## 1.1

1. Nennen Sie die Nummer der Norm zur Einteilung der Fertigungsverfahren sowie die Hauptgruppen. Nach welchem Gesichtspunkt sind die Fertigungsverfahren in dieser Norm eingeteilt?

*Die einschlägige Norm ist die DIN 8580. Die Hauptgruppen Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten, Stoffeigenschaftsändern sind bezogen auf den Zusammenhalt eingeteilt: schaffen, beibehalten, vermindern, vermehren.*

1. Wie werden bei der Auftragszeit Fertigungs- und Rüstzeiten nach REFA aufgeteilt? Wie werden Grundzeiten und Verteilzeiten bei der Ausführungszeit weiter untergliedert?

*Die Aufteilung erfolgt in Grundzeiten, Verteilzeiten und Erholzeiten.*

* *Grundzeiten: Tätigkeitszeiten (beeinflussbar und nicht beeinflussbar) und Wartezeiten,*
* *Verteilzeiten: sachliche Verteilzeiten, persönliche Verteilzeiten.*

1. Wie lautet die 10er-Regel des Qualitätsmanagements?

*Die Fehlerkosten steigen mit der Stufe der Entdeckung jeweils um eine Zehnerpotenz: Entwicklung (1), Prozessplanung (10), Fertigung (100), Kunde (1000).*

1. Welche Prinzipien bei den Prozessen sind im Lean Management wichtig?

* *Verschwendung eliminieren;*
* *Prozesse synchronisieren, Prozesse standardisieren, Fehler vermeiden, Anlagen verbessern, Werker trainieren;*
* *Verbesserung in kleinen Schritten.*

## 1.2

1. Welche Werkstoffe wurden in der Bronzezeit verarbeitet und welche Produkte wurden hergestellt?

*Als Werkstoffe wurden in der Bronzezeit Bronze, Kupfer und Zinn verarbeitet. Daraus wurden beispielsweise Schmuckstücke, Werkzeuge und Waffen hergestellt.*

1. Was bedeutet Arbeitsteilung und welche Vorteile ergeben sich daraus?

*Arbeitsteilung bedeutet Mengenteilung und Artenteilung. Bei der Mengenteilung stellt jeder eine bestimmte Menge her und führt alle Arbeitsvorgänge aus. (Nachteil: Man braucht Spezialisten.) Bei der Artenteilung übernimmt jeder nur einen Teilschritt der gesamten Arbeit und es werden nur wenige Kenntnisse benötigt, die angelernt werden (Vorteil: höherer Übungsgrad und kürzere Zeiten).*

1. Welches waren die wichtigsten Veränderungen in den vier Industrierevolutionen, die bis heute stattgefunden haben?

* *Industrie 1.0: Beginn des Maschinenzeitalters mit der Erfindung der Dampfmaschine, der Wasserkraft, des Webstuhls und der Spinnmaschine;*
* *Industrie 2.0: Einführung der Fließbandarbeit (Artteilung der Arbeit);*
* *Industrie 3.0: Rechenmaschinen und Computer, Steuerungssysteme für Maschinen;*
* *Industrie 4.0: Digitalisierung und Vernetzung der Produktionsanlagen, Einführung von Cyber Physical Systems, Internet of Things.*

## 1.3

1. Was bedeutet die Pareto-Regel?

*Laut der Pareto-Regel, auch 80/20-Regel von Ursache und Wirkung, verursachen einige Produkte ca. 80 % des Aufwandes (Ursache), tragen aber nur ca. 20 % (Wirkung) zum Ergebnis bei. Pareto beweist, dass der wesentliche Teil des Erfolges (ca. 80 %) nur mit ca. 20 % der Produkte erreicht wird.*

1. Was bedeutet der Long Tail?

*Einige Produkte sind Renner und verkaufen sich sehr gut mit hohen Stückzahlen und großen Erträgen, andere erreichen nur kleine Stückzahlen und haben damit hohen Aufwand und wenig Ertrag (sie befinden sich im Long Tail). Durch den Vertrieb im Internet möchte man die Basis des Vertriebs vergrößern und dadurch größere Märkte erreichen, sodass auch Nischenprodukte leichter Abnehmer finden.*

## 2.1

1. Welche Fertigungsverfahren existieren in der Hauptgruppe Urformen?

* *aus dem flüssigen oder breiigen Zustand (Gießen von metallischen und polymeren Werkstücken)*
* *aus dem festen, körnigen oder pulverigen Zustand von Metallen (Pulvermetallurgie: pressen, danach sintern)*
* *additive Fertigungsverfahren (schichtweiser Aufbau von Bauteilen mit fast beliebiger Geometrie und metallischen sowie polymeren Werkstoffen)*

1. Beschreiben Sie den groben Ablauf der Gießereitechnik.

*Beim Gießen entsteht ein Bauteil aus der Schmelze, z. B. wird Metallschmelze in eine Form gegossen, durch Erstarren entsteht ein fester Körper definierter Form. Werkstücke werden im Allgemeinen immer dann gegossen, wenn ihre Herstellung durch andere Fertigungsverfahren unwirtschaftlich oder nicht möglich ist (z. B. Großbauteile wie Turbinengehäuse, Motorengehäuse etc.). Gießverfahren sind besonders vorteilhaft einsetzbar für die Massenproduktion von Bauteilen.*

