

1	Inhalt
1.1	Inhaltsverzeichnis
2	Wegweiser
2.1	Generelle Vorgehensweise bei der Produktentwicklung sowie Struktur und Aufbau des Buches
2.2	Vorgehensweise der Produktentwicklung entsprechend der VDI-Richtlinie 2222 und zugeordnete Buchinhalte
3	Produktplanungsphase
3.1	Aufgaben und Mittel der Produktplanungsphase
4	Konzeptphase eines Produkts
4.1	Ziele und Schritte der Konzeptphase
4.2	Das Pflichtenheft
4.3	Die Funktionsstrukturanalyse
4.4	Lösungssuche und Dokumentation im Morphologischen Kasten
4.4.1	Lösungssuche
4.4.2	Aufbau eines Morphologischen Kastens
4.4.3	Identifizierung möglicher Konzepte im Morphologischen Kasten
4.5	Bewerten von Konzepten
4.5.1	Ziel der Konzeptbewertung
4.5.2	Wahl geeigneter Bewertungskriterien
4.5.3	Wahl des Punktesystems und der Gewichtungsfaktoren
4.5.4	Ergebnis einer Bewertung
4.6	Zusammenfassende Beurteilung einer Konzeptphase
4.7	Kreativmethoden in der Konzeptphase
4.7.1	Einsatz von Kreativmethoden
4.7.2	Brainstorming
4.7.2.1	Offenes Brainstorming
4.7.2.2	Anonymes Brainstorming
4.7.3	Brainwriting
4.7.3.1	Methode 635
4.7.3.2	Metaplan-Technik (Kärtchentechnik)
4.7.3.3	Collective Notebook
4.7.3.4	Brainwriting Pool
4.7.3.5	Brainwriting für Einzelpersonen
4.7.4	Sonderformen des Brainstormings
4.7.4.1	Didaktisches Brainstorming
4.7.4.2	Imaginäres Brainstorming

4.7.4.3	Solo-Brainstorming
4.7.4.4	Diskussion 66
4.7.4.5	SIL-Methode
4.7.5	Mind Mapping
4.7.6	Clustering
4.7.7	Galeriemethode
4.7.8	TRIZ-Methode
4.8	Schutzrechte
4.8.1	Schutzrechte im Rahmen der Produktentwicklung
4.8.2	Die Patentämter
4.8.2.1	Das Deutsche Patent- und Markenamt
4.8.2.2	Die Patentinformationszentren
4.8.2.3	Die Patentämter in Österreich und der Schweiz
4.8.2.4	Das europäische Patentamt
4.8.3	Das Deutsche Patent
4.8.3.1	Voraussetzungen für die Erteilung eines Patents
4.8.3.2	Erworbene Rechte durch ein Patent
4.8.3.3	Anmeldung eines Patents
4.8.3.4	Beispielpatentschrift
4.8.4	Das Europäische Patent
4.8.5	Das Gebrauchsmuster (Deutschland)
4.8.5.1	Voraussetzungen für die Erteilung eines Gebrauchsmusters
4.8.5.2	Erworbene Rechte durch ein Gebrauchsmuster
4.8.5.3	Anmeldung eines Gebrauchsmusters
4.8.5.4	Beispiel-Gebrauchsmuster
4.8.6	Das Geschmacksmuster (Deutschland)
4.8.6.1	Voraussetzungen für die Erteilung eines Geschmacksmusters
4.8.6.2	Erworbene Rechte durch ein Geschmacksmuster
4.8.6.3	Anmeldung eines Geschmacksmusters
4.8.6.4	Beispiel-Geschmacksmuster

5	Konstruktionsprinzipien
----------	--------------------------------

5.1	Integralbauweise
5.2	Differenzialbauweise
5.3	Bewertung der Integral- und Differenzialbauweise vor dem Hintergrund der Kunststofftechnologie
5.4	Baustruktur
5.5	Leichtbau als Konstruktionsprinzip
5.5.1	Schäumverfahren zur Gewichtsreduktion
5.5.1.1	Verfahrensvarianten
5.5.1.2	Gewichtsreduktion beim Einsatz der Schäumverfahren
5.5.1.3	Vor- und Nachteile beim Einsatz der Schäumverfahren

