

---

# Inhaltsverzeichnis

---

## Teil I Von 2D-Zeichnungen zum CA-Design-Modell

---

<b>1</b>	<b>Designkontext</b> .....	3
1.1	Einführung .....	3
1.2	Manueller Weg zum Designmodell .....	4
1.3	Perspektive in der Historie .....	10
1.3.1	Instrumentelle Methode .....	10
1.3.2	Distanzpunkte .....	11
1.3.3	Diagonalverfahren und Perspektive Kollineation .....	13
1.3.3.1	<i>Dürer's</i> Diagonalverfahren .....	13
1.3.3.2	<i>Dürer's</i> Paumgartner Altar .....	14
1.3.3.3	<i>Dürer's</i> Hieronymus im Gehäus' .....	16
1.3.4	Sehkreisregel .....	19
1.3.4.1	bei <i>Dürer's</i> Hieronymus im Gehäus' .....	19
1.3.4.2	bei CAD-Anwendungen .....	21
1.4	Begriffe im CAD .....	23
1.5	Hüllbox .....	26
1.6	Hintergrundbilder .....	29
1.7	Rekonstruktion aus perspektivischen Skizzen .....	29
1.8	Schablonenkorb .....	37
1.9	Aufbau eines CAD-Design-Rohlings .....	37
1.10	Zusammenfassung .....	39
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	41
<b>2</b>	<b>Geometrische Grundlagen</b> .....	43
2.1	Zentralprojektion .....	43
2.1.1	Das Prinzip .....	43
2.1.2	Abbildungsgleichung .....	44
2.1.3	Drehmatrix .....	45
2.1.4	Streckfaktor .....	47

2.1.5	Bildkoordinatenberechnung . . . . .	48
2.1.6	Besonderheiten im Fahrzeugbau . . . . .	48
2.2	Hilfsmittel aus der Projektiven Geometrie . . . . .	48
2.2.1	Architektur . . . . .	49
2.2.2	Fahrzeugbau . . . . .	49
2.2.2.1	Aufgaben und Lösungen . . . . .	49
2.2.2.2	Fluchtpunkt- und Orientierungsverfahren . . . . .	53
2.2.2.3	Invarianz des Doppelverhältnisses . . . . .	55
2.2.2.3.1	Hüllbox . . . . .	55
2.2.2.3.2	Radpasspunkte . . . . .	57
2.2.2.3.3	Karosseriepaspunkte . . . . .	60
2.2.2.4	Perspektive Kollineation . . . . .	66
2.2.2.4.1	Grundgedanken . . . . .	66
2.2.2.4.2	Umklappung des Projektionszentrums . . . . .	70
2.2.2.4.3	Entzerrung Grundfläche . . . . .	73
2.2.2.4.4	Zurückdrehen Grundfläche . . . . .	73
2.2.2.4.5	Entzerrung Seitenfläche . . . . .	75
2.2.2.5	Manuelle Entzerrung . . . . .	77
2.2.2.5.1	Papierstreifenmethode . . . . .	77
2.2.2.5.2	Projektive Netze . . . . .	79
2.3	Entzerrung mit Hilfe eines CAD-Systems . . . . .	85
2.4	Zusammenfassung . . . . .	89
<b>3</b>	<b>Beispiel eines Rohlingsaufbaus aus Designskizzen . . . . .</b>	<b>91</b>
3.1	Charakteristische Kurven . . . . .	92
3.1.1	Ebene Kurven in $y = 0$ . . . . .	92
3.1.2	Umwandlung in eine räumliche Kurve . . . . .	92
3.2	Patches an der Längsmittlebene $y = 0$ . . . . .	93
3.3	Gürtellinie . . . . .	95
3.3.1	Abstellfläche im Seitenriss . . . . .	95
3.3.2	Abstellfläche im Grundriss . . . . .	95
3.3.3	Durchdringungskurve . . . . .	95
3.4	Seitenfläche . . . . .	96
3.4.1	Rand 1 . . . . .	96
3.4.2	Ränder 2 und 4 . . . . .	96
3.4.3	Rand 3 . . . . .	96
3.4.4	Patch aus drei bzw. vier Randkurven . . . . .	96
3.5	Obere Profilfläche . . . . .	97
3.5.1	Mittleres Profil . . . . .	97
3.5.2	Verschieben des Profils . . . . .	97
3.5.3	Erzeugung der Profilfläche . . . . .	99
3.6	Komplettierung ohne Radwülste . . . . .	103
3.6.1	Front-Eck-Bézierpatch . . . . .	103
3.6.2	Positionsstetigkeit $C^0$ . . . . .	103
3.6.3	Trimmen . . . . .	103

