

7 Neue Technologien

7.1 Die Einleitung

Das Thema

Die Automobilindustrie ist eine der Branchen, in der **Innovationen** beinahe an der Tagesordnung stehen – die Forschung und Entwicklung neuer **Prototypen** und **Features** steht dabei gleichermaßen im Fokus wie eine möglichst effiziente **Massenfertigung** und **Lieferkette**.

Das hat den Vorteil, dass es, zumindest wenn man technikinteressiert ist, nie langweilig wird! Haben Sie beispielsweise gewusst, dass **Roboter und Menschen bald ähnlich ohne Berührungängste** zusammenarbeiten werden, wie Menschen untereinander? Oder was aktuell die Treiber einer **effizienten Lieferkette** sind? Oder wie der **3D-Druck** in der Automobilbranche eingesetzt wird?

In diesem Modul beschäftigen wir uns genau mit diesen Fragen und Technologien. Wir sehen uns den aktuellen und zukünftigen Stand von **Industrierobotern** an und warum die **Mensch-Roboter-Kollaboration** ein wichtiges Thema wird. Außerdem sehen wir uns die Grundlagen von **Supply Chain Management** (der englische Begriff für Lieferkettenmanagement) an, welche Strategien und Kennzahlen gerade **Best-Practice** sind und warum diese so wichtig für ein Unternehmen in der Automobilbranche sind. Abschließend geben wir noch einen Überblick über den aktuellen Stand der **additiven Fertigung** – also über den 3D-Druck. Sie lernen verschiedene Technologien und Materialien kennen und wie der **3D-Produktionsprozess** abläuft.

Zusammengefasst lernen Sie in dieser Unit also:

- Merkmale, Vorteile und Grenzen der Mensch-Roboter-Kollaboration
- Überblick über die Programmierung von Robotern
- Grundlagen und Ziele des Supply-Chain-Managements
- Strategien und Kennzahlen des Supply-Chain-Managements
- Grundlagen, Technologien und Materialien der additiven Fertigung

7.2 Grundlagen Robotik

Roboter sind aus Fertigungsstätten, Fabriken und Industriewerken gar nicht mehr wegzudenken. Der **Automatisierungsgrad** bei Produktionsprozessen, gerade in der

Automobilindustrie, ist enorm und stetig am Wachsen. Was allerdings noch eher selten ist, ist dass Menschen und Roboter wirklich zusammenarbeiten, also **Arbeitsschritte gemeinsam durchführen**, statt räumlich durch Absperrungen voneinander getrennt zu sein. Diese neue Art der Industrieroboter nennt man kollaborative Roboter (oder manchmal auch einfach „Cobot“) und ermöglichen die sogenannte **Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)**.

Merke

Der Begriff **Mensch-Roboter-Kollaboration** meint eine **direkte Zusammenarbeit von Menschen mit Robotern**. Im Gegensatz dazu gibt es die Begriffe „Mensch-Roboter-Koexistenz“ (Mensch und Roboter arbeiten in unterschiedlichen Arbeitsbereichen in derselben Fabrik) oder auch „Mensch-Roboter-Kooperation“ (Mensch und Roboter arbeiten im gleichen Arbeitsbereich, allerdings an zeitversetzten Aufgaben im Prozess, ohne direkte Interaktion).

Beispiel

Ein Roboter kann den Menschen bei der Montage von Autoteilen ersetzen, während der menschliche Bediener die Aufgaben des Aufnehmens von vorgefertigten Elementen übernimmt. Der Mensch kann auch für die Befestigung des Kabelbaums oder der Scharniere eines Elements verantwortlich sein, während der Roboter gleichzeitig verschiedene Elemente positioniert. Ein menschlicher Bediener montiert die ersten beiden oder letzten beiden Komponenten eines Fahrzeugs, während ein oder zwei Roboter Schraubendreher (Pick-and-Push) manipulieren und Befestigungselemente anbringen.

Roboter können auch mit Bildverarbeitungs- oder KI-Systemen (künstliche Intelligenz) ausgestattet werden, um in Echtzeit zu reagieren und/oder Feedback zu geben, wobei der Mensch den Prozess überwacht und Änderungen in die Produktionsprozesse einführt. Ein Roboter kann Motoren mit Öl befüllen oder Qualitätskontrollen unterstützen, um Vorfälle am Arbeitsplatz zu verhindern, die Menschen betreffen, die mit gefährlichen Chemikalien in Kontakt kommen.

Die angeführten Beispiele sind nur einige Beispiele wie sich Mensch-Roboter ergänzen können.

