

Produktion

Leistungserstellung:

- Sachleistungen: materiell
- Dienstleistungen: immateriell

Die **Produktionswirtschaft** befasst sich mit der Fertigung von Sachgütern. Ihre Aufgaben

- Planung
 - mengen-, zeit- und kapazitätsgerecht
- Steuerung
- Kontrolle der Produktionsprozesse

Einordnung: Zusammenhang der Produktion mit Beschaffung und Absatz

Produktionsprogrammplanung:

- Ausgangspunkt für Leistungserstellung
- Festlegung, welche Produkte in welchen Mengen hergestellt werden
- daraus ergibt sich der konkrete Bedarf an Produktionsfaktoren (Werkstoffe, Betriebsmittel, Arbeitskräfte)
- Durch Beschaffungsprozesse werden diese Faktoren bereitgestellt

Danach werden diese Produktionsfaktoren als Input kombiniert und es entsteht ein marktfähiger Output. Das ist die Wertschöpfungsaktivität → Inputs werden in einen neuen Zustand transformiert.

Der fertige Output geht in die Leistungsverwertung. Dazu gehören:

- Vermarktung
- Absatz
- Realisierung der zuvor geplanten Wertschöpfung
- In dieser Phase wird die Leistungserstellung durch die Einnahmen abgeschlossen und die Gewinnerzielung sichtbar

Aufgaben und Ziele der Produktionswirtschaft

- Planung, Steuerung und Überwachung von Produktionsprozessen

- Kombination von Produktionsfaktoren, um Produkte in geforderter Qualität und Quantität herzustellen
- Minimierung der Durchlaufzeiten
 - → Kosten senken
 - Minimierung der Kapitalbindung → Liquidität
- maximale Kapazitätsauslastung
- Liefertreue und Qualität sicherstellen
- Effizienzsteigerung, Kostenminimierung und Kundenzufriedenheit

Gruppierung der Produktionsformen

Unterscheidet wird zwischen:

- Menge erzeugter Einheiten
 - Einzelfertigung
 - Serienfertigung
 - Massenfertigung
- Fertigungsverfahren
 - Werkstattfertigung
 - Gruppenfertigung
 - Fließfertigung
 - Baustellenfertigung
- Fertigungstyp
 - Auftragsfertigung (z.B. spezielle Maschinen)
 - Vorratsfertigung (z.B. Schrauben)
- kontinuierlich (chem. Produktion) / diskontinuierlich (Möbelhersteller)
- Automatisierungsgrad

Spezifizierung verschiedener Produktionsformen

Räumliche Anordnung

Werkstattfertigung

- Verrichtungsprinzip
- Betriebsmittel gleicher Art werden räumlich zusammengefasst
- hohe Flexibilität
- mehrere Produkte können gleichzeitig bearbeitet werden
- erfordert hochqualifizierte Arbeitskräfte, die mehrere Maschinen bedienen können
-

- längere Durchlaufzeiten, jedes Produkt muss unterschiedliche Betriebsmittel durchlaufen

Fließfertigung:

- Werkzeuge angeordnet in der Reihenfolge der Bearbeitung
- vorgegebene Taktzeit → zeitliche Abstimmung der Arbeitsschritte
- erfordert detaillierte Planung des gesamten Herstellungsprozesses
- kurze Durchlaufzeiten
- hohe Produktivität:
- hohe Kapazitätsauslastung
- geringere Stückkosten
- weniger Flexibilität und Anpassungsfähigkeit
- eher ein Produkt kann produziert werden, nicht mehrere
- Starke Monotonie für die Arbeiter
- hohe Fixkosten bei der Einrichtung
- System sehr starr: schwierig, die Produktion umzustellen

Gruppenfertigung:

- Maschinen werden nach bestimmten Produktgruppen zusammengefasst
 - z.B. bei einer Motorproduktion:
 - Eine "Insel" nur für Zylinderköpfe
 - 'Insel' für Kurbelwellen
 - etc.
- kombiniert Flexibilität und Effizienz
- Facharbeiter sind Spezialisten in ihrer Werkstatt
- Flexibler falls sich die Nachfrage ändert

Produktionsformen nach der Menge der produzierten Einheiten

Begriffe:

