

Betriebsorganisation und Betriebsführung

Hochschule Darmstadt, Fachbereich Chemie- und Biotechnologie

Prof. Dr.-Ing Ralf Bierbaum

Mitarbeiter, Umsatz und Forschungsausgaben der Chemie- und Pharmaindustrie in Deutschland



Anmerkung:
Die Steigerung bei der Beschäftigung
geht auf die Pharmaindustrie zurück



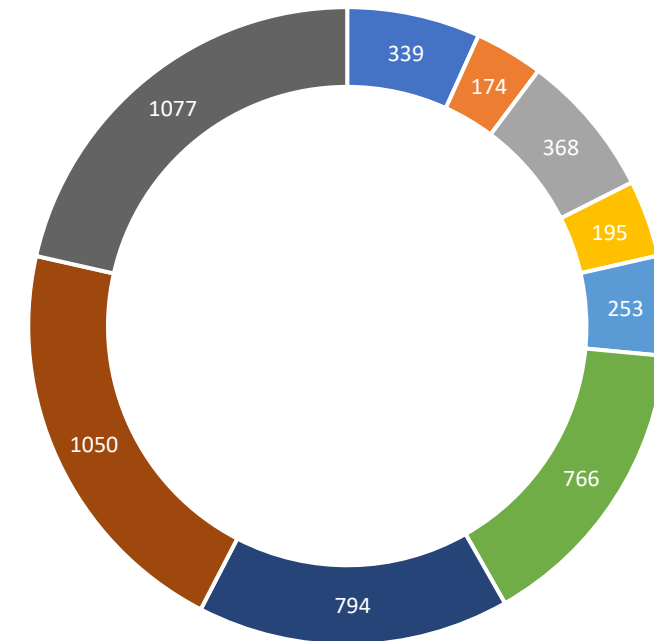
Anmerkung:
Tendenziell ist hier durch
Kostendruck im besten Fall nicht mit
einer großen Steigerung zu rechnen
(Konkurrenz, Energiekosten,
Fachkräftemangel)



Anmerkung:
Die Forschungsausgaben der
Pharmaindustrie sind ca. 5 x höher
als in der Chemieindustrie

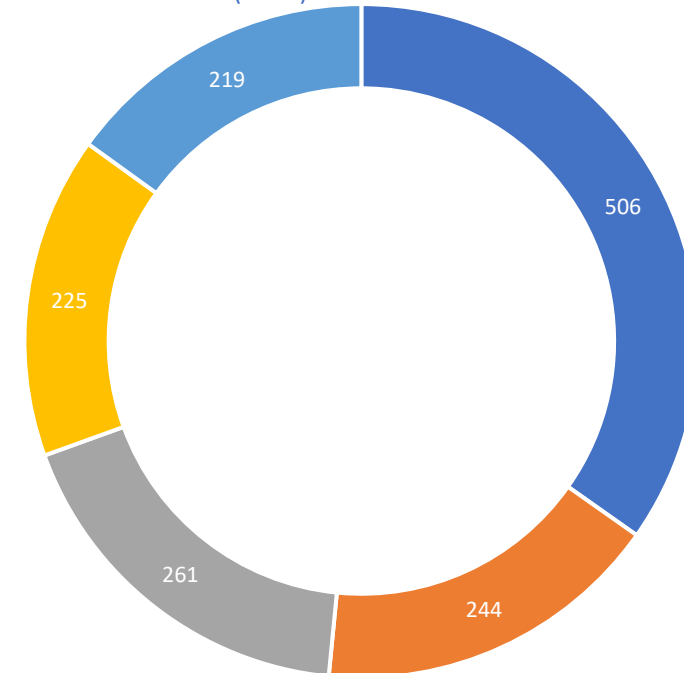
Chemieindustrie im Vergleich zu anderen Branchen in Deutschland

Mitarbeiter x 1000 (2024)



- Chemie
- Pharma
- Gummi/Kunststoff
- Glas, Keramik, Steine
- Metallerzeugung
- Metallverarbeitung
- Elektro
- Maschinenbau

Umsatz in Mrd. € (2019)



- Automobilbranche
- Maschinenbaubranche
- Chemie- und Pharmabranche
- Elektroindustrie
- Ernährungsindustrie

Sie sind auf dem Weg in einer sehr großen, umsatzstarken und vor allem interessanten Branche zu arbeiten, die zahlreiche Entwicklungsmöglichkeiten bietet.



Der Ingenieur als Manager

- Die klassische Ingenieurausbildung bereitet angehende Ingenieure auf den Berufseinstieg und die Bewältigung der technischen Aufgaben vor.
- Letztendlich geht es um Planung, Steuerung und Kontrolle
- Aber erst eine Mischung aus Fachwissen, fachübergreifenden Qualifikationen und sozialer Kompetenz eröffnet die Chance auf eine erfolgreiche Karriere, bei der auch die Verantwortungsbereiche größer werden und sich das Gehalt um mehr als nur die Inflationsrate erhöhen kann.
- Gute Manager führen, haben Visionen und entwerfen Strategien.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

1 Ziel der Vorlesung

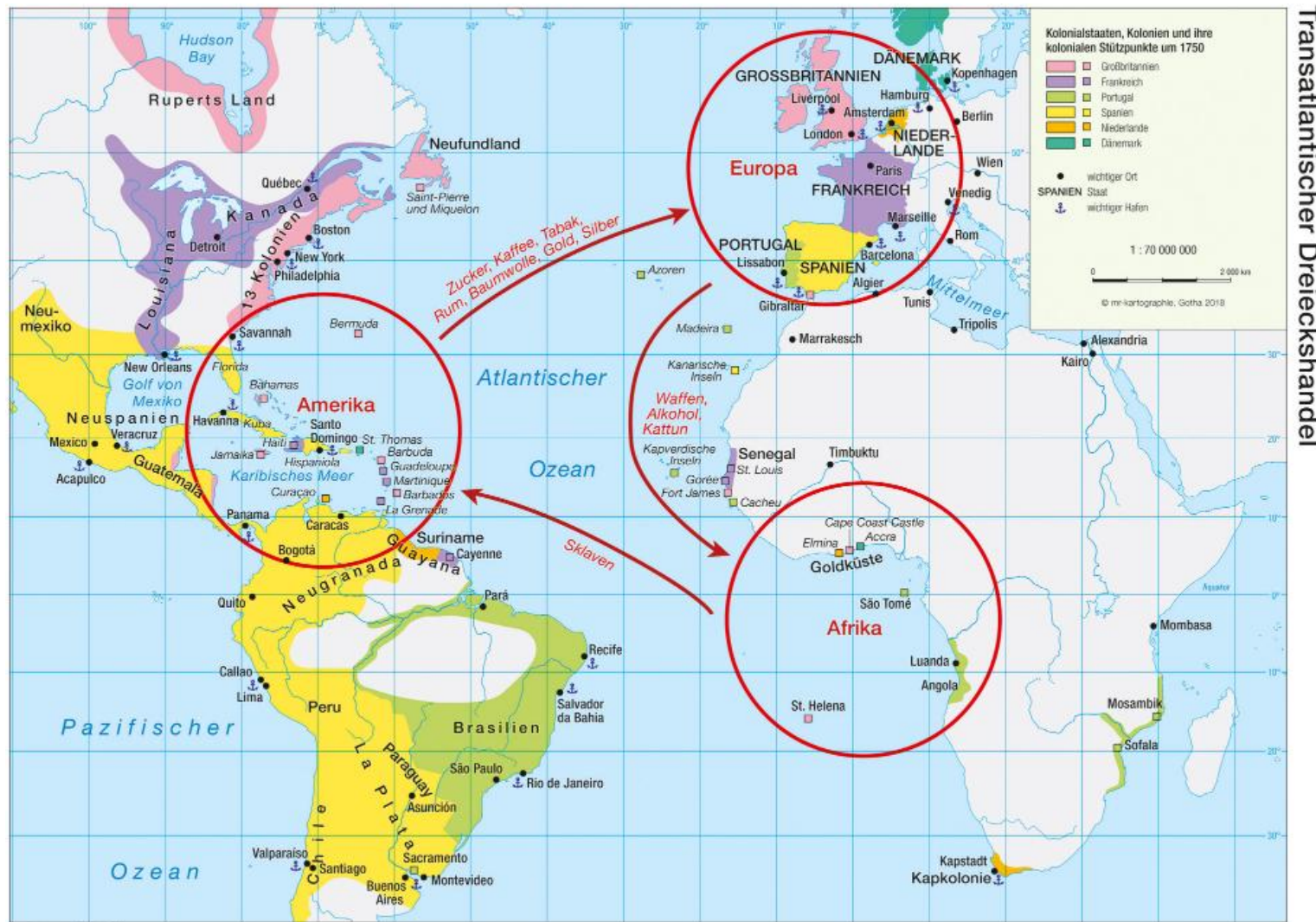
Ziel der Veranstaltung ist es, in die betrieblichen Abläufe in der chemischen Industrie einzuführen. Dabei wird beim Aufbau und der Organisation des Betriebes begonnen. Wichtige Aspekte wie Sicherheit, die Einhaltung des Budgets, die Optimierung von Prozessen und Abläufen, Neueinführung von Produkten, Personalführung sowie Personalentwicklung werden besprochen. Wartung und Instandhaltung, Investitionen, Schnittstellen zu angrenzenden Bereichen wie auch der Wandel der Arbeitswelt werden weiterhin Inhalt der Veranstaltung sein.



Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 **Geschichtliche Entwicklung**
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

2 Geschichtliche Entwicklung – Seefahrt und Dreieckshandel



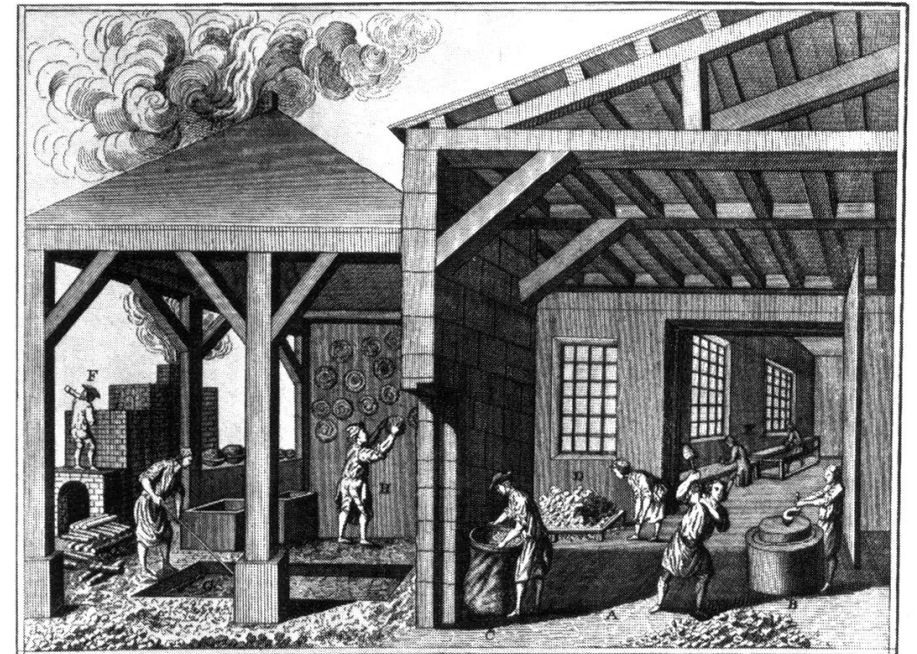
Transatlantischer Dreieckshandel

Atlantischer Dreieckshandel im 16. bis 19. Jahrhundert, begründet aus klimatischen Phänomenen als Basis für die wirtschaftliche Entwicklung – die USA als Einwanderungsland

Versklavung von zunächst Indianern galt unter den Kolonialisten als legitim, etwa 10 Millionen Afrikaner fielen dem Sklavenhandel zum Opfer

2 Geschichtliche Entwicklung – Manufaktur

- Produktionsstätte von Handwerkern verschiedener Professionen bzw. hochspezialisierter Teilarbeiter eines Handwerks, deren Arbeitsvorgänge die Fertigung eines Endproduktes sind
- Die Arbeit erfolgt im Wesentlichen ohne Mechanisierung und Automatisierung und mit zum Teil erheblichem Einsatz von personellen Ressourcen
- Manufaktur: lat. Manus „Hand“, facere „erbauen“, tun „machen“
- Das kann eine Textilmanufaktur, eine Porzellanmanufaktur sein oder auch Laboratorien und auch heute noch Pilotanlagen in Chemie- und Pharmaindustrie



2 Geschichtliche Entwicklung – von der Manufaktur zur Fabrik, Ausbildung der Klassengesellschaft

- Zwischenhändler, Manufakturen, Kleinbetriebe weg und als Arbeiter in der Fabrik
- Lange Arbeitszeiten, nur gerade so viel Geld wie zum (Über)leben nötig, um nicht so viele Freiheiten zuzulassen (Tanzen, Trinken, ...)
- Nachtwächter kündigten die Nacht an, damit die Arbeiter auch schliefen
- Die Arbeiter haben keine Rechte, sie durften nicht wählen
- Der Besitz ist in den Händen des Kapitals, der Kapitalismus entstand, die Klassengesellschaft (nach Karl Marx: Lohnarbeiter und Kapitalisten)
- Die Uhren wurden morgens vor, am Nachmittag zurück gestellt, damit die Arbeiter schneller und länger arbeiteten
- Ausbeutung auch bei den Mieten
- So bildete sich die Arbeiterklasse heraus, die mit Hilfe der Gewerkschaften im 19. Jahrhundert (zunächst in England) begann, sich zu organisieren und um ihre Rechte zu kämpfen
- Es entstanden z. B. auch erste Arbeitersiedlungen
- Kinderarbeit nicht nur um Bergbau, sondern auch in der Textilindustrie; so waren kleine Menschen nötig um gerissene Fäden unter den Webstühlen wieder zu verknoten; zum Teil von Waisenhäusern ausgeliehen
- Mit der Dampfkraft nahm die Geschwindigkeit deutlich zu und damit auch die Anzahl der Unfälle