1. Welche Gießverfahren werden unterschieden?

*Feingießen, Vollformgießen, Sandguß, Formmaskenverfahren, Kokillenguss, Druckguss, Schleuderguss, Strangguss.*

## 2.2

1. Wie lautet die Einteilung der Umformverfahren nach DIN 8580?

* *Druckumformen*
* *Zugdruckumformen*
* *Zugumformen*
* *Biegeumformen*
* *Schubumformen*

1. Welche umformenden Fertigungsverfahren werden im Bereich Automobil- und Flugzeugbau überwiegend eingesetzt?

* *Walzen (Kaltumformung für Stringer, Spante, Beplankungen etc.),*
* *Tiefziehen und Streckziehen (Kaltumformung für Karosserieteile, Beplankungen, Klappen etc.),*
* *Fließpressen (Kaltumformung hochbelasteter Bauteile, wie z. B. Triebwerke, Fahrwerke etc.),*
* *Schmieden (Warmumformung, Gesenkschmieden von Fahrwerksteilen, Triebwerksteilen, Kurbelwellen, Nockenwellen, Felgen etc.).*

1. Worin besteht der Unterschied in der Kalt- und Warmumformung?

*Warmumformung erfolgt bei höheren Temperaturen (mindestens oberhalb der Rekristallisationstemperatur). Hier sind die Werkstoffe im Allgemeinen wesentlich leichter umformbar und gleichzeitig setzt eine Rekristallisation ein (und damit Abbau der Verfestigung).*

*Kaltumformung (bei Raumtemperatur) erfordert wesentlich höhere Spannungen als die Warmumformung, hat aber den Vorteil, dass eine erhebliche Verfestigung der Werkstoffe eintritt.*

1. Wo wird das Fertigungsverfahren Tiefziehen eingesetzt?

*Tiefziehen ist ein Fertigungsverfahren, das zum Zugdruckumformen von Blechzuschnitten (Ronden, Platten, Platinen) zu einem Hohlkörper (z. B. ein oben offener Napf) eingesetzt wird. Das Werkzeug besteht aus Stempel, Matrize und Niederhalter. Der Niederhalter hat die Aufgabe, die Faltenbildung des Bleches zu verhindern. Tiefziehen wird umfangreich im Karosseriebau in der Automobilindustrie eingesetzt.*

## 2.3

1. Welches sind die wichtigsten Fertigungsverfahren der Hauptgruppe Trennen?

*Die Fertigungsverfahren der Hauptgruppe Trennen sind das Zerteilen (Stanztechnik), die Zerspanung und das Abtragen (Funkenerosion, Elektrochemische Bearbeitung etc.).*

1. Welches sind die wesentlichen Probleme beim Zerspanen?

*Problem der Zerspanungstechnik ist der große Werkzeugverschleiß aufgrund der hohen Temperaturen, des großen Drucks auf das Werkzeug in der Kontaktstelle durch den Trennvorgang und der Relativbewegung zwischen Werkzeug und Span.*

1. Was bedeutet der Begriff Standzeit beim Zerspanen?

*Der Verschleiß eines Werkzeuges bestimmt die Standzeit, also die Zeit, die ein Werkzeug im Eingriff bleiben darf. Bei großem Verschleiß kommt es zu einer starken Veränderung des Prozesses und zu Abweichungen bei der Oberflächengüte und der Maßgenauigkeit.*

1. Welche Verschleißarten werden bei der Zerspanung unterschieden?

*Mechanischer Abrieb, Oxidation, Diffusion, Aufbauschneidenbildung.*

## 2.4

1. Wie hoch werden die Wertschöpfungsprozesse für die Montage im Automobilbau und im Flugzeugbau angesetzt?

*Im Automobilbau liegen sie bei ca. 50 %, beim Flugzeugbau bei ca. 70 %.*

1. Welche beiden Gruppen werden bei den Verfahren in der Schweißtechnik unterschieden und welche Besonderheiten sind damit verbunden?

* *Schmelzschweißen: Probleme sind Erstarrungsschwindung und Festkörperschwindung, Kristallbildung, Gasaufnahme, Seigerungen, Eigenspannungen.*
* *Pressschweißen: Die Temperaturen bleiben immer unter der Schmelztemperatur, daher besteht keine Erstarrungsproblematik, nur Festkörperschwindung.*

1. Was sind die Besonderheiten beim Kleben? Was sind die wichtigsten Vor- und Nachteile?

*Beim Kleben werden atomare Bindungskräfte aufgebaut: Kohäsion (atomare Kräfte zwischen gleichen Atomen) und Adhäsion (atomare Kräfte zwischen verschiedenen Atomen).*

*Die wichtigsten Vorteile bestehen darin, dass sich unterschiedliche Werkstoffe miteinander kombinieren lassen und niedrige Temperaturen zum Verbindungsaufbau ausreichen.*

*Die wichtigsten Nachteile liegen in der niedrigen Temperaturbeständigkeit der Klebung (max. ca. 100–150 °C) sowie der Alterung des Klebers.*

## 2.5

1. Welche zukünftigen Forderungen sind in der Montage für den Automobil- und Flugzeugbau bedeutungsvoll?

* *hohe Flexibilität für aktuelle und zukünftige Varianten,*
* *gute Zugänglichkeit für Montageprozesse,*
* *hohe Wartungsfreundlichkeit,*
* *geeignet für große Produktionsraten,*
* *kurze Durchlaufzeiten,*
* *hoher Automatisierungsgrad,*
* *große Flexibilität,*
* *hohe Kosteneffizienz,*
* *gesteigertes Qualitätsniveau.*