Gemeinkosten: Kosten, die nicht direkt einem Projekt zugeordnet werden können

Losgröße: Anzahl an Produkten pro Fertigungsdurchlauf

Einzelfertigung:

- individuell nach Kundenwunsch
- Kosten pro Stück sind hoch
- Gemeinkosten sind gering, Zuordnung leicht
- hohe Anpassungsfähigkeit

- Schwierigkeiten:
- langfristige Programmplanung
- Beispiele
 - Brückenbau
 - Schiffsbau
 - 3D-Druck
- Losgröße 1

Mehrfachfertigung: Losgröße > 1

- **Serienfertigung:**
- **Massenfertigung:**
- Erhebliche Rationalisierungsmöglichkeiten (Steigerung von Wirtschaftlichkeit und Produktivität)
- Arbeitsschritte standardisiert
- Abläufe wiederholbar
- hohe Ausnutzung der Betriebsmittel
Dabei fallen hohe Fixkosten an.
- **Stückzahldegression:** Fixkosten werden auf große Mengen verteilt → durchschnittl. Kosten je Einheit sinken. (*economies of scale*)

Arbeit mit Chargen: größere Mengen eines Produkts werden in einem Arbeitsgang hergestellt → sie bilden ein "Los".

Losgröße: Anzahl der Produkte pro Charge

Gesetz der Massenproduktion

- **Kapazitätsauslastungsgesetz:** Bei gegebenem Produktionsverfahren sinken bei steigendem Output die Fixkosten/Stück
- **Verfahrensauswahlgesetz:**
 - Bei kleineren Mengen ist ein einfacheres, arbeitsintensives Verfahren kostengünstiger
 - Bei großen wiederkehrenden Mengen ein anspruchsvolles, kapitalintensives Verfahren
- **Gesetz des technischen Fortschrittes**
 - Technischer Fortschritt führt tendenziell zu einer wachsenden Kapitalintensität der Verfahren

Industrie 1.0-4.0

- **Industrie 1.0:**
 - Mechanisierung
 - Dampfmaschine

- mechanischer Webstuhl
- ab 1784
- **Industrie 2.0**
 - Einführung der Massenproduktion
 - Fließband
 - Elektr. Strom
 - deutliche Effizienz und Produktivitätssteigerung
 - ab 1870
- **Industrie 3.0**
 - Automation
 - Computer
 - Elektronik
 - Flexible Steuerung von Produktionsprozessen
 - ab 1969
- **Industrie 4.0**
 - Internet of Things
 - KI
 - Echtzeitvernetzung, selbststeuernde Systeme
 - heutzutage

Organisationsgestaltungsprinzipien von Industrie 4.0

Prinzipien

- Vernetzung
 - kontinuierlicher Austausch von Daten über Internet of Things
 - Echtzeitüberwachung und -steuerung
- Informationstransparenz
 - Modellierung von Systemen durch virtuellen "Zwilling"
 - Bessere Überwachung und Vorhersagung der Leistung
- Technische Assistenz
 - Daten werden durch Systeme bereitgestellt und visualisiert
 - erleichtert die Entscheidungsfindung
 - AR-Brillen unterstützen Techniker durch Schritt-für-Schritt-Anleitungen
- Dezentrale Entscheidungen
 - "selbstständige" Entscheidungen von System
 - Vorprogrammierte Logiken
 - bis hin zu KI

- Aufgaben werden basierend auf aktuelle Anforderungen angepasst

IT-Systeme im Fertigungsprozess

Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS):