- 5.5.1.4 Anwendungsbeispiele
- 5.5.2 Hohlräume durch Fluidinjektionsverfahren zur Gewichtsreduktion
 - 5.5.2.1 Verfahrensvarianten
 - 5.5.2.2 Gewichtsreduktion beim Einsatz der Fluidinjektionsverfahren
 - 5.5.2.3 Vor- und Nachteile beim Einsatz der Fluidinjektionsverfahren
 - 5.5.2.4 Anwendungsbeispiel
- 5.5.3 Einsatz leichter Kunststoffe und Füllstoffe zur Gewichtsreduktion
 - 5.5.3.1 Materialwechsel
 - 5.5.3.2 Naturfaserverstärkung
 - 5.5.3.3 Zusatz von Mikrohohlkugeln
 - 5.5.3.4 Anwendungsbeispiele
- 5.5.4 Rippen
 - 5.5.4.1 Einsatz von Rippen
 - 5.5.4.2 Gewichtseinsparung durch Verrippung

6	Werkstoffauswahl
6.1	Einführung in die Werkstoffauswahl
6.2	Systematische Vorgehensweise
6.3	Hilfsmittel bei der Werkstoffauswahl
6.3.1	Datenbanken
6.3.1.1	Datenbank CAMPUS/MCBase
6.3.1.2	Datenbank Prospector/Ides Inc.
6.3.1.3	Datenbank Polymat/TDS Herrlich
6.3.2	Recherche
6.3.3	Praxisnahe Laborversuche
6.4	Werkstoffkennwerte und Normen
6.4.1	Rheologische Eigenschaften
6.4.1.1	Bestimmung der Schmelze-Volumenrate MVR (Melt Volume Rate) und der Schmelze-Massefließrate MFR (Melt Flow Rate)
6.4.2	Mechanische Eigenschaften
6.4.2.1	Bestimmung der Zugeigenschaften nach (Kurzzeitbelastungen) DIN EN ISO 527 – Teile 1 bis 5
6.4.2.2	Bestimmung des Kriechverhaltens durch den Zeitstand-Zugversuch nach DIN EN ISO 899-1 (Langzeitbeanspruchung durch Zug)
6.4.2.3	Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften nach DIN EN ISO 179-1
6.4.2.4	Normen zur Probekörperherstellung
6.4.3	Thermische Eigenschaften
6.4.3.1	Brandverhalten von Kunststoffen
6.4.3.2	Prüfung zur Beurteilung der Brandgefahr nach DIN EN 60695-11-10 und DIN EN 60695-11-20

- 6.4.3.3 Bestimmung des Brandverhaltens durch den Sauerstoff-Index nach DIN EN ISO 4589
- 6.4.3.4. Bestimmung der Wärmeformbeständigkeitstemperatur nach DIN EN ISO 75-1/2
- 6.4.3.5 Bestimmung der Vicat-Erweichungstemperatur nach DIN EN ISO 306
- 6.5 Reibung und Verschleiß von Kunststoffkomponenten
- 6.5.1 Einleitung und Grundlagen
- 6.5.2 Messung des Reibungs- und Verschleißverhaltens
- 6.5.3 Einflussfaktoren bezüglich des Verschleißes
- 6.5.4 Typische Kunststoffe in reibungs- und verschleißgefährdeten Komponenten und Verbesserung des Reibungs- bzw. Verschleißverhaltens durch Additive und Verstärkungstoffe
- 6.5.5 Beispiele für das Verschleiß- und Reibungsverhalten von Kunststoffen