1. Welche Beschichtungsverfahren werden im Automobil- und Flugzeugbau überwiegend eingesetzt?

* *Vorbehandlung mit Phosphatsalzlösungen (sprühen und tauchen), Aufbau einer kristallinen Metall-Phosphat-Schicht (nur im Automobilbau bei Stahlkarosserien, nicht im Flugzeugbau),*
* *Korrosionsschutz-Grundierung zur Verhinderung von Korrosion,*
* *Füller, um Unebenheiten zu glätten (Alkyd-Harze),*
* *Lackschicht zur Farbgebung (wasserlöslich), eventuell mit Effekten wie z. B. Metallic, Perleffekt etc.,*
* *Klarlack (Acryl-Harze) zum Schutz gegen mechanische, chemische und umweltbedingte Belastungen.*

## 2.6

1. Welches Verfahren wird zur Steigerung der Bauteileigenschaften eingesetzt und welche Verbesserungen lassen sich erreichen?

*Das Kugelstrahlen (Verfestigungsstrahlen) wird mit folgenden Zielen eingesetzt:*

* *Steigerung der Dauerfestigkeit (bis 100 %),*
* *Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit (bis 100 %),*
* *Verbesserung der Verschleißfestigkeit (bis zu 50 %).*

## 3.1

1. Welche Bedeutung haben die Einmal-Kosten bei den Fertigungsverfahren?

*Die Einmal-Kosten, wie z.B. für Rüstvorgänge, Vorrichtungen, Werkstückaufnahmen und Werkzeuge, sind bei konventionellen Fertigungsverfahren, wie z.B. einer Einzel- oder Kleinstserienfertigung im Allgemeinen relativ hoch. Bei den additiven Fertigungsverfahren ist der Anteil der Einmalkosten gering, da die Datenaufbereitung für die Geometrie über Softwareprogramme aus den CAD-Daten generiert wird und der Anteil für Rüstvorgänge üblicherweise nicht vorhanden ist.*

1. Nennen Sie den Unterschied zwischen additiven und subtraktiven Fertigungsverfahren.

*Bei den additiven Fertigungsverfahren wird das Bauteil sukzessive und schichtweise bis zur Endkontur durch das Schaffen des Zusammenhaltes aufgebaut.*

*Bei subtraktiven Fertigungsverfahren wird die Endkontur durch Subtraktion von Material mittels Vermindern des Zusammenhalts, z.B. durch Spanabnahme bei den spanenden Fertigungsverfahren (Drehen, Bohren, Fräsen etc.), erzeugt, um die Endkontur zu herzustellen.*

1. Welche Einsätze der additiven Verfahren sind bekannt?

* *Rapid Prototyping*
* *Rapid Tooling*
* *Rapid Manufacturing*

1. Welche juristischen Probleme ergeben sich insbesondere durch die additiven Verfahren?

* *geistiges Eigentum und gewerbliche Schutzrechte,*
* *Produzentenhaftung,*
* *Sicherheitsanforderungen gemäß CE-Richtlinie.*

## 3.2

1. Erläutern Sie stichwortartig den Ablauf bei der Stereolithografie.

* *Erzeugen eines mathematischen Schichtmodells aus den CAD-Daten,*
* *schichtweise Vernetzung des flüssigen Duroplastes (Epoxid-Harz mit eingemischtem Härter) lokal durch den Laserstrahl,*
* *Entstehung des Bauteils durch seine schichtweise Struktur.*

1. Wie wird bei der Stereolithographie aus dem flüssigen Duroplast ein Festkörper erzeugt?

*Einem flüssigen photosensitiven oder einem wärmesensitiven Polymer (im allgemeinen ein Duroplast, z.B. Epoxid-Harz), in das ein Vernetzungsmittel (Härter) eingemischt ist, wird mit einem Laser mit XY-Steuerung die zur chemischen Reaktion des Polymers nötige Energie zuführt. Damit startet ein Vernetzungsprozess, der das Polymer in einen festen Zustand überführt.*

1. Wie wird bei der Stereolithographie die Vernetzung in der Tiefe realisiert?

*Die Vernetzung wird erreicht, indem mit dem Laser jeweils nur dünne Oberflächenschichten als Festkörper erzeugt werden. Nach der Erzeugung einer festen Schicht wird das Bauteil abgesenkt und die nächste Schicht folgt.*

## 3.3

1. Erläutern Sie stichwortartig den Ablauf beim Selektiven Lasersintern.

* *Erzeugen eines mathematischen Schichtmodells aus den CAD-Daten,*
* *schichtweises Anschmelzen der Kunststoffschicht eines metallischen Pulvers (beschichtet mit einem Polymer) oder schichtweises Anschmelzen eines Kunststoffpulvers oder eines pulvrigen Sandes (beschichtet mit einem Polymer für Gießformen und Sandkerne) durch die Energieeinwirkung eines Laserstrahls oder eines Elektronenstrahls,*
* *Entstehung des Bauteils durch den Aufbau einer schichtweisen Struktur,*
* *Sintern des Bauteils (bei metallischen Pulvern, nicht bei Formsand) in einem Sinterofen mit Austreiben des Kunststoffs.*

1. Erläutern Sie stichwortartig den Ablauf beim Verfahren SLM (Selective Laser Melting) und SEBM (Selective Electronic Beam Melting).