2 Geschichtliche Entwicklung – Abriss Industriegeschichte

- Schon im 14. Jahrhundert wurde nach Erz gegraben, erste Schmelzöfen entstanden
- 1492 Entdeckung Amerikas durch [Christoph Kolumbus](#)
- Beginn des Dreieckshandels Ende des 17. Jahrhunderts

Vor 1770 Vorindustrielle Epoche

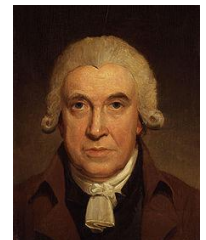
- Produktion von Textilien in Heimarbeit
- Manufakturen wurden gegründet, mit Lohnarbeitern
- 1735 Erfindung der Verkokung und damit Roheisenherstellung (Beginn des Hüttenwesens)
- Ende 17. Jahrhundert erste mechanische Spinnereien Ratingen und Chemnitz
- 1785 mechanischer Webstuhl mit der 20fachen Produktivität im Vergleich zum manuellen Webstuhl ([Edmond Cartwright](#))

Erste moderne Industrie

- 1769 wurde die Dampfmaschine „**Industrie 1.0**“ erfunden ([James Watt](#)), zunächst Antrieb von Textilmaschinen, 1783 Dampfschiffe, 1785 Bergbau, 1804 schienengebundene Dampflokomotiven
- **Beginn der industriellen Revolution**

Frühindustrialisierung

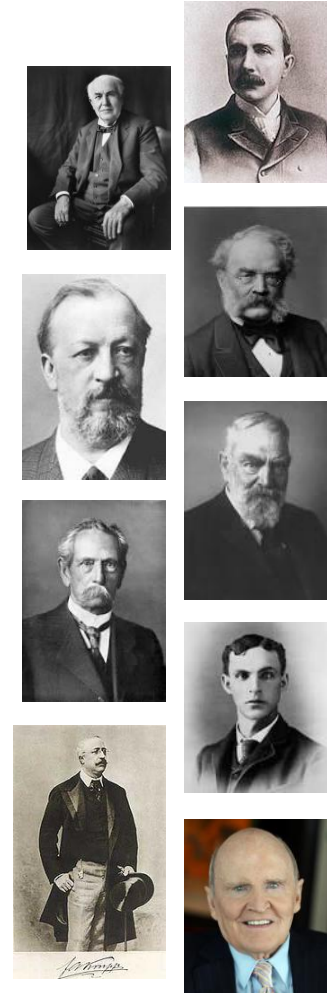
- 1820 200fache Produktivität der eines mechanischen Spinnrades
- Ab 1825 Dampfschiffahrtsgesellschaften
- Ab 1837 Eisenbahngesellschaften (Lokomotivbau der Fa. Borsig mit über 1000 Beschäftigten)
- 1848 gründete [Johann von Zimmermann](#) in Chemnitz die erste Werkzeugmaschinenfabrik in Deutschland
- **Zu dem Zeitpunkt arbeiteten in Deutschland 45,5 % der Beschäftigten immer noch die Textilindustrie, deren Anteil 1959 nur noch 15,2 % betrug. Demgegenüber wuchs die Metallindustrie von 10,8 % (1850) auf 33,4 % (1959). Einen zweiten Schub bekam die Textilindustrie ab etwa 1860 durch die Mechanisierung der Baumwollweberei.**



2 Geschichtliche Entwicklung – Abriss Industriegeschichte

Spätindustrialisierung

- In den USA setzte die industrielle Revolution vergleichsweise spät ein, seit Mitte des 19. Jahrhunderts mit Eisenbahn und Grundstoffindustrie
- 1870 gründete [John D. Rockefeller](#) die Standard Oil Company, um den enormen Ölbedarf decken zu können
- Die 1879 von [Thomas Alva Edison](#) erfundene Glühlampe ermöglichte auch die Beleuchtung von Fabrikhallen
- 1866 erfand [Werner von Siemens](#) einen leistungsstarken Dynamo zur Stromerzeugung
- 1862 erfand [Nicolaus Otto](#) den Verbrennungsmotor
- 1876 standen Elektromotoren als Antriebsaggregate zur Verfügung
- Allmählich konnte der Industriesektor in Deutschland eine Führungsrolle in der Wirtschaft übernehmen
- Weitere technische Fortschritte sorgten für eine zunehmende Mechanisierung.
- 1883/84 ersten einsetzbaren Dampfturbinen
- 1891 gelang [Oskar von Miller](#) die Fernübertragung von Drehstrom und damit der Anschluss von Industriebetrieben an fernliegende Stromquellen, so dass die Wahl für Industriestandorte unabhängiger von vorhandenen Energiequellen wurde
- Nachdem [Carl Benz](#) 1885 das Automobil erfand, verstärkte sich die Industrialisierung wesentlich durch die 1897 in den USA beginnende Automobilindustrie
- 1913 setzte [Henry Fords](#) Unternehmen das erste permanente Fließband ein „**Industrie 2.0**“
Dadurch steigerte Ford die Produktion auf das Achtfache
- Bereits im Oktober 1912 ließ die Firma [Friedrich Krupp](#) AG Edelstahl patentieren
- ...
- CEO von GE [Jack Welch](#): 1996 Six Sigma als Methode zur Qualitätskontrolle; Kern seines Managementansatzes war die Regel „Fix it, close it or sell it“; Einführung der „20-70-10“-Regel: die besten 20 Prozent der Mitarbeiter mit Boni belohnt, die 70 Prozent in der Mitte bestmöglich gefordert und gefördert, die schwächsten 10 Prozent dagegen werden entlassen – Leistungsbewertung; 1999 wurde er vom Wirtschaftsmagazin Fortune zum „Manager des Jahrhunderts“ gekürt.



2 Geschichtliche Entwicklung – Entstehung der chemischen Industrie

Entwicklung der chemischen Industrie in Europa und den USA ab 1850 zu einem eigenständigen Industriezweig

- Die Gewinnung von Metallen aus Erzen wurde jedoch schon in sehr früher Zeit betrieben.
- Mit wissenschaftlichen Forschungen auf diesem Sektor befassten sich Alchemisten.
- Gold und Silber sind wichtige Münzmetalle gewesen und waren für den Tausch von Waren und Dienstleistungen sehr wichtig
- Silber und Gold waren nicht beliebig vermehrbar, die Zahl der Münzen hing von den Erzbergwerken und den staatlichen Prägeanstalten ab, in denen die Münzen hergestellt wurden. Münzen waren damals häufig sehr knapp, so dass dem Geld, den Münzen, eine sehr hohe Bedeutung zukam.
- Auch sinnvolle Arbeit blieb über viele Jahrhunderte in ihrer Art und Ausprägung recht konstant, so dass der Geldumlauf konstant blieb
- Erst mit Beginn der Industrialisierung und dem Bevölkerungswachstum (Anfang 20. Jahrhundert lebten 1,5 Milliarden Menschen auf der Erde) kamen neue Güter und Produkte – insbesondere durch die Chemie – in den Wirtschaftskreislauf, so dass die Geldmenge kaum noch durch Münzen sichergestellt werden konnte, es wurde zunehmend Papiergeld (z. B. in der Französischen Revolution) gedruckt.
- Die Metallgewinnung und die chemische Industrie waren der Schrittmacher für den Wirtschaftsaufschwung: Metalle wurden für Dampfmaschinen, Verbrennungsmotoren, Eisenträger (z. B. Wohnungsbau, Brücken, Schienen) benötigt, die Chemieindustrie stellte Soda (für die Glasindustrie und für Wasch- und Reinigungsmittel), Chemiefasern und Farbstoffe (z. B. für Textilien) her.

2 Geschichtliche Entwicklung – Entstehung der chemischen Industrie

Anorganische Chemie

- Ausgangspunkte für die Entstehung der chemischen Industrie war das Bleikammerverfahren (1740 Richmond bei London) zur Herstellung von Schwefelsäure. 1778 wurde in der ersten Chemiefabrik der Schweiz die Produktion von konzentrierter Schwefelsäure aufgenommen.
- Ein zweites Schlüsselprodukt der Chemieindustrie war das Soda (von [Nicolas Leblanc](#) 1791 entwickelt). [James Muspratt](#) baute im Jahr 1823 die erste Sodafabrik in England (Liverpool).
- 1865 gründete [Friedrich Engelhorn](#) in Mannheim die Badische Anilin- und Sodafabrik. Soda nutzte und nutzt man in der Glasindustrie, neue Spezialgläser (Böhmisches Hartglas, Kristallglas, Crown Glas) konnten erzeugt werden. Aus der Salzsäure als Nebenprodukt des Leblanc-Verfahrens konnte Chlorkalk erzeugt werden. Seit 1890 wurden Chlor, Wasserstoff und Natronlauge durch Elektrolyse aus Natriumchlorid hergestellt.



Anorganische Chemie

- Um 1833 bereitete [Friedrich Ferdinand Runge](#) den Weg zur Entwicklung der organischen Chemieindustrie, als er ein Nebenprodukt der Steinkohleumwandlung zu Koks untersuchte, den Steinkohleteer. Aus den Erkenntnissen über dessen Inhaltsstoffe und deren Reaktionen entwickelten sich technisch nutzbare organisch-chemische Prozesse und die Industriezweige zu synthetischen Farbstoffen, Arzneimitteln und Kunststoffen.
- Zwischen 1860 und 1900 stiegen sowohl die Zahl der Unternehmen in der Chemieindustrie als auch deren Größe schnell an. Die Badische Anilin- und Sodafabrik BASF beschäftigte 1885 bereits 2.330 Arbeiter und Angestellte, 1890 waren es 3.596, 1895 4.600 und 1900 6.711, davon etwas über 100 Chemiker. Bei Bayer gab es 1885 zunächst 24 Chemiker und 300 Arbeiter, und 1896 waren es 104 Chemiker und 2.644 Arbeiter.
- Chemiewirtschaft ... friedens- und damit staats-erhaltend. Düngemittel, Pflanzenschutzmittel und Herbizide steigerten die Erträge in der Landwirtschaft. Farbstoffe und Pigmente brachten Farben für Kleidung, Druckerzeugnisse, Häuserfassaden, und die Fotografie. Kunststoffe erhöhten das Angebot an preiswerten Textilien. Kunststoffe brachten neue Güter für Haushalte und Gewerbe. Arzneimittel verbesserten den Gesundheitszustand.



2 Geschichtliche Entwicklung – Zyklen in der Entwicklung



2 Geschichtliche Entwicklung – Industrie 1.0 bis 4.0

- Wesentliche Einschnitte in der Entwicklungsgeschichte der Arbeit stellt die industrielle Revolution dar
- Der technische Fortschritt wurde mit der Organisation der Arbeit zusammengeführt
 - Fließbandarbeit z. B. führte zu Arbeitsteilung und Rationalisierung, womit die Grundlage für moderne Industriegesellschaften geschaffen wurde; Trennung von Hand- und Kopfarbeit
 - Mittels Elektrotechnik und Elektronik und zuletzt der Digitalisierung werden wurden und werden Arbeitsvorgänge immer weiter optimiert

Arbeit (nach Voigt und Wohltmann):

„Zielgerichtete, soziale, planmäßige und bewusste, körperliche und geistige Tätigkeit“; Zweck ist, etwas zu herzustellen, zu leisten, zu erreichen.

Industrialisierung (nach Polzin, Pollert und Kirchner):

„Ausweitung des industriellen Wirtschaftsbereichs in einer Volkswirtschaft in Vergleich zu anderen Wirtschaftsbereichen wie dem Handwerk...“

2 Geschichtliche Entwicklung – Industrie 1.0 bis 4.0

Die zweite industrielle Revolution – Industrie 2.0

- Der nächste technologische Umbruch begann Ende des 19. Jahrhunderts; in der Regel wird er mit den ersten Fließbändern in den Schachtöfen von Cincinnati um 1870 verknüpft.
- Nutzbar gemachte elektrische Energie brachte elektrische Antriebe, Beleuchtung und Kommunikation in Form des Telefons.
- Durch die Fließbandarbeit konnten die Produktionsbetriebe auf Massenproduktion umgestellt werden.
- Das Handwerk wurde zunehmend abgelöst durch zum Teil nur angelernte Arbeiter
- Ein Angebotsüberschuss entstand bei den monotonen Fließbandarbeiten dadurch, dass auch die Löhne der niedrig qualifizierten Arbeiter niedrig waren; das wiederum war der Ausgangspunkt immer wiederkehrender Optimierungsprozesse.
- Der Taylorismus beschreibt die strikte Trennung zwischen Hand- und Kopfarbeit; dies wurde durch den Fordismus (Henry Ford) umgesetzt (Massenfertigung des Ford T: meistverkauftes Automobil bis der Titel 1967 an VW Käfer ging).
- Das Erdöl gewann eine immer größere Bedeutung als Grundstoff der chemischen Industrie, vor allem als Treibstoff. Die Massenproduktion in Chemie, Elektroindustrie und Maschinenbau schritt voran.
- Mit der wachsenden Bevölkerung wurde klar, dass es ein Wohlstandsbedürfnis gibt; auf Grund von Skaleneffekten konnten sehr günstig Produkte hergestellt werden.
- Die Bedeutung von Gewerkschaften nahm stark zu; im Übergang zur zweiten industriellen Revolution entstand die Sozialdemokratie.