Der Kernaspekt von MRK ist also im Wesentlichen die unmittelbare Nähe von Robotern zum Menschen, ohne Schutzeinrichtungen wie getrennte Räume oder Absperrungen. Das setzt voraus, dass **kollaborative Roboter den Menschen nicht gefährden können**, da Berührungen zwischen Robotern und Menschen nicht ausgeschlossen werden können und teilweise sogar notwendig sind.

Kollaborative Roboter müssen also auch „**sensitiv**“ sein. Das bedeutet, dass sie in der Lage sein müssen, unerwarteten Kontakt mit Menschen oder Umgebungen erkennen zu können und entsprechend zu reagieren – also entweder zu stoppen oder das Tempo der Bewegung zu reduzieren. Damit ein Roboter sensitiv ist, muss er mit einer **integrierten Sensorik** ausgestattet sein. Das sind bestimmte Bauteile, die ein Erkennen der

Umgebung ermöglichen (beispielsweise Drucksensoren auf der Oberfläche des Roboters). Die Sicherheit von kollaborativen Robotern ist dabei auch genormt (in ISO 10218 sowie ISO/TS 15066).

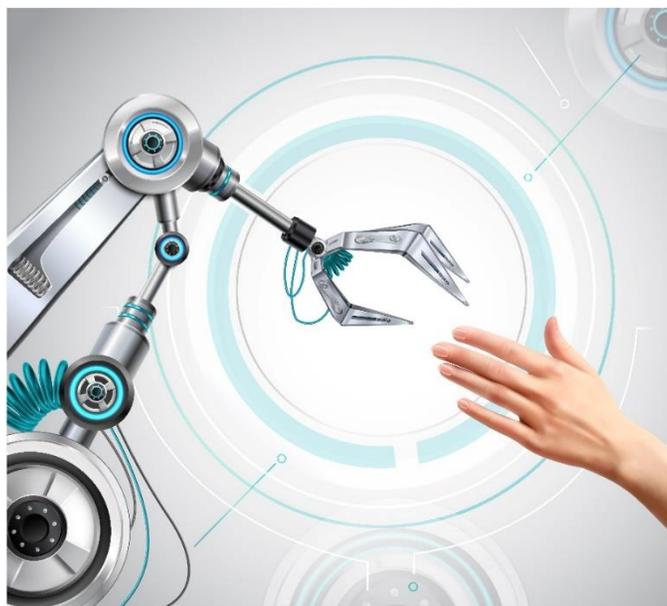
Hinweis

Ist ein Roboter **kollaborativ** und **sensitiv** sicher, können andere Sicherheitsvorkehrungen überflüssig sein, die in einer Fabrikhalle vorher unabdingbar waren, wie beispielsweise die erwähnten Absperrungen oder räumlichen Trennungen aber auch Lichtschranken oder andere Maßnahmen.

Im praktischen Einsatz gibt es zwei Möglichkeiten – entweder wird der Roboter **direkt vom Menschen durch Handführung** gesteuert (heute bereits gängige Technik in modernen Fabriken) oder der **Roboter agiert selbstständig** im Kontakt mit Menschen.

Der Einsatz von MRK hat nun drei wesentliche Vorteile:

1. **Der Platzbedarf in Fabriken sinkt:** Kollaborative Roboter können im selben Arbeitsbereich wie Menschen agieren – eigene abgetrennte Bereiche oder Räume sind deshalb nicht mehr notwendig.
2. **Kollaborative Roboter entlasten das Personal:** Schwere und monotone Arbeiten können dem Produktionspersonal abgenommen werden. Dazu zählen anstrengende, unergonomische (wie das Kopf-Über-Arbeiten) oder sehr repetitive Tätigkeiten.



https://www.freepik.com/free-vector/robotic-arm-human-hand-reaching-out-one-another-realistic-composition-high-tech_6869570.htm#query=robot%20human%20hand&position=13&from_view=search&track=ais

3. **MRK-unterstützte Prozesse sind wirtschaftlich:** Der Einsatz von kollaborativen Robotern erhöht nicht nur die Effizienz und Produktionsleistung in den einzelnen Arbeitsschritten, sondern erhöht durch zunehmend intelligente, mobile und flexible Systeme auch die Auslastung, da kollaborative Robotersysteme für unterschiedliche Einsatzgebiete verwendet werden können.

Die aktuellen Grenzen von MRK betreffen hauptsächlich den **Sicherheitsaspekt**. Sicherheit muss nicht nur lokal im Kontakt mit Menschen garantiert werden, sondern auch **in die allgemeinen IT-Sicherheitsziele übernommen** werden – damit Schutz, Betrieb und Verfügbarkeit der MRK-Systeme sichergestellt werden können. Bisher haben IT-Sicherheitsziele nämlich eher den Schutz von Informationen im Fokus als den Schutz von Betriebsmitteln. Das ist wichtig, weil sich aufgrund der Vernetzung von intelligenten Industrierobotern **neue Gefahrenszenarien** bilden, wie beispielsweise Hacker-Angriffe von außen, die dann das komplette Sicherheitssystem in der Fabrik lahmlegen können.