*Erzeugen eines mathematischen Schichtmodells aus den CAD-Daten,*

*schichtweises Anschmelzen des metallischen Pulvers oder des Kunststoffpulvers durch den Laserstrahl oder den Elektronenstrahl,*

*Entstehung des Bauteils durch den Aufbau einer schichtweisen Struktur.*

1. Welche Dichten und Festigkeiten werden beim SLM- und SEBM-Verfahren erreicht?

*Die erreichbare Festigkeit und Dichte des Werkstoffes liegt im Bereich von ca. 97–99 %, vergleichbar mit den Eigenschaften von konventionell hergestellten Werkstücken.*

## 3.4

1. Erläutern Sie stichwortartig den Ablauf beim Verfahren FDM (Fused Deposition Modeling).

* *Erzeugen eines mathematischen Schichtmodells aus den CAD-Daten;*
* *schichtweiser Aufbau des Bauteils aus einem schmelzfähigen Kunststoff (Thermoplast);*
* *der Kunststoff wird in einer Düse aufgeschmolzen (breiiger Zustand) und mit einer Düse in XY-Richtung positioniert;*
* *Schichtaufbau durch den aufgeschmolzenen Kunststoff in breiigem Zustand;*
* *Entstehung des Bauteils durch den Aufbau einer schichtweisen Struktur.*

1. Welche Vorgänge finden im FDM-Kopf statt?

*Das Material wird im FDM-Kopf von einem Extruder eingezogen und elektrisch erwärmt, der Kunststoff aus der festen Phase aufgeschmolzen und im FDM-Kopf zu einer breiigen Masse verarbeitet. Aufgrund der Drucksituation im FDM-Kopf wird das Material auf die Bauplattform gespritzt und nacheinander werden die Schichten erzeugt und das Bauteil aufgebaut. Das Material kühlt danach ab und erhärtet an der gewünschten Position.*

1. Welche Vorteile lassen sich für das FDM-Verfahren nennen bzw. was für Bauteile können erzeugt werden?

* *Bauteile mit hoher Genauigkeit,*
* *Bauteile für anspruchsvolle Tests und raue Umgebungen,*
* *Befestigungsteile,*
* *Werkzeuge,*
* *Prototypen für die Automobilindustrie sowie Luft- und Raumfahrt,*
* *Prothesen für die Medizintechnik.*

## 3.5

1. Erläutern Sie stichwortartig den Ablauf beim Verfahren Multi-Jet Modeling (MJM) und Poly-Jet-Verfahren (PJM).

* *Erzeugen eines mathematischen Schichtmodells aus den CAD-Daten;*
* *flüssiger Kunststoff oder Wachs wird mit einem Druckkopf tröpfchenweise aufgespritzt (ähnlich Tintenstrahldruckern);*
* *der Kunststoff oder das Wachs kühlen ab und werden fest und bilden eine Schicht;*
* *Entstehung des Bauteils durch den Aufbau einer schichtweisen Struktur.*

1. Wie erfolgt der Aushärteprozess beim MJM und PJM?

*Flüssiger Kunststoff (Thermoplast) oder Wachs wird mit einem Druckkopf, ähnlich wie bei Tintenstrahldruckern, als Schicht auf die Bauplattform oder auf eine vorangegangene Schicht aufgetragen, woraufhin der Kunststoff oder das Wachs abkühlen und fest werden. Es können auch Kunststoffe verwendet werden, die UV-Licht-empfindlich sind und mit UV-Licht ausgehärtet werden. Dadurch entstehe das Bauteil durch den Aufbau einer schichtweisen Struktur.*

1. Wozu sind Stützstrukturen notwendig?

*Bei Materialüberhängen sind geeignete Stützstrukturen einzusetzen. Dabei werden das Material für den Bauteilwerkstoff und das Material für die Stützstruktur gleichzeitig mithilfe von Mehrfachdüsen verarbeitet. Üblicherweise werden als Baumaterial Thermoplaste als Photopolymere verwendet, die sich durch UV-Lampen aushärten lassen. Stützstrukturen werden vielfach aus Wachsen erzeugt, die sich einfach abschmelzen lassen.*

1. Wie funktioniert das MJM-Verfahren?

*Das MJM-Verfahren besteht darin, einen Klebstoff mit einem Strahlverfahren auf eine Schicht eines pulvrigen Substrats aufzuspritzen, dabei wird Pulver wird als Substrat verklebt und es entsteht ein festes Gebilde.*

## 3.6

1. Erläutern Sie stichwortartig den Ablauf beim Verfahren 3D-Druck (3DP).

* *Erzeugen eines mathematischen Schichtmodells aus den CAD-Daten;*
* *pulverbasiertes Verfahren, bei dem Partikel aus Kunststoff oder Sand über eine Schicht verteilt werden;*
* *mit einem Druckkopf wird tröpfchenweise ein Kleber oder Bindemittel aufgespritzt (ähnlich wie bei einem Tintenstrahldrucker);*
* *die Partikel verbinden sich durch das Aushärten des Klebers und bilden eine Schicht;*
* *Entstehung des Bauteils durch den Aufbau einer schichtweisen Struktur.*