2 Geschichtliche Entwicklung – Industrie 1.0 bis 4.0

Die dritte industrielle Revolution – Industrie 3.0

- Im Rahmen der ersten und zweiten industriellen Revolution wurde über zunehmende Mechanisierung gesprochen.
- Die dritte industrielle Revolution steht dagegen für eine neue Dimension der Automatisierung der Produktion.
- Etwa in den 50er und 60er Jahren wurde diese Revolution von den Fortschritten der Elektronik ausgelöst. Dadurch entstanden völlig neue Möglichkeiten der Automatisierung und der Optimierung von Produktionsabläufen.
- Am Massachusetts Institute of Technology (MIT) wurde um 1950 die erste numerische Steuerung entwickelt. Die ersten NC-Maschinen, später CNC-Maschinen auf den Markt gebracht.
- Ab den 70er Jahren brachten erste softwarebasierte Prozessrechner weitere Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Produktion (ab Ende der 30er Jahre entwickelte Konrad Zuse Computer der Z-Serie)
- CAD (Computer-Aided-Design) für rechnergestützte Konstruktion, CAM (Computer-Aided-Manufacturing) für Programmierung von Werkzeugmaschinen und Einführung des ersten PC durch IBM Mitte der 80er Jahre sowie ab etwa 1985 CIM (Computer-Integrated-Manufacturing) sind weitere Meilensteine.
- Mit der Hilfe der Rechner führte Toyota Anfang der 90er Jahre das Produktionsprinzip Lean Production ein, womit eine Flexibilisierung der Produktion angepasst an Kundenwünsche einher ging. Es konnten und können so im Allgemeinen Kosten gesenkt werden, um dem Kostendruck, der sich aus dem Globalisierungstrend ergab, entgegenzuwirken.



2 Geschichtliche Entwicklung – Industrie 1.0 bis 4.0

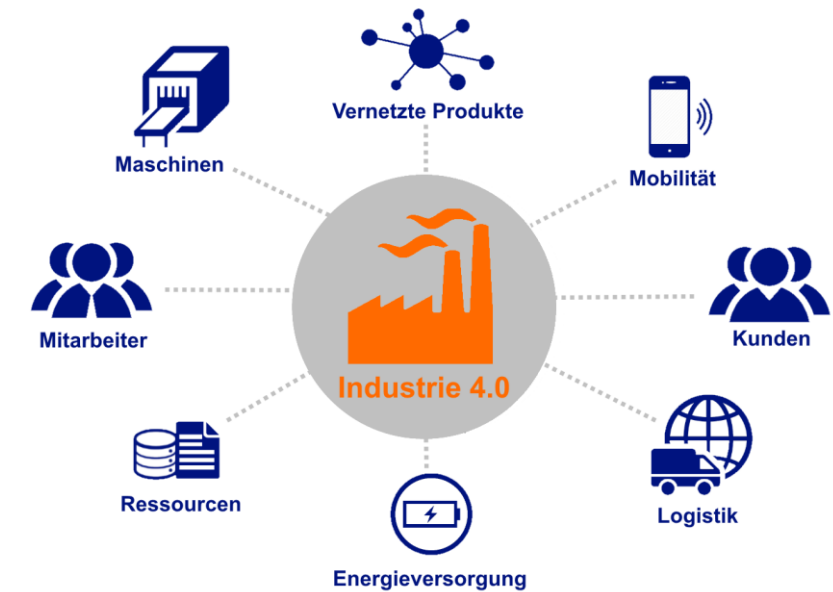
Die vierte industrielle Revolution – Industrie 4.0

- Der nächste technologische Quantensprung zeichnete sich Anfang des 21. Jahrhunderts ab; es wird von der vierten industriellen Revolution gesprochen.
- Getrieben einerseits von den Fortschritten im digitalen Bereich (Verarbeitung großer Mengen an Daten), andererseits durch immer unvorhersehbarere Mengen, die durch Kunden abgenommen werden und der damit einhergehenden Dynamik und dem Bedarf von Flexibilisierung sind Firmen bestrebt, neue digitale Technologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu etablieren; z. B. können Nachbestellungen von Rohstoffen automatisch ausgelöst oder Anlagen für neue Produkte zügig umkonfiguriert werden.
- Verschiedene Cockpits (Nutzeroberflächen) erleichtern das dynamische Managen von Prozessen, wobei Daten aus verschiedenen Bereichen zusammengeführt und ausgewertet werden.

2 Geschichtliche Entwicklung – Industrie 1.0 bis 4.0

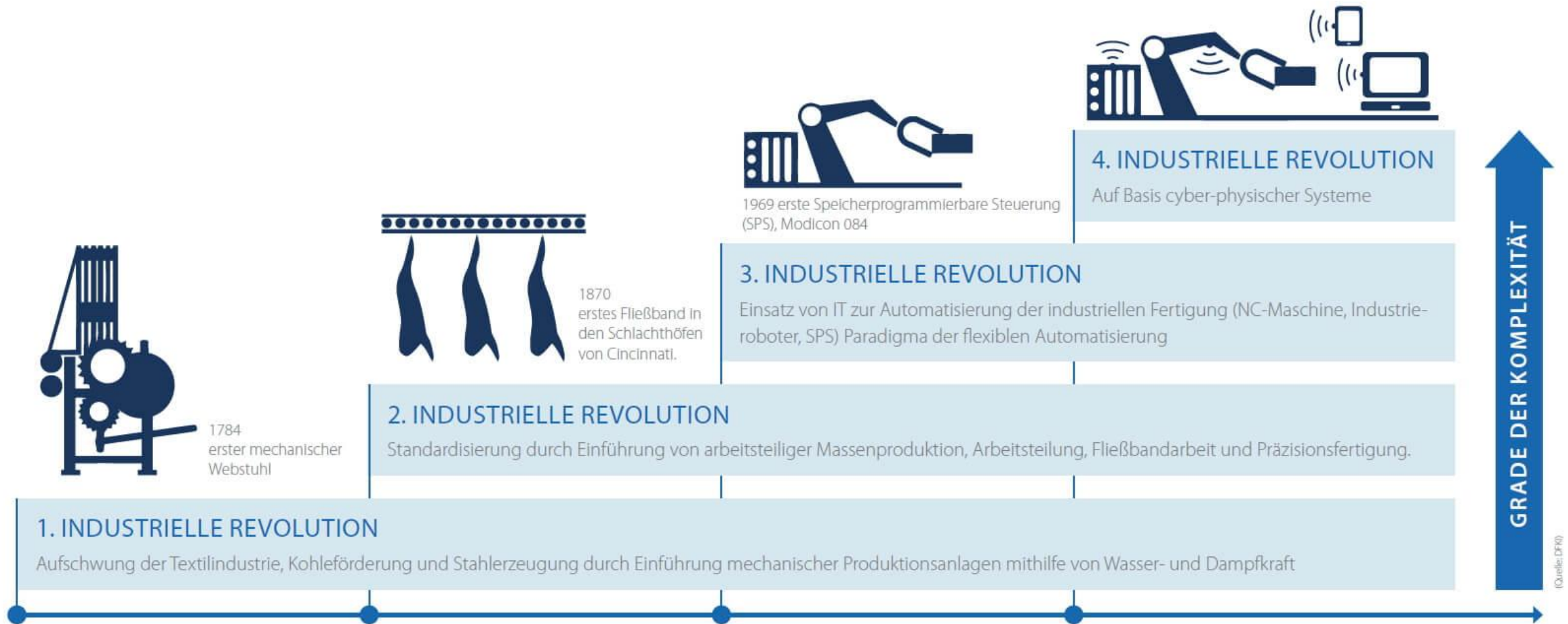
Die Vorteile der Industrie 4.0 in der Produktion

- Auswertungen mit Echtzeitdaten
- Kundenindividuelle Produkte mit erhöhter Rentabilität
- Selbststeuernde Prozesse in der Produktion führen zu effizienten Abläufen
- Analyse von Massendaten in Echtzeit und lückenlose Berichte zu Produktionsstand und Energieverbrauch
- Produktion individualisierbarer, hochkonfigurierbarer Produkte zu den Kosten einer Großproduktion
- Schnelleres Go-to-Market
- Intelligente Assistenzsysteme für Mitarbeiter und Maschinen
- Kosten werden gespart, weil u. a. Linienrechner wegfallen
- Flexiblere Produktion: konfigurierbare Systeme, Kommunikationswege und -inhalte, kurzfristig änderbare Fertigungsreihenfolgen
- Wettbewerbsfähigkeit durch erhöhte Flexibilität



2 Geschichtliche Entwicklung – Industrie 1.0 bis 4.0 (5.0)

Ordnen wir KI gedanklich unter Industrie 5.0 ein



2 Geschichtliche Entwicklung – Industrie 1.0 bis 4.0 (5.0)



2 Geschichtliche Entwicklung

Proletarier aller Länder, vereinigt euch!



NEUES DEUTSCHLAND

ORGAN DES ZENTRALKOMITEES DER SOZIALISTISCHEN EINHEITSPARTEI DEUTSCHLANDS

Berlin, Mittwoch, 5. November 1958

13. (69.) Jahrgang / Nr. 266 / Einzelpreis 15 Pf

Berliner Ausgabe „Vorwärts“

Chemie im Dienst des Friedens

Erste deutsche Chemiekonferenz beendet / Arbeitsprogramm für die Entwicklung der chemischen Industrie einstimmig beschlossen / Berlin wird Sitz der Ständigen Kommission für Chemie des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe

Leuna (ND). Die erste deutsche Chemiekonferenz wurde am Dienstagabend mit der Annahme des großen Programms zur Entwicklung der chemischen Industrie der DDR beendet. Das Chemieprogramm, so hob der Erste Sekretär des ZK, Walter Ulbricht, in seinem Schlußwort hervor, sei mit einer Umwälzung im Denken, in Wissenschaft, Technik und in der Wirtschaft verbunden. Die Chemiekonferenz hätte Impulse gegeben für die Veränderung der Lage auf allen Gebieten. Walter Ulbricht forderte die Werktätigen in allen Betrieben auf, das Chemieprogramm in ökonomischen Konferenzen zu behandeln. Der Leiter der Wirtschaftskommission des Politbüros, Erich Apel, kennzeichnete das Chemieprogramm als eine Synthese von Wirtschaft, Technik und Politik. „Dieses Programm“, so sagte er, „ist ein gemeinsames Werk der Arbeiterklasse und der Intelligenz, es dient der Erhaltung des Friedens, der Erhöhung des Wohlstandes der Bevölkerung und dem Sieg des Sozialismus.“ In der Diskussion brachten alle Sprecher ihre Bereitschaft zum Ausdruck, ihre Kräfte für die Erreichung der gesteckten Ziele einzusetzen und die ökonomische Hauptaufgabe zu lösen. Unser Chemieprogramm wird auch den Chemikararbeitern Westdeutschlands das Beispiel geben, wie eine dem Frieden und den Interessen aller Werktätigen dienende chemische Industrie aufgebaut werden muß. (Das Referat des Genossen Walter Ulbricht auf der Chemiekonferenz veröffentlichten wir auf den Seiten 3 bis 8.)

Chemie gibt Wohlstand

Chemie gibt Kraftstoff für Industrie, Landwirtschaft und Verkehr, sie gibt Roh- und Werkstoffe für alle Industriezweige und zur Herstellung von Waren des Massenbedarfs.

Chemie gibt Schönheit

Chemie gibt schöne Textilien, vom Perlonstrumpf bis zum Kleiderstoff. Die schöne Gestaltung, die Zweckmäßigkeit und die herrlichen Farben der chemischen Erzeugnisse helfen mit, das Leben schöner und interessanter zu gestalten.

In Anbetracht der großen Bedeutung der Chemie für die Wirtschaft und für die Politik sollten alle Bürger, besonders aber alle in der Chemie tätigen Arbeiter und Wissenschaftler, sich mit der Rolle der chemischen Industrie in Vergangenheit und Gegenwart in Deutschland auseinandersetzen.

Nach den Kriegsjahren – auch mit Zwangsarbeit und der Beteiligung an Verbrechen im 3. Reich erfolgte der Wiederaufbau in beiden deutschen Staaten.

1. Reich: Heiliges Römisches Reich deutscher Nation, 10. Jahrhundert bis Anfang 19. Jahrhundert (1806 Sieg Napoleon und Niederlegung der Krone durch Kaiser Franz)
2. Reich: Kaiserreich bis 1918 (Wilhelm I., Friedrich III., Wilhelm II., Reichsverfassung vom ernannten Reichskanzler Otto v. Bismarck)
3. Reich: von der Zeit der Weimarer Republik 1920, auch die Nationalsozialisten verwendeten den Begriff auch nach der Machtergreifung 1933

2 Geschichtliche Entwicklung – Lernkontrolle

1. Wann haben sich Textil-, Metall- und Chemieindustrie entwickelt?
2. Was versteht man unter Industrie 1.0, 2.0, 3.0 und 4.0 (5.0)?

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Je nach Größe, Finanzierung usw. gibt es verschiedene Rechtsformen, bei denen unter Einzelunternehmen, Personengesellschaften, Kapitalgesellschaften sowie Mischformen unterschieden wird.