Damit ein Roboter nun auch tut, was er tun muss, benötigt er natürlich auch in MRK neben entsprechenden Sensoren eine **korrekte Programmierung**.

Beispiel

Programmiersprachen für Industrieroboter gibt es viele – diese sind meist direkt vom Hersteller vorgegeben. Einige Beispiele sind: V+ (von Omron), RAPID (von ABB), KRL (von Kuka), VAL3 (von Stäubli), URSript (von Universal Robots), SPEL+ (von Epson) und MELFA-Basic (von Mitsubishi).

Wichtig zu wissen ist, dass die Programmierung entweder „online“ oder „offline“ erfolgen kann.

Eine **Online-Programmierung** besteht dann, wenn die Programmierung **direkt am oder auch mit dem Roboter selbst** geschieht. Das ist zum Beispiel dann der Fall, wenn der oder die Programmierende den Roboter mit einer Steuerkonsole in gewünschte Positionen oder bestimmten Bahnen fährt, die sich der Roboter dann „merkt“ (beispielsweise bei Lackierrobotern). Diese Arten der Programmierung werden auch Teach-In- oder Playback-Verfahren genannt.

Eine **Offline-Programmierung** wird hingegen **unabhängig vom Roboter** an einem getrennten Computer durchgeführt. Das hat den Vorteil, dass der Roboter ohne Stillstand weiter produktiv arbeiten kann. Offline-Programmierungen erfolgen **textuell** (über Programmiersprachen wie im Beispiel oben), **CAD-gestützt** (mithilfe von Konstruktionszeichnungen und Simulationen), **Makro-gestützt** (häufige Befehlsfolgen, die einmal programmiert werden und dann immer wieder verwendet werden) oder auch **akustisch** (über Spracheingabe mittels Mikrofons).

7.3 Supply-Chain-Management (SCM)

Auch entlang der Lieferkette tut sich einiges – weshalb sich auch die Anforderungen an das Supply-Chain-Management ändern. Klären wir zuerst die Grundlagen:

Definition

Lieferkette (Supply Chain): Die Lieferkette ist im Wesentlichen der gesamte Vorgang rund um die Erbringung von Produkten oder Dienstleistungen, bis sie bei der eigentlichen Kundschaft eines Unternehmens ist. Da sich Unternehmen heutzutage spezialisiert haben und gleichzeitig weltweit liefern können (beispielsweise ein Unternehmen, das Mikrochips herstellt, und diese dann an verschiedene andere Unternehmen verkauft) bestehen Lieferketten aus einem meist mehrstufigen Netzwerk aus Organisationen, die miteinander Handel treiben.

Supply-Chain-Management (SCM): SCM (das ist der gängige, englische Begriff für Lieferkettenmanagement) beschäftigt sich nun mit der Frage, wie dieses Netzwerk am besten verwaltet wird. Es geht um die Planung und das Management aller in der Lieferkette beteiligten Prozesse, wie Beschaffung und Verkauf, Logistik aber auch Entsorgung – im Prinzip einfach darum, den Handel und Gütertausch aller an der Lieferkette beteiligten Unternehmen zu koordinieren.

Früher wurde der Begriff SCM gleichgesetzt mit Logistik – das hat sich aufgrund der vernetzten Zusammenarbeit von Unternehmen allerdings geändert. SCM und Logistik beschäftigen sich zwar beide der Definition nach mit dem **Aufbau der Objektflüsse entlang der Lieferkette** und haben vor allem zwei Ziele:

- **Systemweite interne Verbesserung** des Kosten-Nutzen-Verhältnisses
- **Steigerung des Mehrwerts** beim Endprodukt

SCM geht jedoch **über die Grenzen des eigenen Unternehmens** hinaus – speziell was den Transport und die Lagerhaltung angeht. So wird versucht, eine möglichst **umfangreiche und unternehmensübergreifende Sicht auf alle Prozesse** entlang der Lieferkette zu erhalten. Über alle beteiligten Unternehmen wird versucht, eine optimale Strukturierung und Koordination zu erreichen in Hinblick auf Einkauf, Produktion und Distribution, aber auch Controlling, Marketing und Recycling etc. SCM ist also sehr strategisch bzw. „High-Level“. Die „taktische“ Umsetzung einer SCM-Strategie bleibt dann den einzelnen Unternehmen bzw. den Abteilungen überlassen.