7	Produktgestaltung
7.1	Grundlegende Gestaltungsregeln für spritzgegossene Formteile
7.1.1	Einführung in die Gestaltungsregeln
7.1.2	Regel 1: Wanddicke so dünn wie möglich auslegen
7.1.3	Regel 2: Gleiche Wanddicken vorsehen
7.1.4	Regel 3: Masseanhäufungen vermeiden
7.1.5	Regel 4: Ecken und Kanten mit Radien vorsehen
7.1.6	Regel 5: Rippen spritzgießgerecht gestalten
7.1.7	Regel 6: Ebene Flächen vermeiden
7.1.8	Regel 7: Ausreichende Konizitäten vorsehen
7.1.9	Regel 8: Hinterschneidungen vermeiden
7.1.10	Regel 9: Keine genauere Bearbeitung als nötig
7.1.11	Regel 10: Das Potenzial der freien Formgebung ausschöpfen
7.1.12	Regel 11: Position des Angusses bei der Formgestaltung beachten
7.1.13	Regel 12: Kunststoff-Metall-Verbunde spannungsausgleichend gestalten
7.1.14	Regel 13: Löcher und Auskernungen kunststoffgerecht gestalten
7.1.15	Regel 14: Gewinde kunststoffgerecht gestalten
7.1.16	Regel 15: Formteile verfahrensgerecht optimieren
7.2	Gestalten von Mehrkomponenten-Spritzgussbauteilen
7.2.1	Motivation
7.2.2	Überblick über die Verfahrenstechniken
7.2.2.1	Verbundspritzgießen
7.2.2.2	Montagespritzgießen – Spritzgießen beweglicher Teile
7.2.2.3	In Mould Assembly
7.2.2.4	Biinjektion und Gegentaktspritzgießen
7.2.2.5	Marmorieren
7.2.2.6	Sandwichspritzgießen/Coinjektionsverfahren

- 7.2.2.7 Monosandwichverfahren
- 7.2.3 Werkzeugtechniken für Verbundspritzguss
 - 7.2.3.1 Core-Back-Technik
 - 7.2.3.2 Transfertechnik
 - 7.2.3.3 Drehwerkzeuge
 - 7.2.3.4 Paternostertechnik
 - 7.2.3.5 Einsatzbeispiele der Werkzeugtechniken
- 7.2.4 Materialauswahl beim Mehrkomponenten-Spritzguss
- 7.2.5 Gestaltungsregeln für Mehrkomponenten-Spritzgussbauteile
- 7.3 Gestalten mit Fluidinjektionsverfahren
 - 7.3.1 Gasinjektionstechnik
 - 7.3.1.1 Grundlagen
 - 7.3.1.2 Verfahrensvarianten der Gasinjektionstechnik
 - 7.3.1.3 Gestaltungsregeln für Gasinjektionsbauteile
 - 7.3.1.4 Vor- und Nachteile der Gasinjektionstechnologie
 - 7.3.1.5 Werkstoffe für die Gasinjektionstechnik
 - 7.3.1.6 Anwendungen der Gasinjektionstechnik
 - 7.3.2 Wasserinjektionstechnik
 - 7.3.2.1 Grundlagen
 - 7.3.2.2 Verfahrensvarianten der Wasserinjektionstechnik
 - 7.3.2.3 Gestaltungsregeln für Wasserinjektionsbauteile
 - 7.3.2.4 Bewertung der WIT gegenüber der GIT
 - 7.3.2.5 Materialien
 - 7.3.2.6 Anwendungen der Wasserinjektionstechnik
 - 7.3.3 Verfahrenskombinationen
 - 7.3.3.1 Kombination von Wasserinjektionstechnik und Sandwichspritzguss (2K-WIT-Verfahren)
 - 7.3.3.2 Kombination von Wasserinjektions- und Gasinjektionstechnik
 - 7.3.3.3 Kombination von Wasserinjektions- und Projektilinjektionstechnik
- 7.4 Dekoration von Kunststoffbauteilen
 - 7.4.1 Übersicht über gebräuchliche Verfahren
 - 7.4.2 Dekorfolien
 - 7.4.3 In-Mould-Decoration (IMD)
 - 7.4.4 Film-Insert-Molding (FIM)
 - 7.4.5 In-Mould-Labeling (IML)
 - 7.4.6 Hinterpressen
 - 7.4.7 Hinterspritzen/Hinterprägen
 - 7.4.8 Heißprägen
 - 7.4.9 Bedrucken
 - 7.4.9.1 Tampondruck
 - 7.4.9.2 Siebdruck
 - 7.4.10 Laserbeschriftung
 - 7.4.11 Cubic printing