3.7	Radwulst . . . . .	105
3.7.1	<i>y</i> -Abstellfläche . . . . .	106
3.7.2	Hilfsfläche . . . . .	106
3.7.3	Definition des Radausschnittes . . . . .	107
3.7.4	Projektion der Radausschnitt-Kurve . . . . .	107
3.7.5	Offsetkurve . . . . .	107
3.7.6	Radwulstabschlussfläche . . . . .	108
3.7.7	Profilfläche . . . . .	108
3.8	Zusammenfassung . . . . .	110

---

**Teil II CAD-Flächenmodellierungstechniken**

---

<b>4</b>	<b>Grundlagen und Übersichten . . . . .</b>	<b>113</b>
4.1	Freiformflächen in der Prozesskette . . . . .	113
4.2	Math. Grundlagen . . . . .	115
4.2.1	Bézierkurve . . . . .	115
4.2.2	B-Spline-Kurven . . . . .	116
4.2.3	Weitere Begriffe . . . . .	122
4.2.4	Vergleich und Entscheidungshilfe . . . . .	122
4.2.5	Übergang zu Flächen . . . . .	123
4.3	Flächenmodellierung . . . . .	126
4.3.1	Oberflächenklassen – Definition . . . . .	128
4.3.2	Class A-Flächen – Grundregeln . . . . .	130
4.3.3	Flächenqualitätsverbesserungen . . . . .	131
4.4	Zusammenfassung . . . . .	133

<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>		<b>135</b>
---------------------------------------	--	------------

<b>5</b>	<b>CAD-Werkzeuge und -Methoden . . . . .</b>	<b>137</b>
5.1	Klassische Arbeitsweise . . . . .	137
5.1.1	Inputdaten . . . . .	137
5.1.1.1	Kontur-Punktdateien . . . . .	137
5.1.1.2	Facettenmodelle . . . . .	138
5.1.2	Patchgenerierung und -modifikation . . . . .	138
5.1.2.1	Strukturierung . . . . .	138
5.1.2.2	Steuerpunkte . . . . .	139
5.1.3	Symmetrische Patches . . . . .	140
5.2	Verweis auf Referenzhandbuch . . . . .	144
5.3	Kniffe und Tricks . . . . .	145
5.3.1	Kreisbogensegmente . . . . .	145
5.3.2	Feinjustieren mit Delta . . . . .	146
5.3.3	Tangentenhebel . . . . .	147
5.3.4	Hilfsregelflächen als virtueller Unterbau für Flächen . . . . .	147

- 5.3.5 Extrahieren von Knickkanten ..... 148
- 5.4 Zusammenfassung ..... 148
- Literaturverzeichnis ..... 151**
- 6 Konstruktion eines Karosseriekörpers ..... 153**
  - 6.1 Begriffe ..... 153
  - 6.2 Beispiel Seitenflächen ..... 155
    - 6.2.1 Hauptcharakterlinien ..... 155
    - 6.2.2 Hauptflächen ..... 156
      - 6.2.2.1 Seitenstrakhauptfläche ..... 156
      - 6.2.2.2 Schwellerhauptfläche ..... 158
      - 6.2.2.3 Brüstungshauptfläche ..... 158
    - 6.2.3 Aufsatzelement Stufe ..... 162
    - 6.2.4 Radlauf und Anformung zum Seitenstrak ..... 166
  - 6.3 Dach-, Front- und Heck-Flächenstrukturen ..... 176
  - 6.4 Visualisierung ..... 177
  - 6.5 Zusammenfassung ..... 181
- Literaturverzeichnis ..... 183**
- 7 Glossar ..... 185**
- Anhang ..... 191**
- Verfahren der Perspektiven Geometrie ..... 191**
  - A.1 Verwendete manuelle Verfahren ..... 191
  - A.2 Architektur ..... 192
  - A.3 Legende ..... 192
- Rechnerprotokolle ..... 197**
  - B.1 Doppelverhältnis ..... 197
- Einführung in die Benutzeroberfläche des CAD-Systems ..... 199**
  - C.1 Rahmen der Benutzeroberfläche ..... 199
  - C.2 Geometriefunktionen ..... 199
    - C.2.1 Geometrieerzeugung und Modifikation ..... 199
    - C.2.2 Geometrie-Untermenüs ..... 201
      - C.2.2.1 Beispiel „Patches aus Randkurven“ ..... 201
      - C.2.2.2 Beispiel „Kurvenabschnitt aus Patchrand“ ..... 201
      - C.2.2.3 Beispiel Abstellfunktion ..... 202
      - C.2.2.4 Weitere Untermenüs zur Geometrie ..... 204
  - C.3 Auswahl/Selektion von Geometrieelementen ..... 204
  - C.4 Servicefunktionen ..... 205