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Personengesellschaften:

- Gesellschaft des bürgerlichen Rechts, GbR
- Stille Gesellschaft
- Offene Handelsgesellschaft, OHG
- Kommanditgesellschaft , KG
- Partnerschaftsgesellschaft

Kapitalgesellschaften:

- Gesellschaft mit beschränkter Haftung, GmbH
- Aktiengesellschaft, AG
- Kleine Aktiengesellschaft
- Konzern

Gesetzliche Grundlagen der Rechtsformen:

- Handelsgesetzbuch, HGB
- Bürgerliches Gesetzbuch, BGB
- Partnerschaftsgesellschaftsgesetz, PartGG
- GmbH-Gesetz
- Aktiengesetz, AktG

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Gesellschaft des bürgerlichen Rechts, GbR:

- Sobald sich zwei oder mehr Menschen für einen Geschäftszweck zusammenschließen entsteht eine GbR
- Die Gründung erfolgt mündlich oder in der Schriftform (Gesellschaftervertrag)
- Alle Gesellschafter haften grundsätzlich mit ihrem ganzen Vermögen; abweichend kann die Haftung begrenzt werden, wenn dies klar zum Ausdruck gebracht wurde
- Die Geschäftsführung und Vertretung steht jedem Gesellschafter zu
- Die GbR ist nicht rechtsfähig, ihre Gesellschafter schon und können somit verklagt werden
- Zweckmäßigste Rechtsform, z. B. bei Existenzgründungen

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Stille Gesellschaft:

- Keine eigenständige Unternehmensform, sondern „stille“ Beteiligung eines Geldanlegers bei einer beliebigen Gesellschaft oder einem Einzelunternehmen durch Kapitalanlage
- Das Gesellschaftsverhältnis tritt nach außen nicht in Kraft (Innengesellschaft), d. h. der stille Gesellschafter wird auch nicht im Handelsregister geführt
- i. d. R. an Gewinn und Verlust beteiligt (einkommenssteuerpflichtig, Einkünfte aus Kapitalvermögen)

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Offene Handelsgesellschaft, OHG:

- Ziel des Unternehmens ist der Betrieb eines kaufmännischen Handelsgewerbes unter einem Namen
- Formloser Gesellschaftsvertrag und Eintragung in das Handelsregister beim Amtsgericht;
z. B. „Schulze und Schmied, Kolbenmembranpumpen OHG“, „Schulze und Co Kolbenmembranpumpen OHG“; die Namen der nicht aufgeführten Gesellschafter kann dem Handelsregister entnommen werden
- Alle Gesellschafter haften gemeinsam mit ihrem gesamten Vermögen bis 5 Jahre nach ihrem Ausscheiden, daher ist die OHG von Banken sehr geschätzt; wegen der unbeschränkten Haftung ist das Risiko der Gesellschafter vergleichsweise groß
- Jeder Gesellschafter ist gleichberechtigt stimmberechtigt, was Entscheidungen bei vielen Gesellschaftern schwierig macht
- Die OHG ist im Gegensatz zur GbR rechtsfähig; sie kann unter dem Namen der Firma Verbindlichkeiten eingehen
- Für Vertretung und Geschäftsführung sind die Gesellschafter zuständig

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Kommanditgesellschaft, KG:

- Die Kommanditgesellschaft ist der offenen Handelsgesellschaft sehr ähnlich
- Man unterscheidet jedoch unter den Kommanditisten (*franz.: anvertrauen, übergeben*) und dem Komplementär (*franz.: gegensätzlich, sich ergänzend*)
- Erstere haften nur in Höhe ihrer Kapitaleinlage bis 5 Jahre nach Austritt, nur der Komplementär haftet mit seinem gesamten Vermögen
- Er hat die gleichen Rechte und Pflichten wie die Gesellschafter der OHG, betreibt die KG im Wesentlichen allein
- Die Gründung erfolgt ebenso über einen formlosen Gesellschaftsvertrag und durch Anmeldung und Eintragung im Handelsregister durch das Amtsgericht
- Die KG firmiert unter dem Familiennamen des Komplementärs;
„Schulze & Co Kolbenmembranpumpen KG“
- Die KG ist rechtsfähig, kann also wie eine juristische Person unter ihrem Namen klagen und verklagt werden

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Partnerschaftsgesellschaft:

- Freiberufler üben (nach der herrschenden Meinung) kein Gewerbe im Sinne des Handelsgesetztes aus, können damit auch keine OHG oder KG gründen
- Man kann daher die GbR gründen
- Es kann auch eine Partnerschaftsgesellschaft gegründet werden; sie ist eine eigene Rechtsform und lehnt sich an die OHG an
- Ein Gesellschaftsvertrag ist nötig, der der Schriftform bedarf
- Anders als bei der OHG kann die Haftung auf die jeweils verantwortlichen Gesellschafter beschränkt werden
- Die Partnerschaftsgesellschaft ist nicht Kaufmann im Sinne des Handelsrechts, wird damit nicht in das Handelsregister, sondern in das Partnerschaftsgesellschaftsregister eingetragen

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Im Vergleich zu **Personengesellschaften**, in denen *natürliche Personen* haften, sind **Kapitalgesellschaften** sog. *juristische Personen*.

Die Gesellschafter gehen nur eine beschränkte Haftung ein.

Die Geschäfte werden von Direktoren bzw. Geschäftsführern betrieben. Diese sind nicht zwangsläufig Eigentümer, und sie sind in der Regel angestellt.

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Gesellschaft mit beschränkter Haftung, GmbH:

- Die Haftung der Gesellschafter ist auf die Einlage begrenzt und das Privatvermögen ist geschützt.
- Die Gründung erfolgt durch einen Gesellschaftervertrag vor einem Notar, und es erfolgt der Eintrag in das Handelsregister.
- Das Stammkapital beträgt mindestens 25.000 €, 25 % muss in bar eingebracht werden, der Rest kann in Sachwerten vorliegen.
- Die Einlagen der Gesellschafter können unterschiedlich sein; nach der Höhe richtet sich der Gewinn.
- Eine GmbH muss keinen Familiennamen tragen.
- GmbHs müssen einen Jahresabschluss mit einer Gewinn- und Verlustrechnung erstellen.

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Aktiengesellschaft, AG:

- Ermöglicht große Fremdkapitalbeträge
- Ist die bevorzugte Rechtsform großer Industrieunternehmen
- Das Grundkapital ist in Aktien aufgestellt, die meist frei an der Börse gehandelt werden können; das Grundkapital ist die Summe der Nennwerte aller Aktien – mindestens 50.000 €
- Nicht alle Aktienunternehmen sind börsennotiert
- Aktionäre (Gesellschafter) haften mit der Höhe der Nennwerte
- Gesetzlich vorgeschrieben sind Vorstand (Geschäftsführer), der Aufsichtsrat (bestellt die Mitglieder des Vorstandes und überwacht die Performance; besteht aus Vertretern der Aktionäre und Mitarbeitervertretern) und wird von der Hauptversammlung gewählt; die Hauptversammlung der Aktionäre ist die finale Kontrollinstanz des Unternehmens, sie entlastet den Aufsichtsrat sowie den Vorstand und genehmigt die Gewinnverwendung, z. B. Zahlung einer Dividende oder Bildung von Rücklagen
- Per Gesetz muss eine Bilanz und ein Geschäftsbericht erstellt werden; der Jahresabschluss muss durch einen Wirtschaftsprüfer testiert werden

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Die kleine Aktiengesellschaft, kleine AG:

- Eine kleine AG kann grundsätzlich von einer Person gegründet werden; sie vertritt die AG nach außen und übernimmt die Funktion des Vorstands
- Der Gründungsvertrag beinhaltet den Namen des Gründers, den Namen der AG und nennt die Höhe des Grundkapitals sowie den Namen der Aufsichtsratsmitglieder
- Nach der Gründung erfolgt der Eintrag in das Handelsregister
- Die Gründung der kleinen AG kommt für GmbH-Unternehmen in Frage, die gern als AG firmiert hätten, dies aber auf Grund des strengen Aktiengesetzes nicht taten
- Die sogenannte „Ich-AG“ hat mit der kleinen AG nichts zu tun, es handelt sich um ein normales Einzelunternehmen, indem ein zuvor arbeitsloser Existenzgründer temporär vom Arbeitsamt unterstützt wird

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Konzern:

- Ein Konzern ist ein Zusammenschluss mehrerer rechtlich selbständiger Unternehmen, z. B. mehreren GmbHs
- Wenn die Konzernleitung ein eigenständiges operatives Geschäft betreibt, dann spricht man von einem Stammhaus-Konzern
- Wenn die Konzernleitung sich nicht am operativen Geschäft beteiligt, dann spricht man von einer Holding
- Konzerne entstehen durch Unternehmenszusammenschlüsse (Fusionen) oder auch Teilungen
- Die Gewinne der rechtlich selbständigen Unternehmen werden an die Konzernleitung abgeführt
- Die Unternehmen sind durch einen Unternehmensvertrag verbunden, bestehend aus einem Beherrschungsvertrag (Weisungsbefugnis der Konzernleitung) und einem Gewinnabführungsvertrag; es gibt auch Gleichordnungsverträge
- Konzerne müssen im Jahresabschluss eine Bilanz und einen Geschäftsbericht vorlegen; die Bilanzen der Tochterunternehmen werden zusammengeführt
- Der Jahresabschluss wird durch einen Wirtschaftsprüfer testiert

3 Betriebliche Organisation – Rechtsformen von Unternehmen (äußere Organisation)

Mischformen:

- Es gibt Mischformen, die Merkmale von mehreren Rechtsformen vereinen
- Die GmbH & Co KG z. B. ist eine KG, in der der Komplementär eine juristische Person ist, eine GmbH (Komplementär haftet mit seinem gesamten Vermögen), die GmbH Gesellschafter sind gleichzeitig die Kommanditisten der KG, sie haften beschränkt;
steuerrechtlich wird die GmbH wie eine Personengesellschaft behandelt (unterliegt der Einkommensteuer), Verluste werden mit den Einkünften der Gesellschafter verrechnet
- Die Kommanditgesellschaft auf Aktien, oder kurz KGaA, ist ebenso eine Rechtsform für Unternehmen. Sie vereint Elemente von Aktiengesellschaft und Kommanditgesellschaft

3 Betriebliche Organisation – äußere Organisation eines Unternehmens: Lernkontrolle

1. Was ist eine Personengesellschaft? Gehen Sie auf die GbR ein.
2. Was ist eine Kapitalgesellschaft? Gehen Sie dabei auf die GmbH, die AG und den Konzern ein.

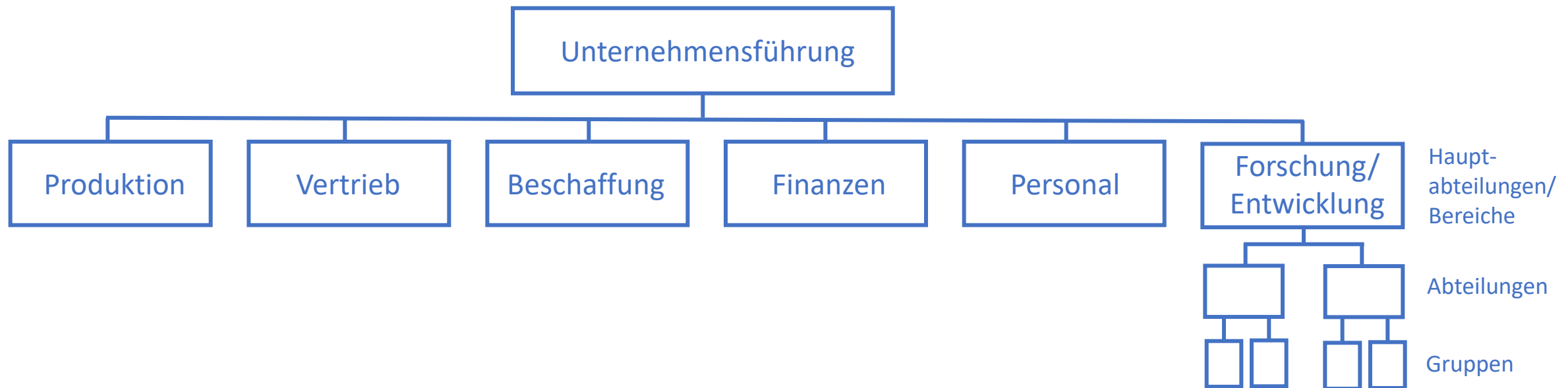
Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

4 Betriebliche Organisation – Aufbauorganisation (innere Organisation)

Wenn der Ausgangspunkt einer Unternehmung (eines Unternehmens) die Idee ist, dann ist der Erfinder zugleich Entwickler, Produzent, Verkäufer und Kommunikator in einer Person

Im Zuge der Vergrößerung der Unternehmen wird es nötig, eine hierarchische Struktur aufzubauen, die auch gern möglichst flach gehalten wird.



4 Betriebliche Organisation – Aufbauorganisation (innere Organisation)

Ab einer gewissen Größe können Stabsabteilungen die Unternehmensführung direkt unterstützen, z. B. Patentwesen, Kommunikation, Recht, Produktmanagement.

Ebenso findet man eine Trennung der operativen Bereiche von den Zentralabteilungen wie z. B. F&E, Personal statt

Abhängig von den Produkten kann es auch eine Trennung in Divisionen oder Segmente geben. Dann ergibt sich eine Holding-Struktur.

4 Betriebliche Organisation – Ablauforganisation (innere Organisation)

Die **Ablauforganisation** beschreibt Prozesse, z. B. den der Fertigung bzw. der Produktion. Dabei werden die z. B. ausgelöst von einer Bestellung Handlungsketten (workflows) in Gang gesetzt. Dabei greifen auch Abläufe von verschiedenen Abteilungen ineinander. Damit entsteht eine gewisse Komplexität, die es nötig macht, dass die Handlungsketten in Prozessbeschreibungen (möglichst einfach) niedergeschrieben und geschult werden.