- 7.4.12 Beflocken
- 7.4.13 Galvanisieren
- 7.4.14 Lackieren

8	Dimensionierung von Produkten und Funktionselementen
----------	---

- 8.1 Kennwerte für die Dimensionierung
- 8.2 Dimensionierungsstrategien
 - 8.2.1 Dimensionierungsziele und Besonderheiten bei Kunststoffanwendungen
 - 8.2.2 Dimensionierung gegen eine zulässige Spannung
 - 8.2.2.1 Dimensionierungsrelevanter Festigkeitswert K
 - 8.2.2.2 Sicherheitsfaktoren
 - 8.2.2.3 Abminderungsfaktoren
 - 8.2.3 Dimensionierung gegen eine zulässige Dehnung
- 8.3 Konventionelle Dimensionierung
 - 8.3.1 Anwendung und Grenzen der konventionellen Dimensionierung
 - 8.3.2 Flächen- und Widerstandsmomente, Trägheitsradius für Biegung und Knickung
 - 8.3.3 Biegung von Balken
 - 8.3.4 Torsion
 - 8.3.5 Scherung
 - 8.3.6 Innendruckbelastung von dünnwandigen Behältern und Rohren

9	Funktions- und Maschinenelemente aus Kunststoffen
----------	--

- 9.1 Schnappverbindungen
 - 9.1.1 Einleitung
 - 9.1.2 Ausführungsarten
 - 9.1.2.1 Biegeschnapparmverbindungen
 - 9.1.2.2 Torsionsschnappverbindungen
 - 9.1.2.3 Ringschnapp- und Kugelgelenkverbindungen
 - 9.1.2.4 Ringartige Schnappverbindungen
 - 9.1.2.5 Alternative Möglichkeiten – Klipse
 - 9.1.3 Grundlagen des Werkstoffverhaltens für Schnappverbindungen
 - 9.1.4 Berechnungsgrundlagen für Schnappverbindungen
 - 9.1.4.1 Schnapphaken
 - 9.1.4.2 Torsionsschnapphaken
 - 9.1.4.3 Ringschnappverbindung
 - 9.1.4.4 Kugelgelenkverbindung
 - 9.1.5 Dimensionierung von Schnappverbindungen mittels Software
 - 9.1.5.1 SNAPS (BASF AG)
 - 9.1.5.2 FEMSnap (Bayer Plastics)

- 9.1.5.3 FitCalc (Ticona)
 - 9.1.6 Berechnungsergebnisse im Vergleich
 - 9.2 Schraubverbindungen
 - 9.2.1 Direktverschraubungen durch gewinde-formende Schrauben
 - 9.2.1.1 Prinzip der Direktverschraubung bei Thermoplastbauteilen
 - 9.2.1.2 Schraubenvarianten und Dorauslegung für Thermoplast-Direktverschraubungen
 - 9.2.1.2.1 PT®- und Delta PT®-Schraube der Firma EJOT
 - 9.2.1.2.2 Remform®-Schraube der Firma Arnold
 - 9.2.1.2.3 AMTEC®-Schraube der Firma BÖLLHOFF
 - 9.2.1.2.4 rs-Schrauben der Firma Betzer
 - 9.2.1.2.5 STS®-/ STS®-plus-Schraube der Firma Schriever
 - 9.2.1.2.6 Meplast 30-Schraube der Fa. A. Menschel
 - 9.2.1.2.7 Ribe® Plastoform- und PR-Schraube der Firma Richard Bergner
 - 9.2.1.3 Belastbarkeit und Prüfung von Direktverschraubungen
 - 9.2.1.3.1 Einflüsse auf die Belastbarkeit
 - 9.2.1.3.2 Erreichbare mechanische Belastbarkeit
 - 9.2.2 Schraubverbindungen durch Gewindeeinsätze
 - 9.2.2.1 Einbringen von Mould-in-Einsätzen
 - 9.2.2.2 Einbringen von After-Moulding-Einsätzen
 - 9.2.2.2.1 Kalteinpressen von Einsätzen
 - 9.2.2.2.2 Einbringen von Spreizeinsätzen
 - 9.2.2.2.3 Warm- und Ultraschalleinbetten
 - 9.2.2.2.4 Eindrehen mit Hilfe eines Außengewindes
 - 9.2.2.2.5 Gewindeeinsätze als Blindnietmuttern
 - 9.2.2.2.6 One-Shot-Verfahren für dünnwandige Strukturbauteile
 - 9.2.2.2.7 Kleben von Gewindeeinsätzen
 - 9.2.2.3 Belastbarkeit von Gewindeeinsätzen
 - 9.2.3 Übersicht der verschiedenen Gewindeeinsatztypen
 - 9.2.3.1 Mould-in-Einsätze
 - 9.2.3.2 After-Mouldings
 - 9.2.3.2.1 Gewindeeinsätze zum Kalteinpressen
 - 9.2.3.2.2 Spreizeinsätze
 - 9.2.3.2.3 Einsätze zum Warm-, Ultraschall- und Induktiv-einbetten
 - 9.2.3.2.4 Gewindeeinsätze zum Eindrehen
- 9.3 Schweißverbindungen
 - 9.3.1 Überblick
 - 9.3.2 Erwärmung durch innere und äußere Reibung
 - 9.3.2.1 Ultraschallschweißen
 - 9.3.2.2 Rotationsreibschweißen
 - 9.3.2.3 Vibrationsschweißen
 - 9.3.3 Erwärmung durch Strahlung
 - 9.3.3.1 Laserstrahlschweißen

