklungsprozesses in der Konzeptphase besteht in der Erstellung und Einbindung von Wissensvorlagen bzw. Bauteiltemplates aus Bibliotheken. Ziel dieser Arbeitsweise ist es, den erheblichen Aufwand für eine parametrisch-assoziative Modellerstellung zu reduzieren, indem für Bauteile, deren grundsätzlicher Aufbau immer gleich (oder zumindest ähnlich) ist, Basismodelle mit einer adaptierbaren Steuergeometrie erstellt werden. Diese Basismodelle stellen eine Grundgeometrie dar, werden in einer Bibliothek abgelegt und bei ihrer Verwendung an die jeweils gegebenen Randbedingungen angepasst. Bei dieser Methodik steht dem Zeit- und Wissensvorteil ein erhöhter Aufwand durch den Aufbau von Bibliotheksmodellen im Vorfeld gegenüber. Durch eine wiederholte Nutzung dieser Vorlagen kann nach einer gewissen Einlaufphase von einer Gesamteffizienzsteigerung ausgegangen werden.

Generell kann festgehalten werden, dass bei einer Methodenentwicklung Aussagen bezüglich Alltagstauglichkeit erst nach einer ausreichenden Testphase im laufenden Betrieb getroffen werden können. Die dabei gewonnen Erkenntnisse müssen wiederum in den methodischen Ansatz einfließen, um so eine Optimierung erreichen zu können.

Die im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit entwickelten Methoden können in diesem Optimierungsprozess einen wichtigen Beitrag liefern, um eine effiziente Nutzung von parametrisch-assoziativen CAD Konstruktionsprogrammen zu erreichen.

## Literaturverzeichnis

Braß Egbert, „Konstruieren mit Catia V5“, Hanser Verlag, 2005,

ISBN: 978-3-446-41378-8

Brill Michael, „Parametrische Konstruktion mit Catia V5“, Hanser Verlag, 2006,

ISBN: 978-3-446-40705-3

Haken Karl Ludwig, „Grundlagen der Kraftfahrzeugtechnik“, Hanser Verlag, 2008,

ISBN : 978-3-446-22812-2

Haslauer Richard, „Konstruktionsprozesse in der Praxis“, Hanser Verlag, 2005,

ISBN: 3-446-22970-1

Hirz Mario, “Integrated 3D-CAD Design Strategies in Vehicle and Engine Development Processes”, FISITA Automotive World Congress, Munich 2008

Hirz Mario, „Product Data Management in Automotive Engineering“, Vorlesungskriptum TU-Graz, 2009

M. Böhme, Lotte: „Ein methodischer Ansatz zur parametrischen Produktmodellierung in der Fahrzeugentwicklung“, Doktorarbeit am Institut für Straßen- und Schienenverkehr, Technische Universität Berlin, Germany, 2004, VDI Fortschritt-Bericht, ISBN 3-18-356712-1

Mayr Johannes, „Datenbankgestützte parametrisierte Geometrieerzeugung und Methodenentwicklung am Beispiel eines PKW-Türinnenblechs“, Diplomarbeit TU – Graz, 2009

VDI 2235, „Wirtschaftliche Entscheidungen beim Konstruieren“; Methoden und Hilfen, 1987-10

<http://www.3ds.com> (Stand: 18.01.2010)

<http://www.ace-cad.de> (Stand 18.01.2010)

[http://www.plm.automation.siemens.com/de\\_de/](http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/) (Stand: 18.01.2010)

<http://www.ptc.com> (Stand: 18.01.2010)

**Eidesstattliche Erklärung**

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

Graz, am \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(Unterschrift)