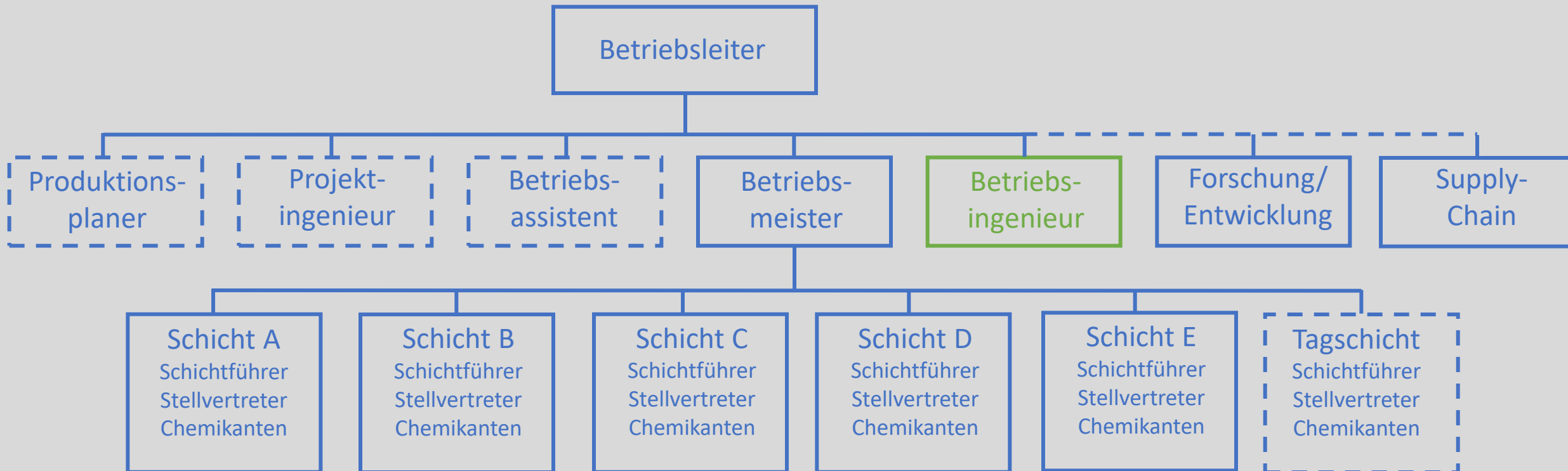


Durch eine **Ablauforganisation** soll die Wirtschaftlichkeit erhöht werden:

- Erhöhung der Auslastung
- Reduzierung Handlingsaufwand
- Reduzierung von Stillstandszeiten
- Erhöhung OTIF
- Erhöhung FPQ
- Reduzierung der Komplexität

4 Betriebliche Organisation – beispielhafte Betriebsorganisation

- Dem Betriebsleiter ist das gesamte Personal unterstellt; ggf. ist der Betriebsingenieur einer eigenen Technikabteilung und nur mit einer „dotted-line“ dem Betrieb zugeordnet.
- Produktionsplaner, Projekt Ingenieur, Betriebsassistent und Assistenz können der betrieblichen Organisation angehören.
- Schnittstellen zu F&E und der Supply-Chain gehören dazu.
- Bedarfsbezogen arbeiten auch andere Abteilungen in enger Kooperation, so z. B. ESHQ



4 Betriebliche Organisation – beispielhafte Betriebsorganisation

24/7: Fünfschichtsystem

- 2 x Frühschicht
- 2 x Spätschicht
- 2x Nachtschicht
- 4 Tage frei
- Es müssen sog. Bringschichten geleistet werden, da die Anzahl der Schichten nicht der zu leistenden Gesamtstundenzahl entspricht
- Ältere MA, ab 55 haben 5 zusätzliche freie Tage, leisten damit keine Bringschichten mehr
- Wichtig und interessant ist die Krankheitsrate, sie kann Aufschluss auf die gefühlten Arbeitsbedingungen und die Stimmung geben, was auch zwischen den Betrieben als Benchmark verwendet werden kann
- Zudem ist es wichtig, bei der Planung zu berücksichtigen, dass von der Anzahl der MA im Organigramm nicht alle da sind; bei 8 MA sind über das Jahr verteilt ca. 6,5 MA anwesend wobei der Schichtführer organisatorische Tätigkeiten übernimmt
- Bei Änderungen mit Bezug zum Personal ist es empfehlenswert, den Betriebsrat frühzeitig einzubinden

Januar																											
3														4													
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26													
So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So													
S	S	N	N				<	F	F	S	S	N	N														
S	S	N	N				<	F	F	S	S	N	N														
S	S	N	N				<	F	F	S	S	N	N														
S	S	N	N				<	F	F	S	S	N	N														
S	S	N	N				<	F	F	S	S	N	N														
S	S	N	N				<	F	F	S	S	N	N														
S	S	N	N				<	F	F	S	S	N	N														
S	S	N	N				<	F	F	S	S	N	N														
F	F	S	S	N	N			<	F	F	S	S	N	N													
F	F	S	S	N	N			<	F	F	S	S	N	N													
F	F	S	S	N	N			<	F	F	S	S	N	N													
F	F	S	S	N	N			<	F	F	S	S	N	N													
F	F	S	S	N	N			<	F	F	S	S	N	N													
F	F	S	S	N	N			<	F	F	S	S	N	N													
F	F	S	S	N	N			<	F	F	S	S	N	N													

4 Betriebliche Organisation – innere Organisation eines Unternehmens: Lernkontrolle

1. Was ist die Aufbauorganisation eines Unternehmens?
2. Was verstehen Sie unter der Ablauforganisation?
3. Wie ist ein Betrieb mit all seinen Funktionen beispielhaft organisiert?

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 **Produktion und deren Optimierung**
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

5 Produktion und deren Optimierung – Einführung und Changemanagement (MoC)

Die Produktion ist in der Regel ein Zusammenspiel von verschiedenen komplexen Abläufen (Beschaffung, Produktionsplanung, Logistik, Produktion, Lagerhaltung, technischen Änderungen, Investitionsprojekten inklusive Bauvorhaben etc.). Änderungen haben nicht selten Auswirkungen auf mehrere dieser Dimensionen, die eine sorgfältige Planung nötig machen und ebenso einen Change-Prozess in Gang setzen.

Wird dieser nicht berücksichtigt „Es ist ja nur eine kleine Änderung.“, „Das ist zu komplex, dafür haben wir jetzt keine Zeit.“, wird sich der IST-Zustand von der Dokumentation der Prozesse und der Anlage (SOLL-Zustand) entfernen.

Das führt von nicht ungefährlicher Kreativität beim Produktionsprozess über Abweichungen vom genehmigtem Betrieb bis hin zu unter Umständen gravierenden Sicherheitsrisiken.

5 Produktion und deren Optimierung – Einführung und Changemanagement (MoC)

Welche Fragen sind also bei Änderungen in Abläufen (Projekten) zu beachten?

5 Produktion und deren Optimierung – Einführung und Changemanagement (MoC)

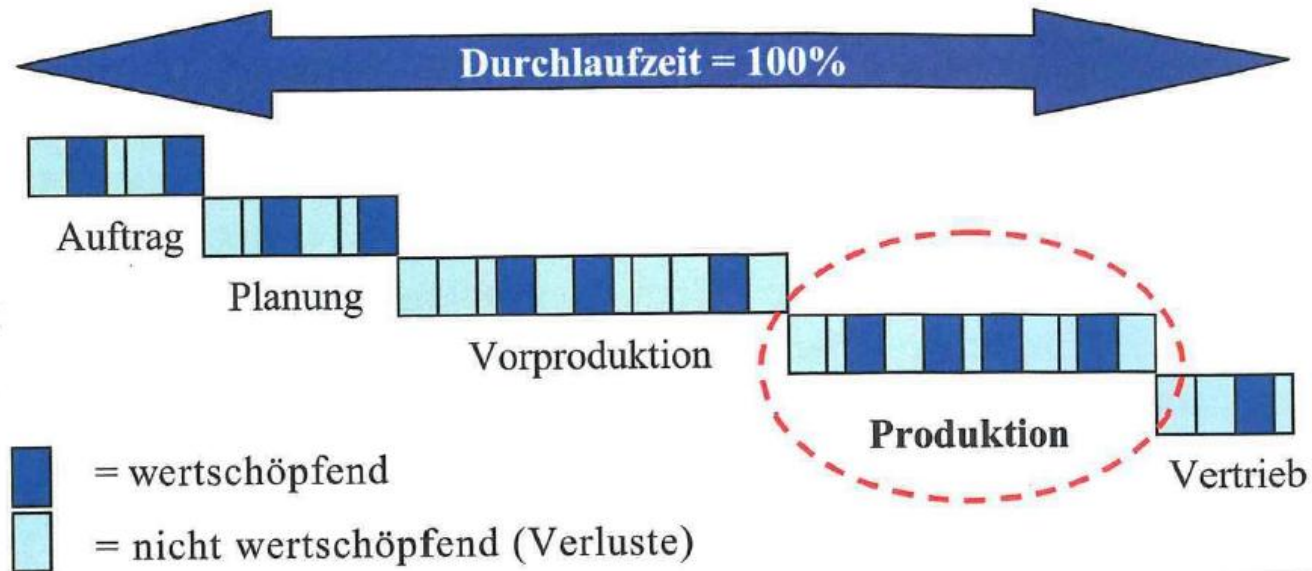
Welche Fragen sind also bei Änderungen in Abläufen (Projekten) zu beachten?

- Habe ich mein zu lösendes Problem präzise beschrieben (Grund, Nutzen, Zeitraum, Verantwortlichkeiten, Stakeholder, Ressourcen)?
- Welche Bereiche sind von einer möglichen Änderung betroffen?
- Wer hat welche Verantwortlichkeiten und muss frühzeitig eingebunden werden?
- Was ist bei Abschluss zu beachten: offizielle Projektübergabe, Trainings, Dokumentation, Tracking der Maßnahme?
- ...
- ...
- ...

Im Rahmen von „9 Wartung und Instandhaltung“ wird der Punkt Verantwortlichkeit für die Dokumentation noch einmal vertieft.

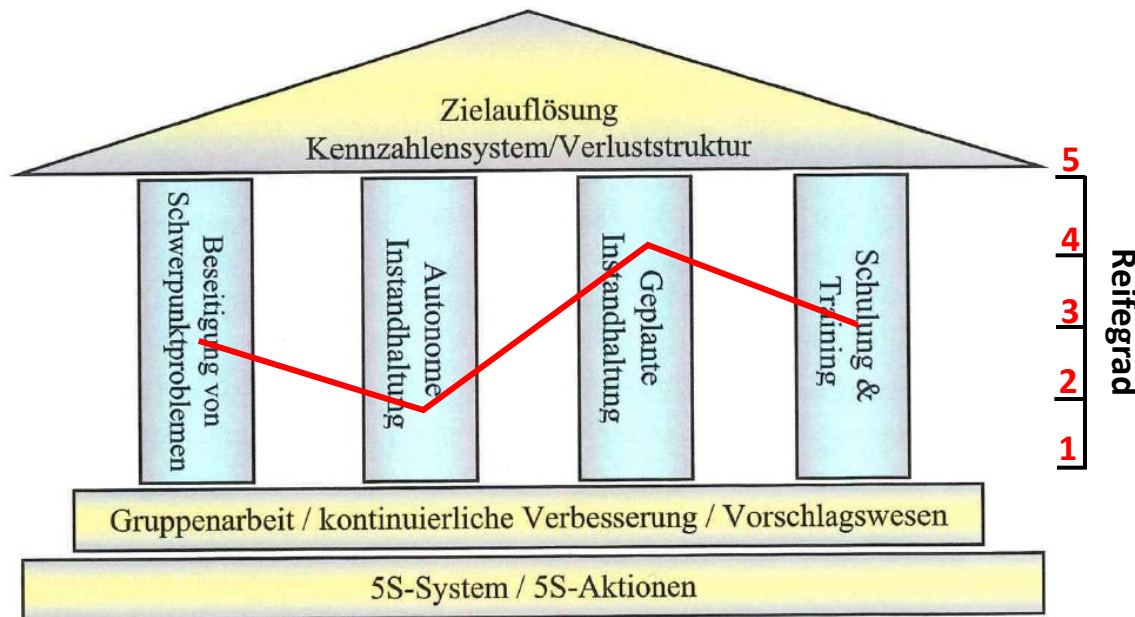
5 Produktion und deren Optimierung – Total Productive Management (TPM)

- Die komplette Durchlaufzeit umfasst auch Bereiche außerhalb der Produktion
- Nicht nur die Prozesse der Produktion sollten daher kontinuierlich überarbeitet werden, auch die der beteiligten Bereiche



5 Produktion und deren Optimierung – Total Productive Management (TPM)

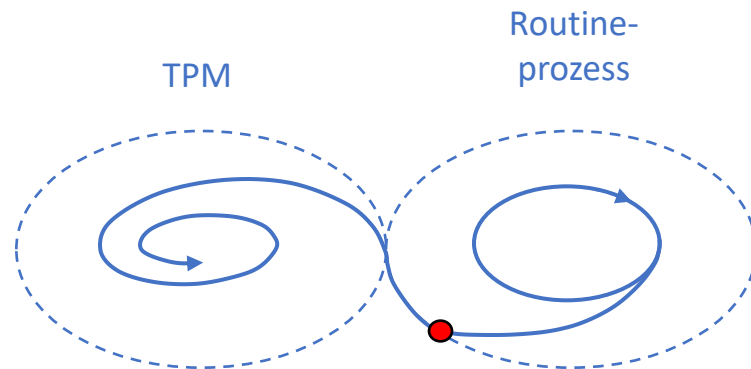
OTIF, OEE, null Unfälle (mit Ausfallzeit)



Es gibt Darstellungen, die weitere Säulen berücksichtigen:

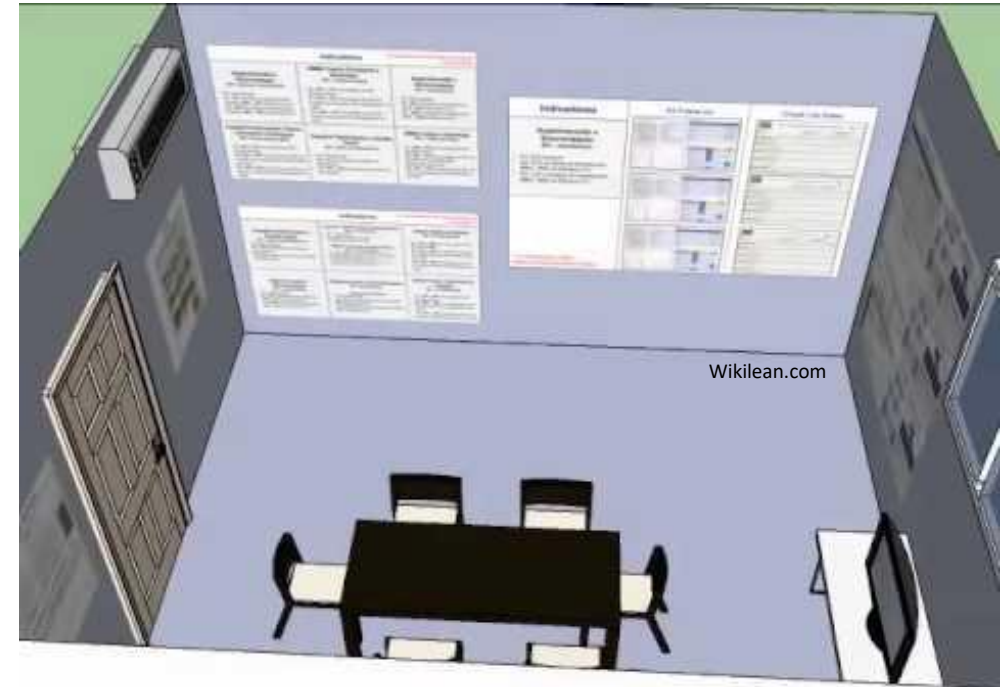
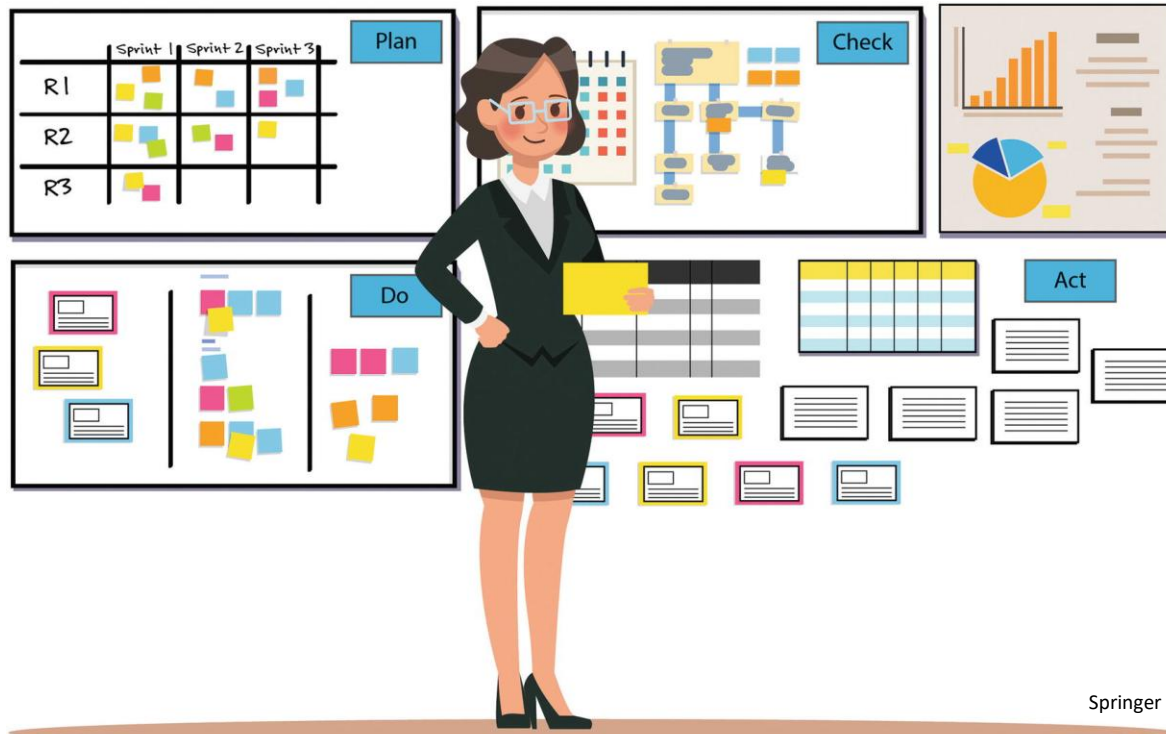
- Vorbeugende IH
- Qualitätsmanagement
- TPM in administrativen Bereichen
- Anlaufüberwachung/Automatisierungsgrad
- Arbeitssicherheit, Umwelt- und Gesundheitsschutz

TPM-Koordinatoren können aus einer Ebene kommen und z. B. jährlich wechseln



Das ist ein Vorgehen, das sich z. B. für tägliche Produktionsmeetings eignet.

5 Produktion und deren Optimierung – Möglichkeiten effektiver Arbeit an der Optimierung



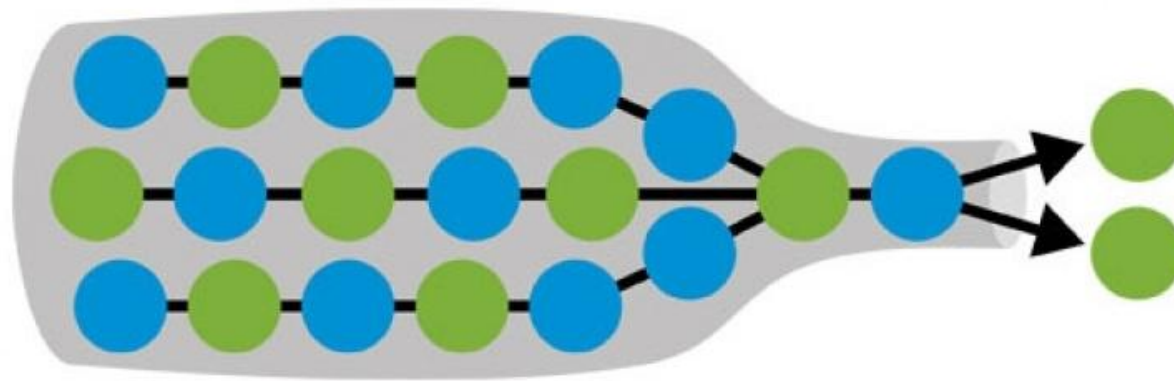
Obeya: jap., für großer Raum

In regelmäßigen Meetings, z. B. ein Mal pro Woche, werden wichtige Kennzahlen und Projekte des Betriebs besprochen (ebenso in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen möglich)

- KPIs, Projekte (Meilensteine verzögert oder mit Risiko behaftet)
- Sicherheit (Beinaheunfälle (Nearmisses), Unfälle)
- Tätigkeitsbeurteilungen
- TPM Aktivitäten, Kanban und weitere Punkte

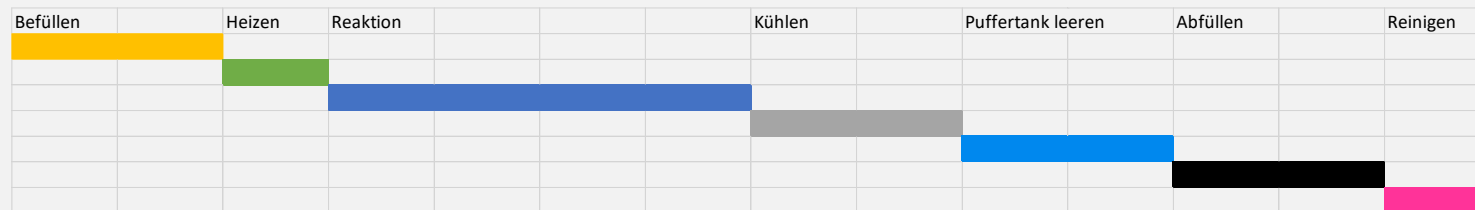
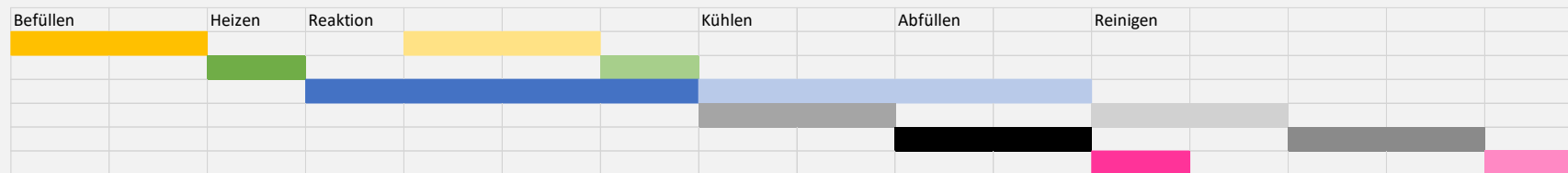
5 Produktion und deren Optimierung – Erhöhung der Kapazität (Bottleneck-Analyse)

- Ermitteln der Limitierungen im Prozess; wobei auch die Prozesse um den eigentlichen chemischen Prozess, die Aufarbeitung und die Abfüllung zum Beispiel mit betrachtet werden müssen.
- Oftmals können viele Verbesserungen durch Parallelisierung, der Optimierung der Prozesse sowie des Regelverhaltens und der Anpassung von Alarm- und Schaltwerten erreicht werden. Zudem kann der Tausch von limitierendem Equipment (Pumpen mit zu geringen Förderraten, zu klein dimensionierte Wärmetauscher) zu einer Reduktion der Anlagenbelegzeit führen.
- Eine Verringerung der Anlagenbelegzeit erhöht die Kapazität der Anlage oder der Produktionsstraße und kann zu einer verbesserten Kostensituation führen.

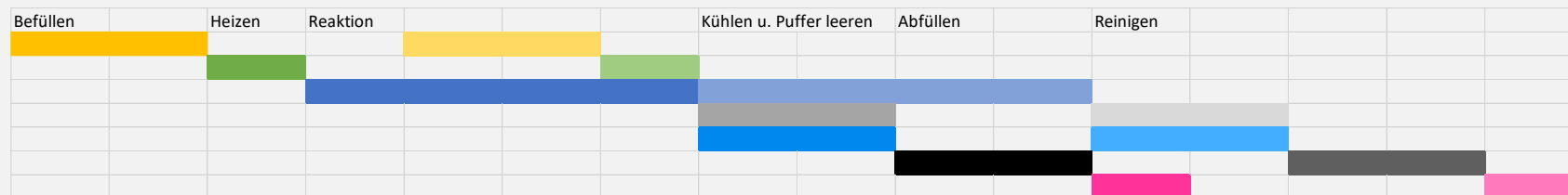


[illegible]