Merke

Fassen wir zusammen: SCM ist **die unternehmensübergreifende und prozessorientierte Planung und Steuerung** der gesamten Lieferkette. Die Güterlieferungen, die Geldströme und die Weitergabe von Informationen zwischen Unternehmen soll optimal gestaltet und verwaltet werden.

Aus den aktuellen Anforderungen des Marktes (hohe Erwartungen der Kundschaft und immer kürzere Produktlebenszyklen) lassen sich **drei maßgebliche Faktoren für das SCM** definieren, die miteinander in Verbindung stehen:

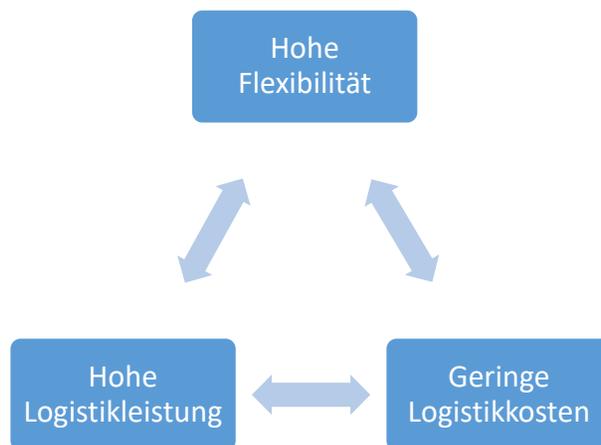


Abbildung 2 (mit Smart-Art in Word erstellt)

Daraus ergeben sich **drei Hauptziele** des SCM:

1. **Flexibles Customer-Relationship-Management:** Ein konsequenter Fokus auf die Nachfrage am Markt in Hinsicht auf steigende Anforderungen der Zielgruppen soll hohe Flexibilität schaffen.
2. **Bedarfsgerechte und flexible Produktion:** Eine Optimierung der Lieferbestände und der Ressourcen entlang der gesamten Wertschöpfungskette soll durchgängig Kosten senken.
3. **Synchronisation der Lieferung mit dem Bedarf:** Die Anpassungsfähigkeit der Lieferkette soll erhöht werden.

Das wirkt auf den ersten Blick etwas wage, macht aber mehr Sinn, wenn wir **daraus konkrete Aufgabenstellungen** ableiten:

- Unnötige Bestände sollen entlang der Lieferkette möglichst gering gehalten werden, um die Lagerkosten zu senken.

- Strategien wie Just-in-Time oder Just-in-Sequence sollen bedarfsgerechte Lieferungen garantieren.
- Cash-to-Cash-Zyklen der Unternehmen sollen verkürzt werden, also die Zeit zwischen Bezahlung einer Lieferung und Bezahlung durch die Kundschaft am Ende der Lieferkette.
- Durchlaufzeiten sollen verkürzt werden.
- Die Kommunikation, Informationsweitergabe und Schnittstellen zwischen den Unternehmen sollen störungsfrei arbeiten.

Wichtig

SCM ist für **große Industrieunternehmen erfolgsentscheidend**. Aufgrund der engen Zusammenarbeit und der Aufgabenteilung stehen Unternehmen miteinander in Abhängigkeit. Die Wettbewerbsfähigkeit und schlussendlich der Erfolg kann schließlich nicht mehr nur von einem einzigen Unternehmen garantiert werden – **die gesamte Lieferkette ist dafür verantwortlich**. Daraus folgt, dass oft nicht mehr nur einzelne Unternehmen, sondern gesamte Unternehmensnetzwerke miteinander in Konkurrenz stehen. Die Interessen der in einer Lieferkette beteiligten Unternehmen können dabei aber auch kollidieren.



https://www.freepik.com/free-vector/diagram-supply-chain-management_24459815.htm#query=supply%20chain%20management&position=37&from_view=search&track=ais

Als erstes erwähnenswert ist der **Just-in-time-Ansatz**, den man auch als eine der ersten SCM-Strategien bezeichnen kann. Dabei geht es um eine möglichst eng koordinierte Kopplung der Produktion zwischen zuliefernden Unternehmen und ihren abnehmenden Unternehmen. Besonders in der Automobilindustrie wurde und wird dieser Ansatz angewandt, um Lieferungen besonders zeitnah abstimmen zu können und Lagerbestände so niedrig wie möglich zu halten. Eine bekannte Umsetzung dieser Strategie ist auch die Kanban-Methode.