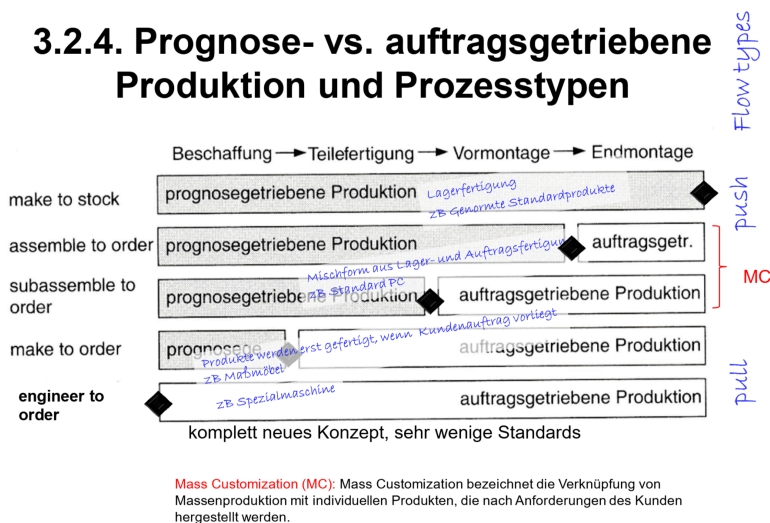
- Planung komplexer Fertigungsabläufe
- Überführung von Bedarfe in Produktionsaufträge
- Einhaltung von Terminen
- Meist Teil eines ERP-Systems:
 - ermöglicht durchgängige Sicht auf die Wertschöpfungskette
- Planung ist mittel bis langfristig („Was, wann und wie viel soll produziert werden?“)

Manufacturing Execution Systems (MES):

- erfassen Betriebs- und Maschinendaten in Echtzeit
- steuern Produktionsaufträge
- überwachen Qualitätsparameter
- darunter nur mehr die "Shopfloor-Ebene", also die Maschinensteuerung selbst
 - gibt Rückmeldungen ans MES und PPS
 - so entsteht ein durchgängiger Informationsfluss von der Planung zur Realisierung

Prognose- vs. auftragsgetriebene Produktion und Prozesstypen

3.2.4. Prognose- vs. auftragsgetriebene Produktion und Prozesstypen



Unterschiedliche Prozesse unterscheiden sich durch *Kundenauftragsentkoppelungspunkt*. Dieser markiert den Übergang von der prognosegetriebenen Produktion (Produktion auf Lager; Push-Prinzip) zur auftragsgetriebenen Fertigung. Es ist also dann, wenn die Lagerproduktion aufhört und in eine individuelle Produktion übergeht.

Verschiedene Ansätze:

- **Make-to-stock (MTS):**
 - Produkte werden vollständig auf Basis von Nachfrageprognosen gefertigt und im Lager bereitgestellt
 - kurze Lieferzeiten
 - wenig Flexibilität
 - Risiko bei falschen Prognosen
- **Assemble-to-order (ATO):**
 - Vordefinierte Komponenten, welche auf Lager produziert werden, werden nach Bestellungseingang individuell zusammengestellt
 - Beispiel: online Computerkonfigurationen
 - Der Entkoppelungspunkt liegt in der Endmontage (Computer zusammenbauen)
 - gehört zur "Mass Customization (MC)" → Massenproduktion mit Eingehen auf Kundenwünsche
 - *Subassemble-to-order (SATO):*
 - Vorarbeit hört früher auf
 - besseres Eingehen auf sehr spezifische Kundenwünsche → breitere Varianz
 - längere Lieferzeit
 - Entkoppelungspunkt liegt bereits früher:
- **Make-to-order (MTO)**
 - Produktion nach Auftragseingang
 - Entkoppelungspunkt am Beginn der Fertigung
 - vermeidet Überproduktion
 - lange Lieferzeit
 - Beispiel: maßgefertigte Kleidung
 - *Engineer-to-order (ETO):*
 - noch stärker kundenspezifisch
 - Produktentwicklung selbst beginnt erst mit Auftrag
 - Entkoppelungspunkt liegt hier bereits in der Entwicklungsphase
 - Beispiele: Brücken, Schiffe, Spezialmaschinen

Klassischer Produktionsprozess

Beginnt mit:

Programmplanung:

- leitet jene Mengen ab, die innerhalb eines Zeitraumes produziert werden sollen
- auf Basis von Absatzprognosen, Plankapazitäten, bestehenden Kundenaufträgen etc.