1. Welche Voraussetzungen sind beim 3D-Druck notwendig und wie erfolgt die Vernetzung?

*Wichtige Voraussetzung ist, dass die Werkstoffe in Pulverform existieren und sich mit einem Bindemittel oder Klebstoff vernetzen lassen. Die Piezo-Injektionseinheit führt das Bindemittel oder den Klebstoff mengendosiert zu.*

1. Welche Werkstoffe kommen beim 3D-Druck infrage?

*Als Werkstoffe lassen sich Materialien in Pulverform wie z.B. Metalle, Keramiken, Sand und Kunststoffe einsetzen. Die Werkstoffe müssen sich vom Bindemittel oder dem Klebstoff benetzen lassen.*

## 3.7

1. Erläutern Sie stichwortartig den Ablauf beim Verfahren LLM (Layer Laminated Manufacturing) und beim LOM (Layer Object Modeling).

* *Erzeugen eines mathematischen Schichtmodells aus den CAD-Daten;*
* *mit einem Laser werden Kunststoff- oder Papierbahnen geschnitten;*
* *die geschnittenen Kunststoff- oder Papierschichten werden mit einem Kleber versehen und auf die Grundfläche laminiert;*
* *durch die Verbindung der Schichten wird das Bauteil aufgebaut;*
* *Entstehung des Bauteils durch den Aufbau einer schichtweisen Struktur.*

1. Welche Art Bauteile lassen sich mit dem LLM und beim LOM besonders günstig fertigen?

*Derartige Laminatverfahren für den Aufbau von Bauteilen durch Schichten sind besonders geeignet, um besonders massive und große Bauteile zu erzeugen (z. B. Sitze, Karosseriekomponenten und andere Großstrukturen im Automobilbereich).*

1. Wie gestalten sich die Festigkeiten von Laminatbauteilen?

*Die mechanischen Festigkeiten in Folienrichtung und senkrecht dazu sind unterschiedlich, da die Festigkeit jeweils durch das Folienmaterial oder die Klebung bestimmt wird. Daraus ergeben sich eine massive Anisotropie (Richtungsabhängigkeit der Eigenschaften) sowie ein hoher Aufwand für die Nachbearbeitung der Geometrie und Oberflächen.*

1. Welche Arten von Folientrennungen werden unterschieden und welche Gefahr einer Delaminierung besteht?

*Üblicherweise wird mit den Schneideinrichtungen senkrecht zur Folie geschnitten, was ungünstig bei flachen Schrägen ist. Günstiger ist es dann mit gefrästen Folien, bei denen man durch die Stellung des Fräsers die Konturen anpassen kann. Eine Gefahr von Delaminierung ist latent vorhanden, insbesondere Bauteile aus Papier müssen zum Schutz vor Delaminierung zusätzlich behandelt werden.*

## 3.8

1. Worin liegen die wesentlichen Vorteile des Selektiven Maskensinterns?

* *integrale Belichtung der gesamten Bauteiloberfläche über die Formmaske, dadurch erhöhte Geschwindigkeit bei der Bearbeitung (es muss nicht jeder Punkt abgefahren werden),*
* *schnelleres Verfahren im Vergleich zum Selektiven Lasersintern (SLS).*

## 4.1

1. Was ist das Ziel des Rapid Prototyping?

*Das Rapid Prototyping bietet verschiedene Möglichkeiten, beispielsweise in möglichst kurzer Zeit von einem Bauteil, für das eine CAD-Konstruktion vorliegt, einen Prototyp zu erzeugen, die Geometrie des zukünftigen Bauteils zu zeigen, Anschauungsmuster herzustellen sowie Unterstützung bei der Entwicklung komplexer Konstruktionen.*

1. Welche additiven Verfahren werden im Bereich des Rapid Prototyping eingesetzt?

* *Stereolithographie*
* *Lasersintern*
* *Fused Deposition Modeling*
* *Multi Jet-Verfahren*
* *3D-Drucken*
* *Laminierverfahren*

1. Welche Besonderheiten weisen die Verfahren des Rapid Prototyping auf?

*Besonderheit des Rapid Prototyping ist, dass keine Werkzeuge zur Erzeugung eines Bauteils hergestellt werden müssen, Alle additiven Verfahren arbeiten ohne den Einsatz von Form-Werkzeugen, wodurch sich Zeit und Kosten einsparen lassen.*

## 4.2

1. Welche Verfahren werden zur Prototypenherstellung eingesetzt? Welches Verfahren bringt die größte Zeiteinsparung und die höchste Steigerung der Produktqualität?