9.4.	Filmschaniere/Filmgelenke
9.4.1	Einleitung
9.4.2	Spritzgießgerechte Gestaltung
9.4.3	Kunststoffgerechte Gestaltung des Filmgelenks
9.4.4	Material
9.4.5	Berechnung
9.4.5.1	Berechnung der tatsächlichen Dehnung im Scharnier
9.4.5.2	Bestimmung der zulässigen Dehnung
9.4.5.3	Sicherheit von Filmgelenken
9.4.6	Beispiele
9.5	Pressverbindungen
9.5.1	Einleitung
9.5.2	Übertragung von Kräften und Momenten
9.5.3	Werkstoffe für Pressverbindungen
9.5.4	Dimensionierung
9.5.5	Montage
9.5.6	Erhöhung der Verankerungsfestigkeit
9.5.7	Beispiele
9.5.8	Berechnung der Pressverbindung mittels Software

10	Simulationstechniken in der Kunststoffproduktentwicklung
-----------	---

10.1	Einführung und Übersicht zur Fertigungssimulation
10.2	Fertigungssimulation zur Absicherung der Produktentwicklung
10.2.1	Erzielbare Ergebnisse
10.2.1.1	Technische Fragestellungen
10.2.1.2	Wirtschaftliche Fragestellungen
10.2.2	Vorbereitungen einer Spritzgussimulation
10.2.2.1	Aufbereitung der CAD-Daten
10.2.2.2	Materialinformationen
10.2.2.3	Prozessinformationen
10.2.3	Modellerstellung
10.2.3.1	Formteilgeometrie
10.2.3.2	Werkzeuggeometrie
10.2.4	Durchführung einer Simulation
10.2.4.1	Füllphase
10.2.4.2	Nachdruckphase
10.2.4.3	Verzugsanalyse
10.3	Strukturmechanische Dimensionierung von Kunststoffbauteilen mittels Finite-Elemente-Berechnungen (FEM)
10.3.1	Allgemeine Einführung in die FEM