Mengenplanung (Materialbedarfsplanung)

- Fertigungs und Beschaffungsaufträge erstellen
 - durch Stücklisten, Komponentenbeständen, Teilestammdaten
- definiert, in welcher Art, Menge und zu welchem Zeitpunkt die Teile erforderlich sind

Termin- und Kapazitätsplanung:

- Mithilfe von Arbeitsplandaten und Betriebsmitteldaten werden Start- und Endtermine für alle Arbeitsvorgänge festgelegt.
- berücksichtigt Durchlaufzeiten einzelner Prozesse als auch Kapazität von Maschinen und Personal
- realistische Fertigungstermine
- Engpässe frühzeitig erkennen

Produktionssteuerung:

- überwacht tatsächlichen Fertigungsprozess in Echtzeit
- koordiniert Material- und Informationsflüsse
- greift bei Abweichungen regulierend ein
- stellt die operative Umsetzung sicher

Spezifizierung: Produktionsprogrammplanung (1)

Zuerst müssen gewisse allgemeine Faktoren bekannt sein:

- Geschäftsmodell (Logik, wie Wert geschaffen wird)
- Make-or-Buy Entscheidungen → bestimmt Fertigungstiefe (Anteil an der Wertschöpfungskette)
- Wahl der Produktionsform (Werkstattfertigung, Fließfertigung, Gruppenfertigung oder Baustellenfertigung)
- Prozesstypen (Make-to-Stock, Assemble-to-Order oder Engineer-to-Order)
 - Kundenauftragsentkoppelungspunkt, damit wichtig für die Steuerung vom Lager
- Automatisierungsgrad
 - manuell, teilautomatisiert oder vollautomatisiert
- Produktions- und Prozesstechnologien
 - technische Machbarkeit, Produktqualität und Produktivität

Mit diesen Rahmenbedingungen kann ein Produktionsprogramm erstellt werden.

Dabei wird festgelegt:

- welche Endprodukte in welcher Menge/Periode produziert werden,
- zu welchen Zeitpunkten die Lieferungen der Endprodukte erfolgen sollen
- wie groß die Endlagerbestände sein sollen.

Mengenplanung (2)

MRP (Material Requirements Planning)

Das Produktionsprogramm gibt den Bedarf an Endprodukten vor.

- Davon Ableitung des Sekundärbedarfs aus Primärbedarf
 - Stücklisten (Erzeugnisstrukturen) und Bestandsdaten (Lagerbestände)
- exakte Beschaffungs- und Fertigungsaufträge werden erstellt
- gibt Art und Menge der benötigten Teile und Zeitpunkt vor

Die zu fertigenden Teile und das zu beschaffende Material werden mengen- und termingerecht ermittelt, um das Programm erfüllen zu können.

Bei der Mengenplanung werden Stücklisten benötigt.

Ziel:

- lückenlose Materialversorgung
- keine unnötigen Bestände aufbauen

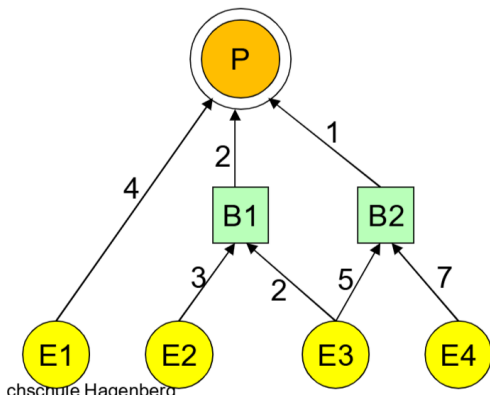
Planungshorizont: Wochen/Monate ... Enger Kontakt zur Beschaffung / Materialwirtschaft

Computer Aided Design (CAD)

Computergestützter Entwurf (und Visualisierung) von Produkten mit Maßen, Material, Toleranzen und Bestandteilen.

Beispiel:

- Gozinto-Graph (von engl. goes into)
 - gerichtete Graphdarstellung einer Stückliste
 - zeigt hierarchische Struktur eines Produkts



Losgrößen und -planung

Losgröße: Anzahl identischer Produkte, die in einem Auftrag gemeinsam erstellt werden

- beeinflusst Produktionskosten, Durchlaufzeiten und Lagerbestände
- kleine Losgrößen:
 - hohe Flexibilität, weniger Lagerkosten
- große Losgrößen
 - senken die Kosten pro Stück
 - erhöhen die Kapitalbindung im Lager sowie das Risiko von Überproduktion

Einordnung:

- spielt eine Rolle in der Produktionsplanung und -steuerung (PPS)
- besonders in der Mengen- und Terminplanung eine Rolle
- bestimmt, wie die Bedarfe in konkrete Fertigungsaufträge überführt werden
- beeinflusst damit sowohl die Kapazitätsplanung als auch die Materialdisposition (Sicherstellung der Verfügbarkeit).