Das **Efficient-Consumer-Response-Konzept** (ECR) ist eine Initiative, die die Zusammenarbeit von Industrie (Herstellung) und Handel (Verkauf) speziell nach den Anforderungen des Marktes und der Kundschaft optimieren möchte. Durch diese Zusammenarbeit sollen Potenziale entdeckt werden, die einzeln betrachtet nicht sichtbar wären. Der Fokus liegt dabei auf möglichen **Standardisierungen** (beispielsweise einheitliche Verpackungsträger – bestes Beispiel ist die Europalette, aber auch verbindende Software oder einheitliche Codierungen sind hier ein Thema) und der **multilateralen Zusammenarbeit der Unternehmen**. Multilateral bedeutet, dass alle Unternehmen miteinander kooperieren (statt nur immer zwei Unternehmen miteinander, also „bilateral“).

Das **Supply-Chain-Operations-Reference-Modell** wurde von mehreren Großunternehmen branchenübergreifend als Möglichkeit für die modellhafte Darstellung von Lieferkettenprozessen geschaffen. Darin werden fünf **wesentliche SCM-Prozesse** verknüpft (Planung, Beschaffung, Herstellung, Lieferung und Rückgabe) und diese wieder in **drei Prozesstypen** eingeteilt (Planungsprozesse, Ausführungsprozesse und Unterstützungsprozesse). Damit sollen die Schnittstellen bzw. Beziehungen der beteiligten Unternehmen transparent gemacht werden, um so die Leistungsmessung und insbesondere Leistungsvergleiche aussagekräftig gestalten zu können.

Auch Software spielt eine strategisch wichtige Rolle im SCM – **moderne Enterprise-Resource-Planning-Systeme** (ERP-Systeme) können den Zustand entlang der Lieferkette nahezu in Echtzeit abzubilden. Dazu helfen auch Technologien wie **der elektronische Datenaustausch** (EDI), der den Austausch von Geschäftsdokumenten, wie Bestellungen, Lieferscheine und Rechnungen, vollständig automatisiert und in ERP-Systeme integriert.

Beispiel

ERP ist für die Automobilindustrie von entscheidender Bedeutung, da es einerseits bereits viele Schritte im Herstellungsprozess gibt (ganz zu schweigen von Verkauf und Einkauf) und andererseits die verschiedenen Schritte angemessen überwachen müssen, um effizienter zu sein. Einige ERP-Module für die Automobilindustrie sind: Updates und Wartung, vielseitige Bereitstellungen, Anpassung, Berichterstellung und Dashboards, Qualitätsmanagement, Bestandsverwaltung, Buchhaltung und Finanzen.

EDI unterstützt auch die Effizienz und ermöglicht die Rückverfolgbarkeit und Optimierung der Lieferkette. Mit EDI-Software können die Hersteller Bedarfszahlen in Echtzeit versenden und die Lieferanten können die Produktion präziser und automatisierter anpassen. Bei der Integration von EDI-Lösungen in ERP-Systeme wird das Unternehmen die Automatisierungsprozesse verbessern und auf die Beseitigung von Fehlern hinarbeiten. Wenn wir bedenken, dass Lieferanten ihre Waren abholen, Transportetiketten anbringen und versenden müssen, erfasst das in ERP integrierte EDI die Daten und meldet den Zeitpunkt des Wareneingangs, die Reihenfolge der Pakete und der Ladungsträger. Diese digitalen Benachrichtigungen geben dann unter anderem die Informationen über Rechnungen weiter. All diese Schritte tragen auch dazu bei, Kosten zu senken und Zeit zu sparen.

Hinweis

Auch **andere bekannte Technologien werden bald den Aufbau von SCM-Strategien** beeinflussen. Künstliche Intelligenz kann Nachfragetrends schneller erfassen, die Blockchain ermöglicht einen fälschungssicheren Informationsaustausch entlang der Lieferkette und selbstfahrende Lastwägen oder Drohnen können den Austausch von Waren noch zeitnaher und kostengünstiger gestalten.

An welchen **Kennzahlen** lässt sich nun Erfolg und Misserfolg von SCM messen? Die wichtigsten fünf Messkriterien sind:

- **Perfect Order Index:** Damit wird der prozentuale Anteil an fehlerfreien Auftragsabwicklungen entlang der Lieferkette gemessen. Der Perfect Order Index bietet einen guten Vergleich über die Gesamtleistung, beispielsweise des aktuellen Jahres mit dem Vorjahr.
- **Cash-to-Cash-Time:** Manchmal auch als Cash Conversion bezeichnet, ist das der Zeitraum zwischen der Zahlung beim Lieferanten und der Zahlung der Kundschaft am Ende der Lieferkette. Darin integriert sind Lagerdauer, Forderungen und Verbindlichkeiten.
- **Supply-Chain-Cycle-Time:** Diese Kennzahl gibt an, wie lange eine Auftragsabwicklung dauern würde, wenn alle Lagerbestände leer wären. Damit werden die längstmöglichen Vorlaufzeiten ermittelt und aufsummiert. Die Supply-Chain-Cycle-Time ist ein guter Indikator für die Effizienz der Lieferkette.