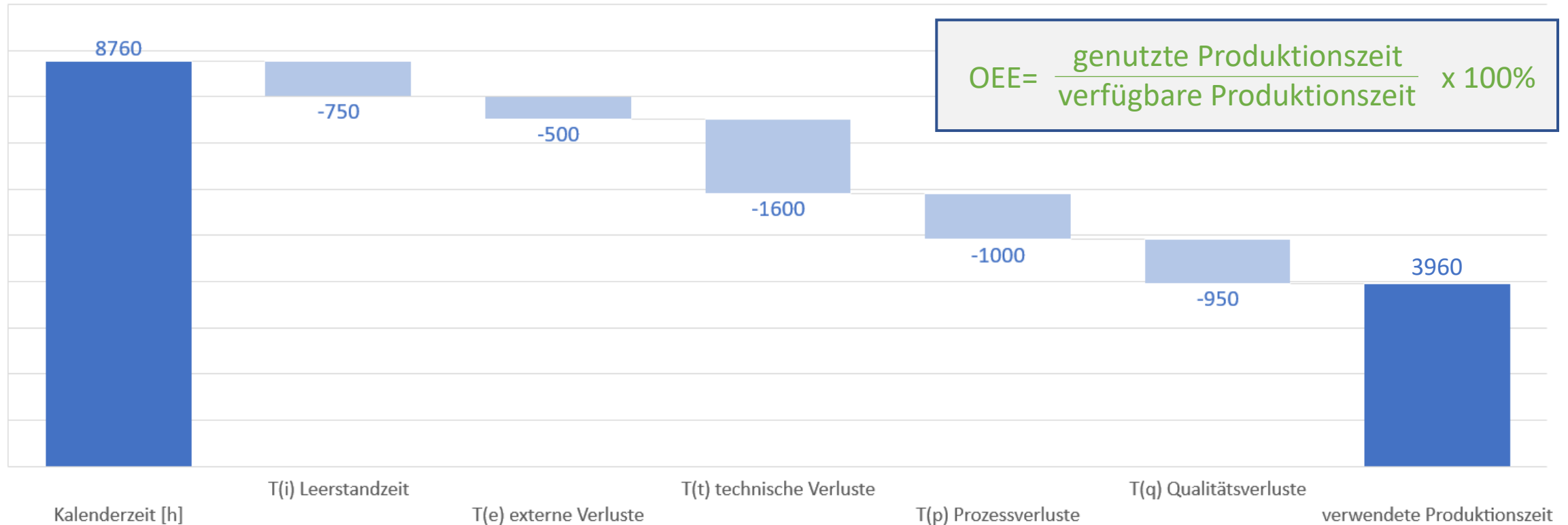
Zeit



Zeit



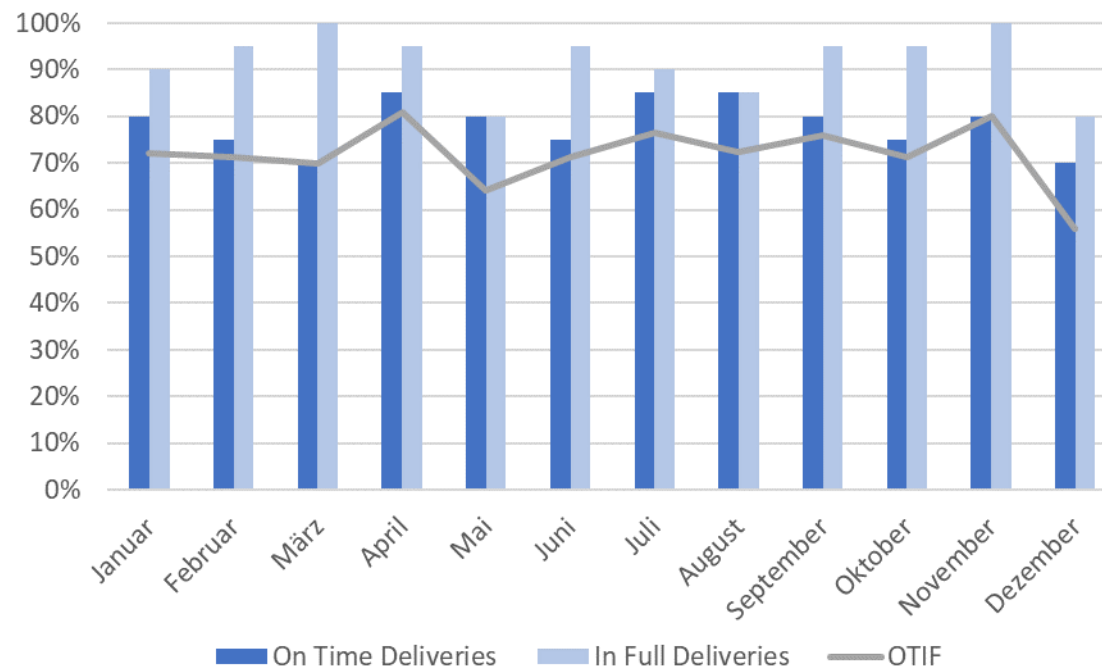
5 Produktion und deren Optimierung – Kennzahlen: OEE



- Kontinuierliche Anlagen: OEE bis 92 %
- Batch Anlagen: OEE bis max. 80 %
- Die Bottleneck-Analyse muss zeigen, welches Aggregat bei einem bestimmten Produkt auf einer bestimmten Straße limitierend ist
- An diesem Aggregat muss die OEE bestimmt werden

5 Produktion und deren Optimierung – Kennzahlen: OTIF oder FPQ

Ergebnis im Durchschnitt OTIF 2020: **71,8 %**



Eine weitere wichtige und oft anzutreffende Kenngröße aus dem Qualitätsmanagement ist die First Pass Quality (FPQ), die angibt, wie viel Prozent der realisierten Ansätze oder der produzierten Bauteile die Qualitätsanforderungen erreichen.

Werden die Kennzahlen für jeden einzelnen Prozessschritt angegeben, wird das Produkt gebildet, um OTIF oder FPQ über den Prozess anzugeben:

$$FPQ_1 \times FPQ_2 \times FPQ_3 \times \dots \times FPQ_n = FPQ_{ges}$$

Der Vorteil ist in der Darstellung, dass damit Schwachstellen im Prozess gefunden und eliminiert werden können.

5 Produktion und deren Optimierung – Kennzahlen: LTA

LTA (lost time accident), LTAR (lost time accident rate) ist die Häufigkeit pro z. B. 200.000 oder 1.000.000 Arbeitsstunden. Das ist eine Angabe darüber, wie (unfall)sicher der Arbeitsplatz ist.

Der BR RCI (Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie) sind alle Arbeits- und Wegeunfälle zu melden, die über den Unfalltag hinaus mehr als 3 Kalendertage Arbeitsunfähigkeit der versicherten Person verursachen. Arbeitsfreie Tage zählen mit, sofern sie in der attestierten Arbeitsunfähigkeitszeit enthalten sind.

Bei Ereignissen und Unfällen gibt es oftmals Begehungen (Werksarzt, Arbeitssicherheit), und es werden Maßnahmen festgelegt. Beinaheunfälle (Near Misses) werden i. d. R. auch erfasst, besprochen und es werden ebenfalls Maßnahmen festgelegt.



5 Produktion und deren Optimierung – USG Backlog

Aus regelmäßigen Rundgängen der Kollegen des Betriebes und ebenso aus den vom Standort durchgeführten Rundgängen resultieren in der Regel Aktionen, die bearbeitet werden müssen: z. B.:

- Notdusche defekt
- Titrationslösung zu alt
- Verbandskasten zu alt
- Feuerlöscher nicht gewartet oder Löschdecke fehlt
- Stolperkante
- Unbekannte Substanz im Schauglas einer Ablassleitung
- Beschriftung der Rohrleitungen nicht regelkonform
- Defekte Fugen an den Bodenfliesen
- Gelartige Ablagerungen im Kanal
- ...

Projektthemen, next steps, todos						Colour		Status	Count
						Red		Open	1
						Yellow		on-going	2
						Green		Done	2
						Date:		1-Mrz-2019	
DATE	SCOPE	Where	FINDING	ACTION and EXPECTED RESULT	RESPONSIBLE	DUE DATE	STATUS		COMMENTS
							on-going		
							done		
							open		
							on-going		
							done		

Diese Maßnahmen sollten in einem Lead-Dokument geführt und abgearbeitet werden.

5 Produktion und deren Optimierung – Quality Backlog

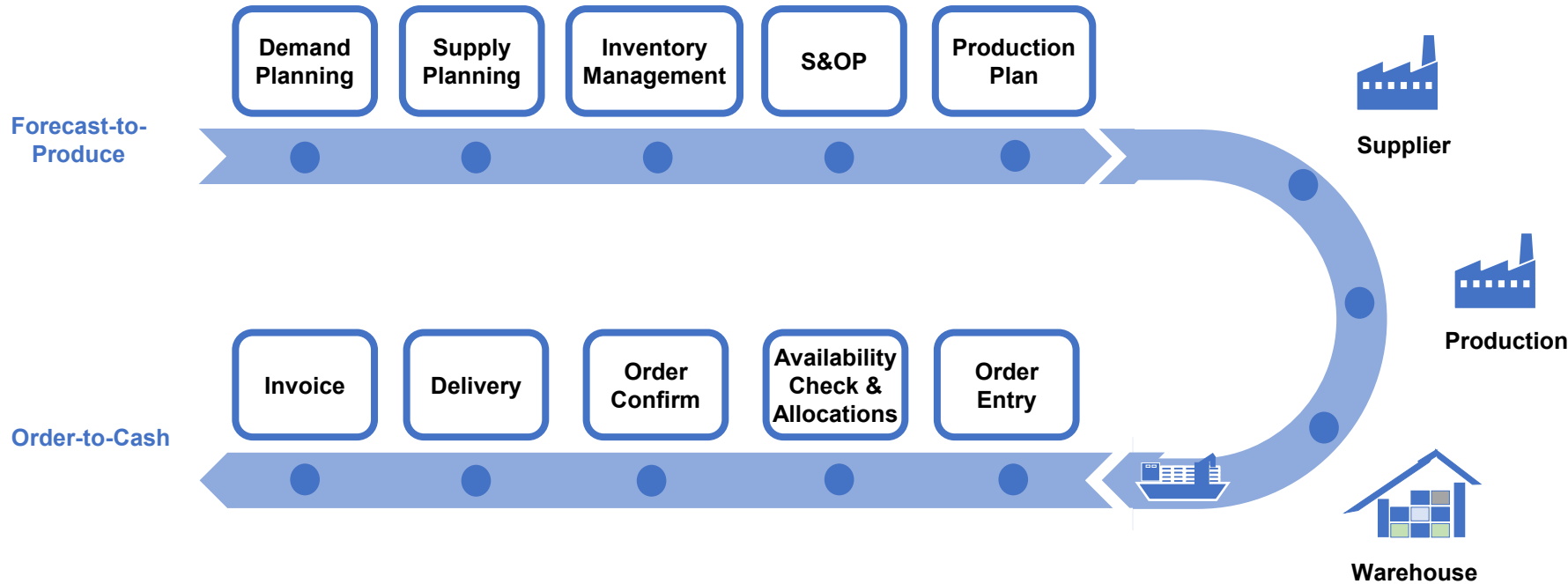
In der chemischen Industrie werden Produkte vom Labor in die Produktion übertragen oder von einem Standort zu einem anderen, wobei die technischen Voraussetzungen in der Regel nicht gleich sind. Im Bereich der pharmazeutischen Produktion, der Kosmetikindustrie und der Lebensmittelindustrie kommen zudem Anforderungen nach GMP hinzu. Punkte, die hier wichtig sein können sind z. B.:

- Validierung von Prozessen und Analyseverfahren
- Qualifizierung von Equipment und Messstellen
- Kampagnenreviews
- Abweichungen von Prozessparametern
- Abweichungen von der Qualität
- ...

Projektthemen, next steps, todos						Colour	Status	Count	
							Open	1	
							on-going	2	
							Done	2	
						Date:	1-Mrz-2019		
DATE	SCOPE	Where	FINDING	ACTION and EXPECTED RESULT	RESPONSIBLE	DUE DATE	STATUS	COMMENTS	
							on-going		
							done		
							open		
							on-going		
							done		

Diese Maßnahmen sollten in einem Lead-Dokument geführt und abgearbeitet werden.

5 Produktion und deren Optimierung – Darstellen der Verbindung zur Supply Chain



Order-to-Cash (O2C)-Prozess

Der Order-to-Cash (O2C)-Prozess ist ein End-to-End-Geschäftsprozess, der alle Aktivitäten vom Zeitpunkt der Bestellung durch den Kunden bis zum Zahlungseingang für die gelieferten Waren oder Dienstleistungen umfasst. Der Prozess enthält verschiedene Phasen, die nahtlos ineinandergreifen müssen, um eine effiziente und effektive Abwicklung zu gewährleisten.



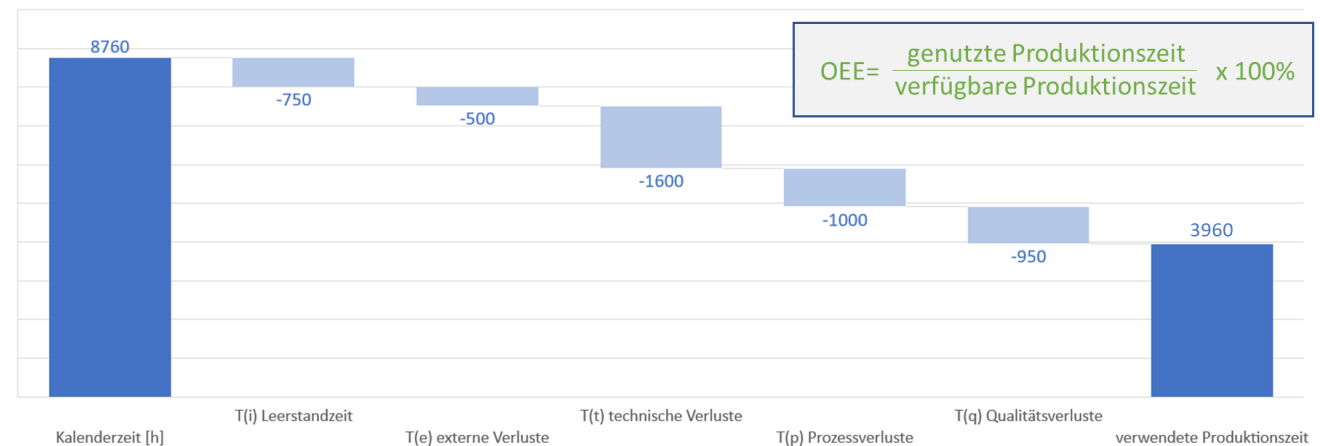
5 Produktion und deren Optimierung – Produktionsabweichungen

Produktionsabweichungen sind Abweichungen von der Planrezeptur

- Es gibt Umstellungszeiten von Produkt A zu Produkt B (Reinigung, Umbau, ggf. Freigabe und Rezeptumstellung im PLS – falls vorhanden)
- Zudem gibt es Planzeiten für die Produktionskampagnen, nach denen die Kosten berechnet werden

Produkt	KW1	KW2	KW3	KW4	KW5	KW6	KW7	KW8	KW9	KW10	KW11	KW12	KW13	KW14	KW15	KW16
A	100	100	100	100	50											
B						150	200	200	200	200	150					150
C	50	50	30									30	50	50	30	
D				150	200	200	200	200	200	200	150					
E	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Auslastung Anlage	90%	90%	75%	80%	85%	90%	95%	95%	95%	95%	90%	50%	60%	60%	50%	55%
Auslastung Personal	85%	85%	80%	80%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	80%	60%	65%	65%	60%	60%

- Dauert die Kampagne in Summe länger als geplant, kann weniger produziert werden und für die Anlagenfixkosten gibt es keinen Deckungsbeitrag (niedrige Anlagen-OEE)
- Werden Optimierungen durchgeführt und ist man schneller fertig, dann steht die Anlage in der Zeit leer und es entstehen sogenannte Leerkosten oder Idle-times



Dies ist aber für die Produktion nicht von Nachteil, das zeigt, dass der Betrieb an laufenden Optimierungen arbeitet, SAP-Rezepte müssen angepasst werden und die freien Kapazitäten sollen Marketing und Sales wieder füllen.