* *Physical Mock-Up (realer Aufbau, Modellbau, großer Zeitaufwand, geringe Steigerung der Produktqualität),*
* *Digital Mock-Up (virtueller Aufbau, 3D-CAD Darstellung, mittlerer Zeitaufwand, mittlere Steigerung der Produktqualität),*
* *Rapid Prototyping (realer Aufbau, geringster Zeitaufwand, größte Steigerung der Produktqualität).*

1. Welches sind die wichtigsten Gründe zum Einsatz des Rapid Prototyping in der frühen Entwicklungsphase?

* *Design-Modell: erforderlich hohes Maß an Geometriedetails und Oberflächenqualität, optische Akzeptanz;*
* *Ergonomie-Modell: Aufzeigen von Bedienungsfunktionen, Einfachheit der Bedienung;*
* *Funktions-Modelle: Funktionalität zur Prüfung der Anwendung und Abläufe;*
* *Geometrie-Modell: Ausfüllen von Bauraum, Prüfung der Platzverhältnisse (besonders gefragt im Automobilbau).*

1. Welches andere Unterstützungssystem ist in der Entwicklung bekannt?

*Simultaneous Engineering (auch Concurrent Engineering genannt) ist ein bekanntes Unterstützungssystem in der Entwicklung, bei dem eine Vielzahl von Aktivitäten zeitlich parallel gelegt werden, auch für die Herstellung von Prototypen.*

## 4.3

1. Welches sind die typischen Anwendungsbranchen für das Rapid Prototyping?

* *Haushalts- und Gebrauchsgeräte: Prüfung von Optik, Funktion, Handhabung;*
* *Automobilindustrie: Prüfung der maximalen Designfreiheit, Zusammenwirken von Komponenten, Ausnutzung des Bauraumes;*
* *Raumfahrtindustrie: Bauteile mit optimierten Konstruktionen und extreme Belastungen;*
* *Flugzeugindustrie: Planung und im Modellbau in der Strukturkonstruktion und dem Innenausbau;*
* *Gesundheitswesen: Erzeugung von Prothesen, Implantaten;*
* *Maschinenbau: alternative Produktentwicklungen, insbesondere bei komplexen Konstruktionen;*
* *Architektur: Prüfung von Optik, Geometrien, Funktionalitäten und Gesamtbild von Bauten.*

1. In welchen Branchen sind die häufigsten Anwendungen für das Rapid Prototyping zu finden?

*Schwerpunkte liegen im Bereich Automobilindustrie, Flugzeugbau und Architektur.*

## 5.1

1. Was ist die wesentliche Aufgabe des Rapid Tooling?

*Ziel des Rapid Tooling bezüglich Zeit und Kosten ist es, auf geringem Niveau Werkzeuge für die Produktion bzw. den Bau von Prototypen zu erzeugen und damit die Herstellung der notwendigen Werkzeuge zu gewährleisten.*

1. Was sind die wesentlichen Vorteile des Rapid Tooling im Vergleich zu konventionellen Verfahren?

*Beim Rapid Tooling werden additive Verfahren eingesetzt, um Werkzeuge für Fertigungsprozesse zu erzeugen, wodurch sich Zeit und Kosten erheblich reduzieren lassen.*

1. Welche Elemente lassen sich für die Gießereitechnik mit dem Rapid Tooling herstellen?

*Mit dem 3D-Druckverfahren lassen sich z. B. Sandformen und Sandkerne erzeugen, die als verlorene Formen oder verlorene Kerne aus Formsand eingesetzt werden, sowie Werkzeugeinsätze aus Metallen für Anwendungen im Bereich der Kunststoff-Spritzgusstechnik.*

1. Wo liegen die wesentlichen Vorteile des Rapid Tooling bei der Herstellung von metallischen Spritzgussformen?

*Bei der Herstellung eines Werkzeugs oder Werkzeugeinsatzes können interne konturnahe Kühlkanäle erzeugt werden. Generativ gefertigte Werkzeuge oder Werkzeugeinsätze zeichnen sich durch verbesserte Kühlleistungen gegenüber Werkzeugen aus Vollmaterial aus.*

## 5.2

1. Was ist der Unterschied von indirekten und direkten Verfahren beim Rapid Tooling für die Formherstellung in der Gießereitechnik?

*Indirekt: Zunächst wird ein Urmodell mit einem additiven Verfahren, wie z. B. 3D-Printing (3DP) oder Stereolithografie (STL) hergestellt. Von diesem Urmodell werden dann in einem nicht-additiven Folgeprozess eine Sandgussform und Sandkerne hergestellt.*

*Direkt: In der frühen Phase der Entwicklung werden direkt Sandformen und -kerne erstellt, die für die Gießereitechnik eingesetzt werden, um damit erste Abgüsse und damit reale Gussteile zu erzeugen.*

1. Von welchen Faktoren hängen die Kosten bei der Herstellung von Einsätzen für Kunststoff-Spritzgussformen ab?

* *Anzahl der Formnester,*
* *Größe der Bauteile,*
* *angestrebte Oberflächenzustände,*
* *Zahl der Anspritzungen,*
* *Anzahl und Geometrie der Kühlkanäle,*
* *zu erwartender Verschleiß.*

1. Welche Vorteile ergeben sich für die Anwendung des Rapid Tooling im Vergleich zu traditionellen Verfahren?

* *schnelle Produktbereitstellung,*
* *kurze Entwicklungszeiten der Werkzeuge,*
* *üblicherweise Verwendung von original Serien-Kunststoffsorten,*
* *günstige Alternative zum herkömmlichen Werkzeugbau,*
* *geeignet für kleine und mittelgroße Produktserien.*

1. Welche Möglichkeiten ergeben sich mit dem Rapid Tooling, um größere Stückzahlen im Kunststoff-Spritzguss herzustellen?