- **Inventory Turnover:** Damit wird der Lagerumschlag gemessen, also wie häufig der gesamte Lagerbestand über einen bestimmten Zeitraum hinweg verkauft wird. Auch hier handelt es sich um eine nützliche Kennzahl, um die Effizienz der gesamten Lieferkette zu bewerten.
- **Fill Rate:** Auch als Bedarfsdeckungsrate bezeichnet, gibt die Fill Rate an, wie viel Nachfrage mit den aktuell verfügbaren Lagerbeständen abgedeckt werden kann, ohne in Lieferrückstände zu geraten. Damit wird ermittelt, ob Unternehmen mit einer höheren Bestandsleistung mehr Umsatz erzielen könnten.

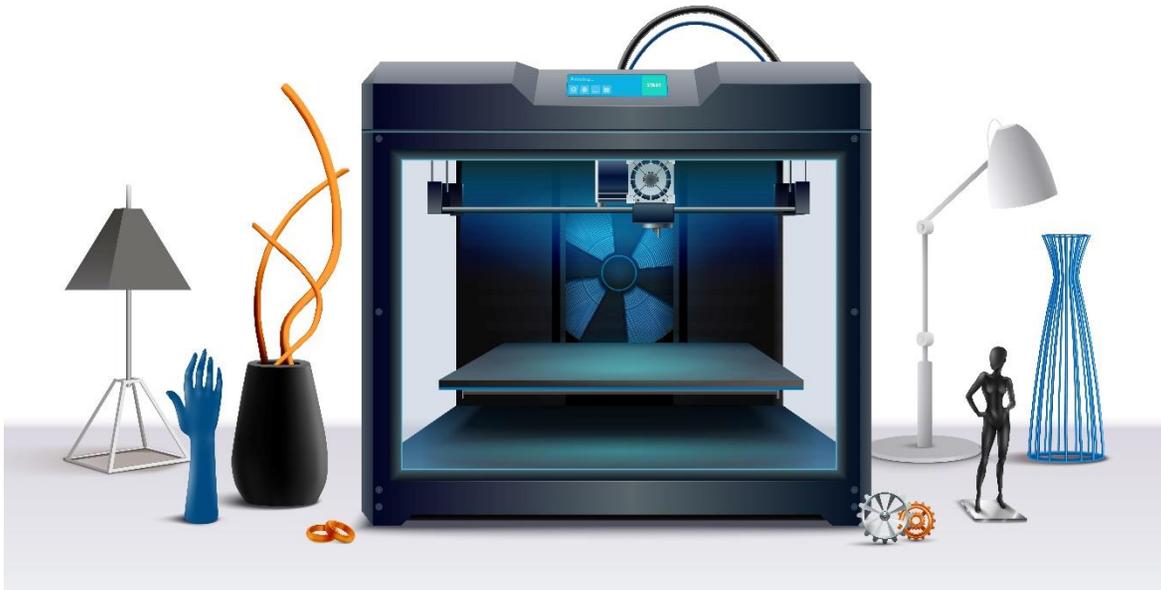
7.4 Additive Fertigungsverfahren

Die additive Fertigung ist ein **besonders innovatives Fertigungsverfahren**, das sich von den konventionellen Herstellungsprozessen grundlegend unterscheidet und sowohl in der Forschung und Entwicklung als auch in der Industrie völlig neue Möglichkeiten bietet.

Merke

Wenn man von additiver Fertigung spricht, dann meint man ganz einfach den **3D-Druck**. Darin enthalten sind alle Fertigungsverfahren, bei denen **Schicht für Schicht Material aufgetragen** wird, um Werkstücke bzw. Gegenstände zu erzeugen.

Dieser schichtweise Aufbau erfolgt **computergesteuert** und beinhaltet **einen oder mehrere flüssige oder feste Werkstoffe**, die physisch oder chemisch gehärtet bzw. geschmolzen werden.



https://www.freepik.com/free-vector/realistic-composition-with-3d-printer-various-printed-objects-vector-illustration_6933106.htm#query=3d%20printer&position=1&from_view=keyword

Das 3D-Druck-Verfahren wird dann eingesetzt, wenn man **geometrisch komplexe Formen in der Einzel- oder Kleinserienfertigung** erzeugen möchte – beispielsweise Prototypen oder Modelle, aber auch Werkzeuge oder Fertigteile in geringer Stückzahl werden mit dem 3D-Druck üblicherweise hergestellt. Was die additive Fertigung so sehr von anderen Fertigungsverfahren (wie beispielsweise dem Urformen, Umformen oder den subtraktiven Fertigungsverfahren) unterscheidet, ist die Tatsache, dass sich die **Wirtschaftlichkeit mit höherer geometrischer Komplexität und sinkender Stückzahl erhöht**.