10.3.1.1	Einleitung
10.3.1.2	Was ist FEM?
10.3.1.3	Wurzeln der FEM
10.3.1.4	Konkrete Ergebnisse einer strukturmechanischen Berechnung mittels FEM
10.3.2	Theoretische Grundlagen der FEM
10.3.2.1	Grundlagen zur Vorgehensweise
10.3.2.2	Systematisches Grundprinzip einer FEM
10.3.3	Relevante Informationen zur Auswertung und allgemeine Vorgehensweise bei der Erzeugung von FEM-Modellen
10.3.3.1	Grundlagen aus der Mechanik
10.3.3.2	Übertragung der mechanischen Grundlagen auf die Größen in der FEM-Berechnung
10.3.3.3	Reflexion der Aufgabenstellung
10.3.3.4	Einlesen der CAD-Daten
10.3.3.5	Vernetzung
10.3.3.6	Rand- und Symmetriebedingungen
10.3.3.7	Definition des Lastfalles
10.3.3.8	Materialmodelle
10.3.3.9	Anisotropie
10.3.3.10	Qualitätskontrolle
10.3.3.11	Auslegungskriterien
10.3.4	Berechnungsbeispiel Getränkekasten
10.3.4.1	Reflexion des Modellaufbaus
10.3.4.2	Reflexion der Lastfälle
10.3.4.3	Berechnungsergebnisse
10.3.5	Optimierungsmöglichkeiten
10.4	Crash-Analysen

11	Toleranzen von Kunststoffprodukten
-----------	---

11.1	Allgemeines zu Toleranzen
11.1.1	Einführung in die Toleranzproblematik von Kunststoffprodukten
11.1.2	Toleranzursachen von Kunststoff-Formteilen
11.2	Toleranz- und Passungslehre
11.2.1	Begriffsdefinitionen
11.2.2	Wichtige Toleranznormen für alle Werkstoffe, auch Kunststoffe
11.2.2.1	Das werkstoffunabhängige ISO-Toleranzsystem
11.2.2.2	Allgemeintoleranzen für Metallbauteile
11.2.3	Toleranznormen für Kunststoffprodukte
11.2.3.1	DIN 16 901 zur Tolerierung von Spritzgieß-, Spritzpräge-, Spritzpress- und Pressprodukte (von DIN zurückgezogen in 2009)

- 11.2.3.2 DIN 16742 Kunststoff-Formteile – Toleranzen und Abnahmebedingungen
- 11.3 Konstruktions- und herstellungsbedingte Toleranzen bei Kunststoffprodukten
 - 11.3.1 Einflussfaktor Werkstoff
 - 11.3.2 Einflussfaktor Konstruktion
 - 11.3.3 Einflussfaktor Werkzeug
 - 11.3.4 Einflussfaktor Herstellprozess
- 11.4 Anwendungsbedingte Toleranzen
 - 11.4.1 Einflussfaktor Temperatur
 - 11.4.2 Einflussfaktor Umgebungsmedium
 - 11.4.3 Einflussfaktor Nachschwindung

12	Kostenkalkulation
-----------	--------------------------

- 12.1 Kalkulation der Herstellkosten spritzgegossener Formteile
 - 12.1.1 Einführung in die Kostenkalkulation
 - 12.1.2 Zusammensetzung der Herstellkosten
 - 12.1.3 Ermittlung von Einkaufspreisen durch Berücksichtigung von Gemeinkosten und Gewinnen
 - 12.1.4 Kalkulation mittels einer Excel-Datei
 - 12.1.4.1 Allgemeines zur Excel-Datei
 - 12.1.4.2 Tabellenblatt 1: Allgemeine Angaben
 - 12.1.4.3 Tabellenblatt 2: Maschinenstundensatz
 - 12.1.4.4 Tabellenblatt 3: Artikelkosten
 - 12.1.4.5 Tabellenblatt 4: Abkühlberechnung
 - 12.1.4.6 Tabellenblatt 5: Artikelkostenübersicht
 - 12.1.5 Kalkulation mit dem Online-Tool Artikelkalkulation
 - 12.1.5.1 Allgemeines zum Online-Tool Artikelkalkulation
 - 12.1.5.2 Bereich: Allgemeine Informationen
 - 12.1.5.3 Bereich: Herstellkosten des Spritzgießteils
 - 12.1.5.4 Bereich: Artikelkostenübersicht inklusive Gemeinkosten und Gewinn
 - 12.1.5.5 Bereich: Grafische Auswertung
 - 12.1.5.6 Umfangreiche Dokumentation der Ergebnisse

13	Prototypen
-----------	-------------------

- 13.1 Einführung
- 13.2 Rapid-Prototyping-Verfahren
 - 13.2.1 Allgemeines
 - 13.2.2 Stereolithografie (SLA)
 - 13.2.2.1 Verfahren
 - 13.2.2.2 Materialien