*Der Einsatz von Aluminium-Spritzgussformen ist bei vielen Rapid Tooling-Prozessen kostengünstig; je nach Stückzahl (bis 30.000 Stück) und verwendetem Material lassen sich Aluminium-Formen, hergestellt mit dem Selektiven Lasersintern (SLS), einsetzen. Aluminium-Spritzgussformen erlauben auch die Verwendung von glasfaserverstärkten Kunststoffen.*

## 6.1

1. Nennen Sie die wichtigsten Vorteile des Rapid Manufacturing für den Bereich Entwicklung.

* *Verringerung der Zeit Time-to-Market,*
* *Verminderung von Entwicklungszeit und Reduzierung von Entwicklungskosten,*
* *schnelle Verfügbarkeit der Bauteile für Funktionstests,*
* *Wegfall von Werkzeugen und Werkzeugkosten,*
* *Herstellung von Geometrien, die mit herkömmlichen Verfahren nicht möglich sind,*
* *Geometrieänderungen im frühen Stadium jederzeit durch Datenänderung möglich,*
* *Entwicklung von kunden- und anwendungsspezifischen Produkten (z. B. patientenspezifische Implantate etc.),*
* *verbesserte Adaption an Anwendungen (z. B. Bionik, Leichtbau etc.).*

1. Welche weiteren Aspekte der Produktion machen das Rapid Manufacturing zu einem interessanten Fertigungsverfahren?

* *schnelle Ersatzteilfertigung,*
* *schnelle Lieferzeit für kundenspezifische Produkte,*
* *keine Lagerhaltung (Production on demand),*
* *Erzeugung der Teile am Ort der Verwendung (ohne Transport),*
* *vereinfachte Möglichkeit zur Erzeugung von Integralbauteilen für den Leichtbau,*
* *Herstellung von Bauteilen, die mit üblicher Technik nicht machbar sind (z. B. Medizintechnik, Biotechnologie etc.),*
* *neue Anwendungen in Bereichen wie Kunst, Design und Architektur.*

1. Welche Nachteile hat das Rapid Manufacturing?

*Nachteilig sind Bearbeitungsgeschwindigkeit und Fertigungszeiten, die sich im Vergleich zu den konventionellen Verfahren stark verlangsamen bzw. vergrößern.*

## 6.2

1. In welchen Bereichen liegen die großen Vorteile des Rapid Manufacturing?

*Vorteile liegen besonders in der Einzelfertigung (z. B. im medizinischen Bereich bei Implantaten) sowie der Ersatzteilversorgung und -herstellung.*

1. Welche Rolle spielt der Ort der Herstellung beim Rapid Manufacturing?

*Besonders bei Ersatzteilen lässt sich vor Ort quasi überall auf der Welt drucken und die Teile können sofort nach Herstellung ohne Transport vor Ort verwendet werden.*

1. In welchen Branchen sind mit dem Rapid Manufacturing gefertigte Bauteile interessant und welche Seriengrößen erscheinen wirtschaftlich machbar?

* *Maschinenbau,*
* *Automobilindustrie,*
* *Flugzeugbau,*
* *Raumfahrt,*
* *Medizintechnik,*
* *Architektur,*
* *Spielzeuge etc.*

*Seriengrößen im Bereich der Einzel- und Kleinstserienfertigung erscheinen wirtschaftlich interessant, Großserien- und Massenfertigung erscheinen wirtschaftlich wenig interessant.*

1. Welche metallischen Legierungen kommen beim Rapid Manufacturing im Bereich der Medizintechnik zum Einsatz und mit welchem Verfahren werden Implantate hergestellt?

*Es kommen Titanlegierungen (z. B. TIAl6V4) zum Einsatz. Das verwendete Verfahren ist das SLM (Selective Laser Melting).*

## 7.1

1. Welche Handlungsfelder sind beim Einsatz von Cyber Physical Systems bedeutungsvoll?

* *Standardisierung für Netzarchitektur und Kommunikation,*
* *Betrieb komplexer IT-Systeme für die Industrie,*
* *hochdynamische und flächendeckende Breitbandinfrastruktur,*
* *vollständige Datensicherheit,*
* *gezielte Entwicklung von Standards und Regeln für die Arbeitsorganisation und die Arbeitsgestaltung im digitalen Industriezeitalter,*
* *Aus- und Weiterbildung des Personals im Bereich Industrie 4.0 und CPS Cyber Physical Systems,*
* *rechtliche Rahmenbedingungen.*

1. Welche Ziele sind zur Realisierung einer digitalen Strategie von Belang?

*Um eine digitale Strategie umzusetzen, ist ein einheitliches Verständnis für die zukünftige Integration von Menschen, Maschinen, Sensoren, Aktoren und Prozessen notwendig. Es muss also ein Strukturwandel herbeigeführt werden.*

1. Welche aktuelle Norm (bzw. Regel) existiert als Handlungsempfehlung für die Entwicklung und den Einsatz von Cyber Physical Systems?

*In der Richtlinie der Digitalen Fabrik nach VDI 4499 Blatt 1–4 sind die Handlungsempfehlungen für CPS-Systeme beschrieben.*

1. Wie lautet die Definition eines Cyber Physical System?

*Cyber Physical Systems (CPS) sind gekennzeichnet durch eine Verknüpfung von realen (physischen) Objekten und Prozessen mit informationsverarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen über offene, teilweise globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze.*

## 7.2

1. Welche wesentlichen Elemente bestimmen Cyber Physical Systems?

*Cyber Physical Systems beinhalten im Rahmen von Industrie 4.0 das „Internet der Dinge“ und „Big Data“.*

1. Welche unternehmerischen Planungs- und Steuerungsaufgaben werden im Rahmen des Netzwerkes durch Industrie 4.0 übernommen?