Ablaufplanung (3)

- festgelegte Reihenfolge aller Arbeitsgänge
- Welche Betriebsmittel (Maschinen, Werkzeuge, Arbeitsplätze) notwendig
- Zeitbedarf einzelner Schritte

Ziel: effiziente und störungsfreie Produktion

Beispiel:

Reihenfolge	Arbeitsgang	Betriebsmittel	Zeitbedarf (min)
1	Rohmaterial zuschneiden	Bandsäge	5
2	Drehen (Zylinder auf Maß)	Drehmaschine	15
3	Bohren (Innenbohrung)	Bohrmaschine	10
4	Fräsen (Nut anbringen)	Fräsmaschine	8
5	Messen / Kontrolle	Messschieber, Lehren	5
6	Entgraten / Nachbearb.	Handentgrater	4

Zusammensetzung der Durchlaufzeit

Arbeitsplatzdurchlaufzeit:

- gesamte Zeit, die benötigt wird um einen gewissen Bearbeitungsschritt an einem Werkstück durchzuführen
- wird unterteilt in
 - Übergangszeit:
 - Transportzeit (Zeit des Transportes zur Maschine)
 - Liegezeit (Wartezeit auf die Bearbeitung)
 - Durchführungszeit
 - Rüstzeit
 - Einstellung der Maschinen
 - Einrichten
 - Werkzeugwechsel etc.
 - Bearbeitungszeit
 - eigentlicher Task (Bohren, Fräsen etc.)

Wiederholung by Gemini:

Der Fertigungsauftrag ist das **Dokument (oder der Datensatz im ERP-System)**, das alles zusammenführt: die **Menge** (Losgröße), den **Termin** und die **Ressourcen**, um ein Eigenfertigungsteil herzustellen. Ohne ihn startet die physische Produktion nicht.

Die Zeit- und Terminplanung (4)

Durchlaufterminierung: Bestimmung der theoretisch frühestmöglichen und spätestmöglichen Start- und Endtermine

Dabei werden zwei Methoden angewandt:

- **Vorwärtsterminierung**
 - Dabei wird zum frühest möglichen Auftragsbeginn die komplette Zeit bis zur Fertigstellung des Produktes addiert → man erhält den **frühestmöglichen Fertigstellungstermin**
 - Bei Anstrengung der frühzeitigen Fertigstellung
- **Rückwärtsterminierung**
 - Dabei wird vom geplanten Liefertermin des Produkts die benötigte Zeit zur Fertigstellung des Produkts abgezogen
 - spätest mögliche Auftragsbeginn, um trotzdem pünktlich zu liefern
 - blockiert keine unnötigen Ressourcen (Lagerung, Kapitalbindung, etc., man kennt es)

Die Durchlaufterminierung berücksichtigt keine Kapazitäten.
Daher kann erweitert werden mit der ...

... **Kapazitätsterminierung:**

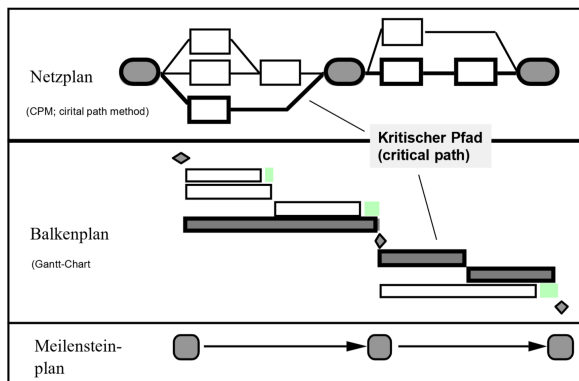
- Feststellung, ob der Plan aus der Durchlaufterminierung überhaupt möglich ist → Prüfung auf Umsetzbarkeit
- überprüft wird, ob Maschinen, Arbeitsplätze und Mitarbeiter ausreichen, um die Termine einzuhalten
- Werkzeuge der Kapazitätsplanung einsetzen
 - statisch: verwendet feste Zeitfenster, z.B. quartalsweise; weniger genau
 - dynamisch: verwendet Echtzeitdaten der Maschinen
- Engpässe identifizieren (z.B. Ergebnis der dynamischen Kapazitätsplanung: Maschine A ist bis in 3 Tagen besetzt)
 - ggf. Aufträge verschieben, Reihenfolge anpassen
- Die Kapazitätsplanung stellt sicher, dass die Produktion realistisch terminiert (bestimmt) ist und Überbelastungen vermieden werden.