13.2.2.3	Einsatzbereiche
13.2.3	Selektives Laser-Sintern (SLS)
13.2.3.1	Verfahren
13.2.3.2	Materialien
13.2.3.3	Einsatzbereiche
13.2.3.4	Laser-Sinter-Anlage für Hochtemperaturpolymere
13.2.4.	Fused Deposition Modeling (FDM)
13.2.4.1	Verfahren
13.2.4.2	Materialien
13.2.4.3	Einsatzbereiche
13.2.5	3 Dimensional Printing (3DP)
13.2.5.1	Verfahren
13.2.5.2	Materialien
13.2.5.3	Einsatzbereiche
13.2.6	Laminated Object Manufacturing (LOM)
13.2.6.1	Verfahren
13.2.6.2	Materialien
13.2.6.3	Einsatzbereiche
13.3	Spanende Bearbeitungsverfahren
13.3.1	Fräsen
13.3.1.1	Verfahren
13.3.1.2	Materialien
13.3.1.3	Einsatzbereiche
13.4	Rapid-Tooling-Verfahren
13.4.1	Allgemeines
13.4.2	Silikon-Vakuumguss
13.4.3	Epoxydharzguss
13.4.4	3D Keltool/Course4Technology
13.4.5	Fräsen von Aluminiumwerkzeugen

14	Versuch und Erprobung
-----------	------------------------------

14.1	Einführung und Beispiel-Liste
14.2	Umweltsimulation
14.2.1	Einleitung
14.2.2	Xenon-Test
14.2.3	Temperaturschock
14.2.4	Ozon-Klimaprüfschrank
14.2.5	Klimaprüfschrank mit Explosionsschutz
14.2.6	Sehr große Prüfkammern
14.2.6.1	XXL-Klimaschränke
14.2.6.2	Klimakammer für den Autotest

15	Produktdokumentation und Produktumsetzung
15.1	Einführung
15.2	Erstellung der Produktionswerkzeuge
15.3	Werkzeugbemusterungen bis zum Serienanlauf
15.3.1	Vor der ersten Werkzeugabmusterung
15.3.2	Ablauf der ersten Werkzeugabmusterung
15.3.3	Qualitätsermittlung
15.3.4	Festlegung von Maßnahmen und Werkzeugkorrekturen
15.3.5	Weitere Bemusterungen sowie Bauteil- und Werkzeugfreigabe
16	Methoden zur Produktentwicklung
16.1	Einleitung
16.2	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)
16.2.1	Einführung
16.2.2	Unterschiedliche FMEA-Typen
16.2.3	Methodische Durchführung einer FMEA
16.2.4	Konstruktions-FMEA am Beispiel eines spritzgegossenen Kupplungspedals
16.2.5	Konstruktions-FMEA am Beispiel eines Rückflussverhinderers
16.2.6	Fehlerkatalog
16.3	QFD
16.3.1	Einleitung
16.3.2	Software
16.3.3	Arbeitsweise in den QFDs
16.3.4	QFD-Varianten
16.3.5	QFD1
16.3.5.1	Kundenorientierung in der QFD1
16.3.5.2	Technischer Bereich der QFD1
16.3.5.3	Beziehungsmatrix und Gewichtung der Messgrößen
16.3.6	Beispiel Trokar
16.4	Wertanalyse
16.4.1	Definition des Wertbegriffs und Ziel der Wertanalyse
16.4.2	Vorgehensweise bei der Wertanalyse
16.4.2.1	Projektplanungsphase
16.4.2.2	Analysephase
16.4.2.3	Entwicklungsphase
16.4.2.4	Realisierungsphase
16.4.3	Beispiel – Wertanalyse einer elektrischen Zahnbürste
16.4.3.1	Projektplanungsphase
16.4.3.2	Analysephase
16.4.3.3	Entwicklungsphase

- 16.4.3.4 Realisierungsphase
- 16.4.3.5 Unterschied der QFD-Wertanalyse zur VDI-Richtlinie