Es gibt dabei **unterschiedlichste 3D-Drucktechnologien**, die dabei auch **unterschiedliche Materialien** verwenden. Diese werden nach DIN EN ISO/ASTM 52900:2022-03 in sieben Kategorien eingeteilt:

- **Freistrah-Bindemittelauftrag:** Dazu zählen alle additiven Fertigungsprozesse, bei denen flüssiges Bindemittel selektiv aufgetragen wird, um pulverförmiges Material (aus Gips, Kunststoff, Keramik oder Metall) in eine gewünschte feste Form zu bringen. Ein Beispiel ist das sogenannte Binder Jetting.
- **Materialauftrag mit gerichteter Energieeinbringung:** Hier wird thermische Energie (Laserstrahl, Lichtbogen, Plasma oder Reibung) verwendet, um Metalle in Pulverform, als Draht oder als Stangen entsprechend zu verbinden. Dazu gehört beispielsweise das Laserauftrags-schweißen.
- **Materialextrusion:** Das Rohmaterial (Kunststoff, Metall, Keramik, Metall, aber auch Beton oder Stoffgemische) wird mittels Düse oder Öffnung selektiv abgelegt und

anschließend durch Wärme oder chemische Reaktion gehärtet. Dieses Verfahren findet zum Beispiel beim Fused Layer Modelling Anwendung.

- **Freistrahlmateriale Auftrag:** Bei diesem Verfahren wird das Rohmaterial (flüssiger Kunststoff oder flüssiges Wachs, Dispersionen aus Metall und einer Trägerflüssigkeit aber auch Aerosole aus Gas und einer Trägerflüssigkeit mit Metall- und Keramik-Partikeln) als Tropfen selektiv abgelegt und durch Hitze, Ultraschall, UV-Licht oder auch durch einen Gasstrom verfestigt. Dazu gehören beispielsweise das Polyjet-Modelling und das Multi-Jet Modelling.
- **Pulverfettbasiertes Schmelzen:** Hier werden selektiv Regionen eines „Pulverbettes“ aus Metall oder Kunststoff (oft gemischt mit Sand oder Keramik) mithilfe von Lasern, LED oder Elektronenstrahlen verschmolzen. Die prominentesten Beispiele dafür sind das Laser-Sintern, das Elektronenstrahlschmelzen und das Laser-Strahlschmelzen.
- **Schichtlaminierung:** Dabei werden ganze Lagen eines Materials (Papier, Kunststoff, Keramik oder Metall) als Bögen, Folien oder Bleche miteinander zu einem Bauteil verbunden. Das wichtigste Fertigungsverfahren dieser Art ist das Layer Laminated Manufacturing.
- **Badbasierte Photopolymerisation:** Das von allen am schwierigsten zu buchstabierende Verfahren beinhaltet alle additiven Fertigungsverfahren, bei denen in einem Behälter sogenanntes Photopolymer, das zuerst flüssig ist, mithilfe von Licht selektiv ausgehärtet wird. Wichtig zu merken sind hier die Stereolithografie und das Digital Light Processing.

Merke

Fassen wir hier, der einfachen Übersicht wegen, noch einmal die **wichtigsten 3D-Druck-Techniken** und die dafür am **häufigsten eingesetzten Materialien** zusammen:

Das **Laserstrahlschmelzen** sowie das **Elektronenstrahlschmelzen** sind geeignet für **Metalle**.

Das **Lasersintern** eignet sich für **Polymere, Keramik und Metalle**.

Das **Digital Light Processing** und die **Stereolithografie** eignen sich für **flüssige Kunstharze**.

Das **Fused Layer Modelling** und die **Polyjet-Methode** eignen sich für **Kunststoffe** sowie **Kunstharze**.

Beispiel

Top-Marken wie Toyota und Audi nutzen Plattformen zur Entwicklung von VR- und AR-Tools, um Echtzeit-Interaktivität zu schaffen (Marketing), die Designqualität zu verbessern (Erstellung von 3D-Modellen) und Innovationen in die Ausbildung einzuführen (immersive Erfahrungen). Darüber hinaus spielt der 3D-Druck in der Automobilindustrie eine Schlüsselrolle bei der Effizienzsteigerung in mehreren Bereichen, darunter:

- Verifizierung des Entwurfs
- Erstellen von Ersatz- und Endprodukten
- Montage von Werkzeugen
- Erprobung/Testen
- Reduzierung von Materialverlusten

7.5 Zusammenfassung

Wissen sichern

Die **Mensch-Roboter-Kollaboration** ist der nächste Schritt, was den Einsatz von Robotern in Industrieunternehmen angeht. Dabei geht es darum, dass Roboter und Menschen **am gleichen Arbeitsplatz zusammen Arbeitsschritte** durchführen, statt im Prozess und Arbeitsraum getrennt zu sein.