* *Auftragsmanagement mit den Kunden,*
* *Supply Chain Management mit aktuellem Bedarfs- und Lieferstatus,*
* *Produktionsabläufe mit Materialzulieferung im Rohwarenbereich, in der Lagerung und dem Transport im Fertigwarenbereich.*

1. Welches Potenzial zur Effizienzverbesserung bietet Industrie 4.0 in der Produktion?

*Industrie 4.0 bietet ein erhebliches Flexibilisierungs- und Automatisierungspotenzial.*

1. Welche Handlungsfelder sind für die weitere Entwicklung von CPS interessant?

* *Standardisierung für Netzarchitektur und Kommunikation,*
* *Betrieb komplexer IT-Systeme für die Industrie,*
* *hochdynamische und flächendeckende Breitbandinfrastruktur,*
* *vollständige Datensicherheit,*
* *gezielte Entwicklung von Standards und Regeln für die Arbeitsorganisation und –gestaltung,*
* *Aus- und Weiterbildung des Personals im Bereich Industrie 4.0 und CPS,*
* *Existenz rechtlicher Rahmenbedingungen.*

## 7.3

1. Welche wichtige Voraussetzung muss für den Datenaustausch im CPS gegeben sein?

*Voraussetzung für den Einsatz von Cyber Physical Systems ist die Kommunikation über das Internet zwischen den beteiligten Gruppen wie dem OEM, den Suppliern und dem Kunden zur Abwicklung von Aufträgen.*

1. Welche beteiligten Gruppen sollen komplett in den Planungsprozess bei CPS eingebunden sein?

*Sämtliche an der Produktion beteiligten Gruppen, wie Zulieferer, interne und externe Produktionseinheiten, Lagerwesen intern und extern und Spediteure sollten eingebunden sein.*

1. Existieren manuelle Eingriffsmöglichkeiten für die beteiligten Personen?

*Durch manuelle Interaktion muss es möglich sein, aktiv in den Produktionsablauf bei Korrekturen einzugreifen.*

## 7.4

1. Welche Richtlinie gibt es für das Thema Digitale Fabrik bezüglich der Grundlagen?

*In VDI 4499, Blatt 1, findet sich die Darstellung der Prozesse (Modelle, Methoden, Werkzeuge), der Einführung und organisatorischen Maßnahmen sowie der Systemarchitektur und des Datenmanagements.*

1. Welche Richtlinie gibt es für das Thema Digitale Fabrik bezüglich des Digitalen Fabrikbetriebs?

*In VDI 4499, Blatt 2, werden die Anwendung des Digitalen Fabrikbetriebs in den Lebenszyklusphasen der Fabrik, Beispiele für Anwendungsgebiete (Werkzeugmaschinen und Produktionsanlagen) sowie die Dateninfrastruktur für den Digitalen Fabrikbetrieb dargestellt.*

1. Welche Richtlinie gibt es für das Thema Datenmanagement und Systemarchitekturen?

*VDI 4499, Blatt 3, gibt Orientierung bezüglich*

* *Vorgehensweise zur Realisierung und Implementierung,*
* *Vorbereitung und Konzeptmanagement,*
* *Datenmodell und Datenmanagement,*
* *Umsetzung sowie*
* *Empfehlungen zur Systemarchitektur und zum Datenmanagement in der Digitalen Fabrik.*

1. Welche Richtlinie gibt es für das Thema Einbindung des Menschen in die Digitale Fabrik?

*VDI 4499, Blatt 4, behandelt dazu die Themen*

* *Grundlagen mit Arten digitaler Menschmodelle und rechtliche Rahmenbedingungen,*
* *Aspekte ergonomischer Analysen und*
* *Anwendungsbeispiele.*

## 7.5

1. Was umfasst die Funktion „dynamische Rekonfiguration“?

*Innerhalb von kürzester Zeit muss durch dynamische Rekonfiguration der Fertigungseinrichtung auf neue veränderte Bedingungen für die Produktion eingegriffen werden, um die Randbedingungen (Spanneinrichtungen, Vorrichtungen, Werkzeuge etc.) für eine Variantenänderung in der Produktion zu realisieren (früher bezeichnete man das als Rüstaufwand).*

1. Welche Fähigkeit muss bei Änderung der Randbedingungen gegeben sein?

*Es muss große Flexibilität von Steuerung und Mechanik vorhanden sein. Der Fertigungsprozess muss so flexibel gestaltet sein, dass jeder Zeit auch nachträgliche Veränderungen der Prozesse möglich sind.*

1. Was wird im Zusammenhang mit Industrie 4.0 unter Selbstorganisation verstanden?

*Die Produktion soll weitgehend selbstorganisiert ablaufen. Es findet dazu eine intensive Kommunikation zwischen Produktionssystemen des OEM, den Suppliern, dem beteiligten Personal, dem Kunden, den Fertigungsplanungs- und Fertigungssteuerungs-Systemen statt. Die IT der OEM, Supplier und Kunde kommunizieren unter Industrie 4.0-Strukturen direkt miteinander.*