C.4.1	Ebenendefinition und -manipulation . . . . .	207
C.4.2	Ansichtsverwaltung . . . . .	207
C.4.3	Darstellung von Geometrieelementen . . . . .	207
C.4.4	Editor . . . . .	209
C.4.5	Displaylisten . . . . .	209
C.4.6	Schnittberechnungen . . . . .	211
C.4.7	Diagnosen . . . . .	212
C.4.8	Namenseditor . . . . .	213
C.4.9	Neustrukturierung und Umbenennung . . . . .	213
C.5	Sonderfunktionen . . . . .	214
C.5.1	Visualisierung, Material, Farbe, Texturen, Licht . . . . .	214
C.5.2	Ansichten, Arbeitsebenen, Ansichtsmanipulationen . . . . .	215
C.6	Kurzschreibweise . . . . .	215
<b>Beispiel 2D3D, CAD-Bedienungshinweise . . . . .</b>		<b>217</b>
D.1	Snapshotprotokolle . . . . .	217
D.1.1	Hintergrundbilder . . . . .	217
D.1.2	Rohdatenerzeugung . . . . .	218
D.1.2.1	Rohdaten Diskret . . . . .	218
D.1.2.2	Rohdaten Express . . . . .	218
D.1.2.3	Rohdaten Objekt . . . . .	219
D.1.3	Approximation . . . . .	219
D.1.4	Direkte Kurvenerzeugung . . . . .	220
D.1.4.1	Kurvenpolygon . . . . .	220
D.1.4.2	Umwandlung des Kurvenpolygons . . . . .	220
D.1.4.3	Kreisbogenerzeugung auf Hintergrundbildern . . . . .	220
D.1.5	Patch aus zwei Randkurven . . . . .	220
D.1.6	Mittensymmetrie . . . . .	222
D.1.7	Abstellfunktion . . . . .	223
D.1.8	Durchdringungskurve zweier Flächen . . . . .	223
D.1.9	Kurvenprojektion . . . . .	223
D.1.10	Patcherzeugung . . . . .	224
D.1.11	Profilflächenerzeugung . . . . .	224
<b>Bézierkurven . . . . .</b>		<b>227</b>
E.1	Bézierpolygon, Eigenschaften . . . . .	227
E.2	Bernsteinpolynome . . . . .	228
E.2.1	Grad 8 . . . . .	228
E.2.2	Grad 3 . . . . .	229
E.2.3	Numerisch mittels Bernsteinfunktionen . . . . .	230
E.2.4	Numerisch nach „de Casteljau“ . . . . .	230
E.2.5	Graphisch nach „de Casteljau“ . . . . .	230
E.3	Ableitungen . . . . .	230

**B-Spline-Kurven** ..... 233

    F.1 Kontrollpunkte und B-Spline-Basisfunktionen ..... 233

    F.2 Numerische Ermittlung ..... 235

**Vergleich der Kurventypen Bézier und B-Spline** ..... 241

**Steuerungs- und Kontrollmöglichkeiten bei Kurven  
und Flächen im CAD-System** ..... 243

    H.1 Steuerung durch Kurvenkontrollpunkte ..... 243

    H.2 Übergänge zwischen zwei Kurvensegmenten ..... 244

    H.3 Übergänge zwischen zwei Patches ..... 246

**Tensorprodukt-Flächen im CAD-System** ..... 251

    I.1 Bézierpatches ..... 251

**Konversion von Flächen im CAD-System** ..... 259

**Komplexübung Conceptual Design** ..... 261

    K.1 Kurven aus Rohdaten ..... 261

    K.2 Profilfläche aus Kurven ..... 263

    K.3 Tonnenfläche aus Rohdaten ..... 266

    K.4 Projektion Kurve auf Tonne ..... 268

    K.5 Anschluss Dachfläche – Tonnenfläche ..... 269

        K.5.1 Anschluss Dachfläche – Projizierte Kurve ..... 269

        K.5.2 Anschluss ins Innere der Tonnenfläche ..... 269

    K.6 Facen der Tonnenfläche ..... 270

    K.7 Modellieren der Windschutzscheibe ..... 270

    K.8 Blend ..... 278

**Kniffe und Tricks im CAD-System** ..... 279

    L.1 Kreisbogensegmente in Hilfsebenen ..... 279

        L.1.1 Hauptebenen ..... 279

        L.1.2 Beliebige Hilfsebenen schräg im Raum ..... 281

    L.2 Feinjustieren am Kontroll-Polygon mit Deltawert ..... 283

    L.3 Feinjustieren am Kontroll-Polygon bzw. am -Punktnetz  
        mittels Tangentenhebel (Wippe) ..... 285

    L.4 Manuelles Extrahieren von Knickkanten in Scans ..... 287

    L.5 Mittensymmetrie aus zwei Scanhälften ..... 288

    L.6 Erleichterungen durch „Unified Modelling“ ..... 291

**Abbildungsverzeichnis** ..... 298

**Tabellenverzeichnis** ..... 313

**Sachverzeichnis** ..... 315