Das hat den Vorteil, dass Sicherheitsvorkehrungen (wie beispielsweise Absperrungen) nicht mehr notwendig sind und Fabrikräume kleiner ausfallen können bzw. effizienter genutzt werden können. Weiters können Roboter so den Mitarbeitenden **schwere und monotone Arbeiten effektiv abnehmen**. Solche kollaborativen Roboter müssen sensitiv ausgestattet sein. Das heißt, sie müssen in der Lage sein, **über bestimmte Sensorik** (wie beispielsweise Drucksensoren auf der „Haut“) ihre Umwelt wahrzunehmen und entsprechend reagieren zu können, um Verletzungen bei Menschen oder Unfälle am Arbeitsplatz zu vermeiden.

Roboter müssen natürlich auch entsprechend **programmiert** werden. Das kann entweder **offline**, also unabhängig vom Roboter an einem getrennten Computer durchgeführt werden, oder **online**, das heißt direkt am oder auch mit dem Roboter.

Den technologischen und konsumorientierten Veränderungen muss sich auch das **Supply-Chain-Management (SCM)** anpassen. Dabei geht es um die umfassende **Planung** und das **Management** aller in einer **Lieferkette beteiligten Prozesse** bzw. **Unternehmen**. Aktuell wichtige Treiber für eine erfolgreiche Lieferkette sind **hohe Flexibilität, hohe Logistikleistung** und **geringe Logistikkosten**. So sollen beispielsweise Lagerbestände so

gering wie möglich gehalten werden, Durchlaufzeiten verringert und die Kommunikation zwischen den Unternehmen so fehlerfrei wie möglich aufgebaut werden.

Um das zu erreichen, gibt es **verschiedene SCM-Strategien und Initiativen**, die von ganzen Unternehmensnetzwerken mitgestaltet und angewandt werden. Wichtige Beispiele sind der **Just-in-Time-Ansatz**, aber auch Methoden wie das **Efficient-Consumer-Response-Konzept** oder das **Supply-Operations-Reference-Modell**.

Software spielt für SCM eine besonders wichtige Rolle, um die Effizienz der Lieferkette anhand wichtiger **Kennzahlen** (wie den Perfect Order Index, Cash-to-Cash-Time oder den Inventory-Turnover) möglichst in Echtzeit abbilden zu können – dazu dienen **Enterprise-Resource-Planning-Systeme** (ERP-Systeme), die untereinander mithilfe von Technologien wie dem elektronischen Datenaustausch (EDI) entlang der Lieferkette automatisiert miteinander Liefer- und Bestell-Informationen austauschen können.

In Industrie und Forschung spielt auch der **3D-Druck** eine besonders wichtige Rolle. Mit diesen sogenannten **additiven Fertigungsverfahren**, bei denen Rohmaterial **in Schichten zu einer gewünschten Form** aufgetragen werden, lassen sich Einzel- und Kleinserienfertigungen besonders wirtschaftlich herstellen. Mit unterschiedlichsten Technologien können dabei auch unterschiedliche Materialien verwendet werden, meist Kunststoffe, Metalle oder Keramik.

7.6 Quellen

Uwe Götze und Rainhart Lang: Strategisches Management zwischen Globalisierung und Regionalisierung.

DIN EN ISO/ASTM 52900: 20022-03

SelectHub: Supply Chain Strategy: A Comprehensive Guide. <https://www.selecthub.com/supply-chain-management/supply-chain-strategy/>

SupplyChainBrain: Six Top Supply-Chain Strategies for 2020. <https://www.supplychainbrain.com/blogs/1-think-tank/post/30958-six-top-supply-chain-strategies-for-2020>

Altametrics: Den Supply Chain Process. <https://altametrics.com/de/supply-chain-management/supply-chain-process.html>

Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie: Produktion der Zukunft. https://www.ffg.at/sites/default/files/Produktion%20der%20Zukunft_web%20FINAL2.pdf

Ales Vysocky und Petr Novak: Human – Robot collaboration in industry. MM Science Journal.

Bernhard Marr: The Best Examples Of Human And Robot Collaboration. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/08/10/the-best-examples-of-human-and-robot-collaboration/?sh=7c124611fc49>

Diego Rodriguez-Guerra, Gorka Sorrosal, Itziar Cabanes and Carlos Calleja: Human-Robot Interaction Review: Challenges and Solutions for Modern Industrial Environments.
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9493209>