Planungsmethoden

Terminplanungsmethoden

... und Visualisierungen.

Terminplanungsmethoden

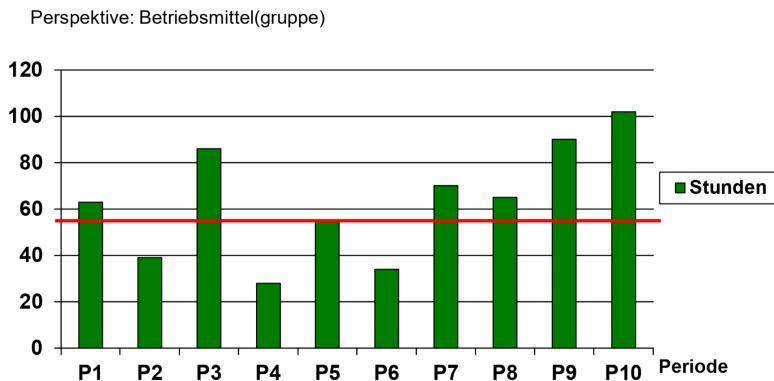


- **Netzplan**
 - Stellt Aktivitäten als Netzwerk dar, indem Abhängigkeiten und zeitliche Beziehungen sichtbar sind
 - Critical Path Method (CPM):
 - Längste Abfolge an Aktivitäten ist der "critical Path"
 - Verzögerungen bei diesem Pfad verzögern das ganze Projekt
- **Balkenplan**

- Visualisiert Aktivitäten entlang einer Zeitachse
- schnelle Orientierung über den Projektverlauf
- **Meilensteinplan**
 - Visualisierung der wichtigsten Ereignisse
 - Einfache Übersicht
 - Kommunikation mit Stakeholdern, ohne detaillierten Abläufen

Kapazitätsplanung

(5.1.) Die Kapazitätsplanung - Kapazitätsgebirge



Bei der Kapazitätsterminierung (Bestimmung, ob die Daten Durchlaufterminierung realistisch sind) kann man wieder Visualisierungen verwenden. (Siehe Bild)

Beim "Kapazitätsgebirge" werden die benötigten Kapazitäten einer Betriebsmittelgruppe zu jeder Periode (Zeitraum) addiert und eingezeichnet.

Die rote Linie markiert die tatsächlich verfügbare Kapazität.

Man sieht schnell, wo man ungefähr drunter und drüber liegen wird und kann das Produktionsverhalten dementsprechend anpassen.

- Das Kapazitätsgebirge ist ein Werkzeug der Grobplanung, da es nur auf **Betriebsmittelgruppen** (und nicht auf einzelne Maschinen) ausgerichtet ist

In diesem Fall (bez. Bild) wärs aber nicht möglich → rote Linie mehrmals überschritten.

Daher ...

... Kapazitätsabgleich

Für den Fall, dass Kapazitätsbedarf > Kapazitätsangebot.

Ziel:

- Überbelastungen verhindern

- freie Kapazitäten optimal nutzen

Ggf. werden Maßnahmen ergriffen wie:

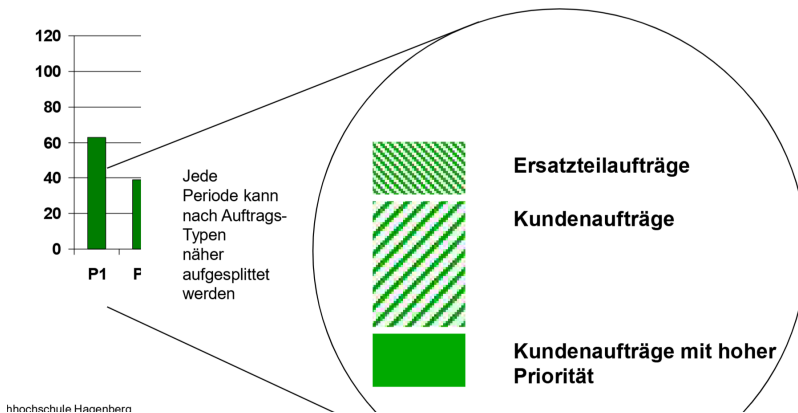
- Verschiebung von Aufträgen
- Anpassung von Losgrößen
- Zusatzressourcen
- Der Kapazitätsabgleich ist ein zentrales Werkzeug in der Grobplanung der Kapazität. ("Geht sich das überhaupt annähernd aus?")
- Sicherstellung effizienter Nutzung von Kapazitäten
- Verbindet kurzfristige Planung mit der langfristigen → wenn immer zu wenig Kapazität vorhanden sind, könnten Zusatzressource sinnvoll sein. → erhöhter Kapazitätsbedarf (Kapazitätsbedarfsplanung)

Die Maßnahmen zum Kapazitätsabgleich

- **Erhöhung des Kapazitätsangebotes**
 - Einsatz zusätzlicher Maschinen
 - Verlängerung der Arbeitszeiten
 - Schnellere Produktionsgeschwindigkeit
 - Einsatz von zusätzlichem Personal
- **Verringerung des Kapazitätsbedarfes**
 - Arbeitslasten reduzieren
 - Verzicht auf Aufträge (sinnvoll??)
 - Auswärtsvergabe (Auftrag an anderes Unternehmen weitergeben; Qualität?)
 - Lose vergrößern → weniger Rüstzeiten (Einstellzeiten)
 - Auftragsaufteilung
 - Einsatz effizienterer Technologien
 - benötigte Kapazität auf das vorhandene Angebot abstimmen
- **Kapazitätsausgleich**
 - Arbeitsgänge / Aufträge zeitlich verschieben
 - so werden überbelastete Perioden entlastet
 - Aufgaben werden erledigt, wenn genug Kapazität vorhanden ist
 - Vorverlegung: Lagerkosten, Kapitalbindung beachten
 - detaillierte Planung notwendig: Liefertermine einhalten!
 - vorhandene Kapazitäten werden effizienter genutzt

Als Hilfe beim Kapazitätsausgleich (nicht -abgleich!) kann man jede Periode nach Auftragstypen näher aufsplitten und entscheiden, was verschoben werden kann.

Mögliche Prioritäten im „Kapazitätsgebirge“



Geglättetes Kapazitätsgebirge

- Darstellung der Auslastung nach Maßnahmen zum Kapazitätsabgleich
- berücksichtigt werden die tatsächlich eröffneten Fertigungsaufträge
 - (also die Reihenfolge und Termine, die tatsächlich in der Produktion gestartet werden sollen)

Steuerung von Fertigungsaufträgen (6)

Ausgehend von den Fertigungsaufträgen werden *Auftragsveranlassungen* durchgeführt.

Sie beinhalten

- Auftragsfreigabe
 - Verfügbarkeitskontrolle
 - Reservierung der Ressourcen
- Auftragspapiererstellung
 - enthalten Informationen für die Produktion
 - dienen den Mitarbeitern in der Fertigung
- Maschinenbelegungsplanung
 - Maschinen und Arbeitsplätze werden dem Auftrag zugeteilt
- Auftragsüberwachung
 - Fortschritt der Fertigungsaufträge wird kontrolliert
 - Abweichungen vom Plan (z.B. Verzögerungen, Störungen) werden erkannt und ggf. korrigiert

So werden die Fertigungsaufträge termingerecht abgeschlossen. (hoffentlich)

Elektronischer Leitstand

Elektronische Leitstände:

- komplexe Fertigungsaufträge visuell aufbereiten
- Planungs- und Visualisierungsinstrument innerhalb eines PPS

KANBAN-Prinzip

- Verbrauchsgesteuertes System
- Immer wenn ein Produkt einen Arbeitsplatz verlässt, wird ein Neues soweit nachproduziert