5 Produktion und deren Optimierung – Produktionsabweichungen/Deckungsbeitrag

	Unternehmen					Total
	Bereich I (z. B. Produktlinie 1)			Bereich II (z. B. Produktlinie 2)		
	Gruppe A		Gruppe B	Gruppe A	Gruppe B	
	Produkt IAa	Produkt IAb	Produkt IBa	Produkt IIAa	Produkt IIBa	
Erlös	5000	4000	3000	2000	1000	15000
minus var. Herstellkosten	1200	1100	1000	700	600	4600
= Deckungsbeitrag I	3800	2900	2000	1300	400	10400
minus Produktfixkosten	700	600	500	300	200	2300
= Deckungsbeitrag II	3100	2300	1500	1000	200	8100
minus Gruppenfixkosten	900		600	200	100	1800
= Deckungsbeitrag III	4500		900	800	100	6300
minus Bereichsfixkosten	3000			1200		4200
= Deckungsbeitrag IV	2400			-300		2100
minus Unternehmensfixkosten	1500					1500
= Betriebserfolg (Produkterfolg)	600					600

Der Deckungsbeitrag ist in der Kosten- und Leistungsrechnung die Differenz zwischen den erzielten Erlösen und den variablen Kosten. Es handelt sich also um den Betrag, der zur Deckung der Fixkosten zur Verfügung steht.

$$DB = \text{Erlös} - K_v$$

Variable Kosten:

u. a. Energien, Druckluft, Wasser und Rohstoffe

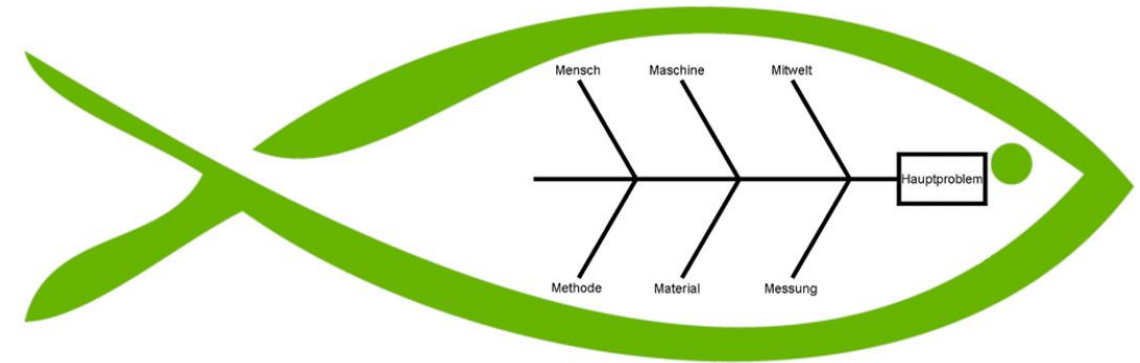
Produktfixkosten:

Personal, Abschreibungen

5 Produktion und deren Optimierung – Root Cause Analysis (RCA)

Wie funktioniert eine RCA?

1. Definition des Ereignisses bzw. des Problems
2. Angabe des zeitlichen Verlaufs
3. ggf. Zuhilfenahme eines Ursache Wirkungsdiagramms
4. Erarbeitung der Lösungen und der resultierenden Aktionen; wer macht was bis wann



Jede Wirkung wird von **mindestens einer Aktion** und **mindestens einer Bedingung** ausgelöst, die zum gleichen Zeitpunkt am selben Ort aufeinandertreffen

5 Produktion und deren Optimierung – Root Cause Analysis (RCA)



Zu viele
Qualitäts-
abweichungen

Zu wenig
Menge

5 Produktion und deren Optimierung – Root Cause Analysis (RCA)

Problem

Hauptursache

Verlust von
Geschäft und
des Vertrauens
von Kunden

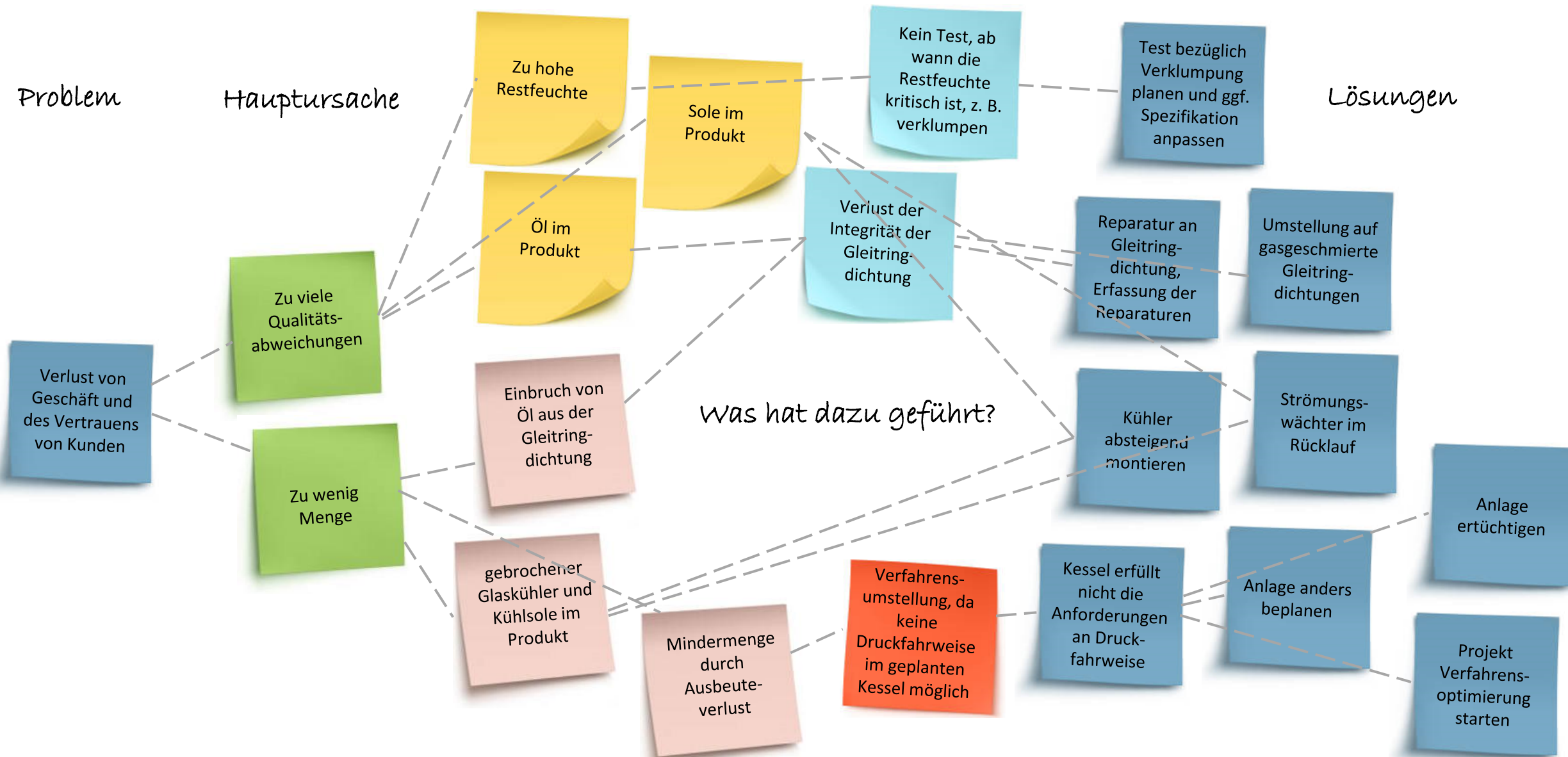
Zu viele
Qualitäts-
abweichungen

Zu wenig
Menge

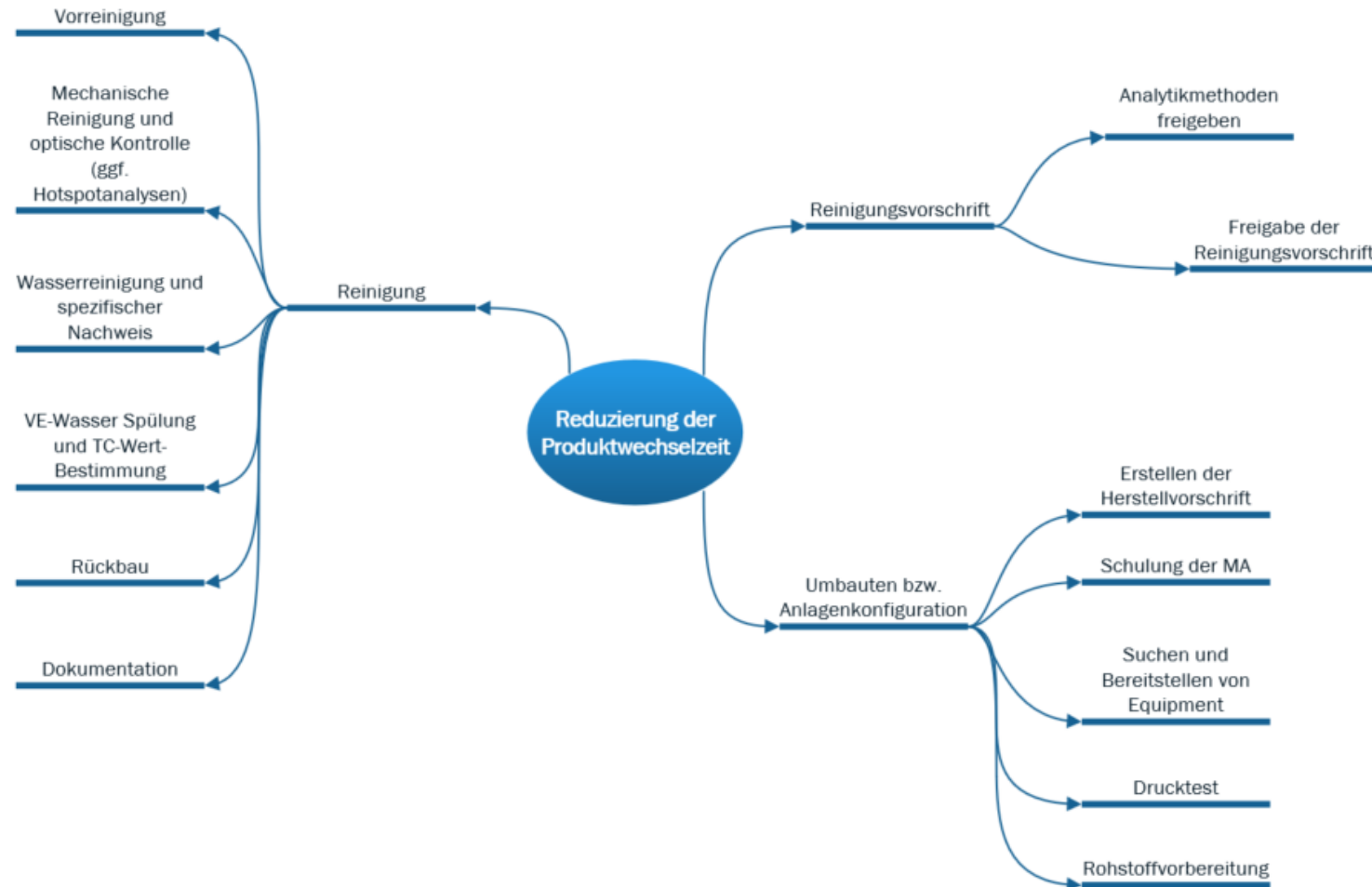
5 Produktion und deren Optimierung – Root Cause Analysis (RCA)



5 Produktion und deren Optimierung – Root Cause Analysis (RCA)



5 Produktion und deren Optimierung – Reduzierung der Produktwechselzeit



Ermittlung der „Zeitfresser“ z. B. in einem Kreativworkshop mit dem Betriebsteam

- Erfassung der Zeiten der einzelnen Schritte wie hier z. B. in einer Mindmap
- Ableiten von Maßnahmen
 - Wenn möglich Schritte parallelisieren
 - Vorn in der Anlage schon reinigen während das Produkt weiter hinten noch in der Anlage ist
 - Zeiten möglichst reduzieren

5 Produktion und deren Optimierung – Rundgänge in der Anlage

Es sind eine Vielzahl von Rundgängen in den Anlagen vonnöten:

- Überwachung des Equipments
- Überwachung von Füllständen, Abscheidern
- Überwachung von Tankwannen
- Prüfen von Notduschen
- Prüfen von Hilfsstoffen aus der betrieblichen Analytik, Feuerlöscher
- Prüfen des Zustandes von Sicherheit und Ordnung
- Erfassung und Dokumentation von z. B. Nearmisses

Multiple data entry types



Online or Offline capable



Task List and Reminders



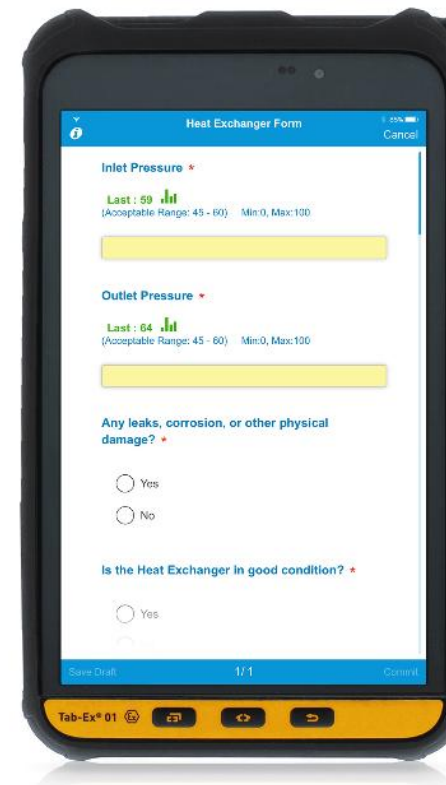
Answer History & Trend Charts



Corrective Action Instruction



GoPlant; Beispiel für Industrie 4.0



Save and continue incomplete work



Barcode and NFC asset tag reader



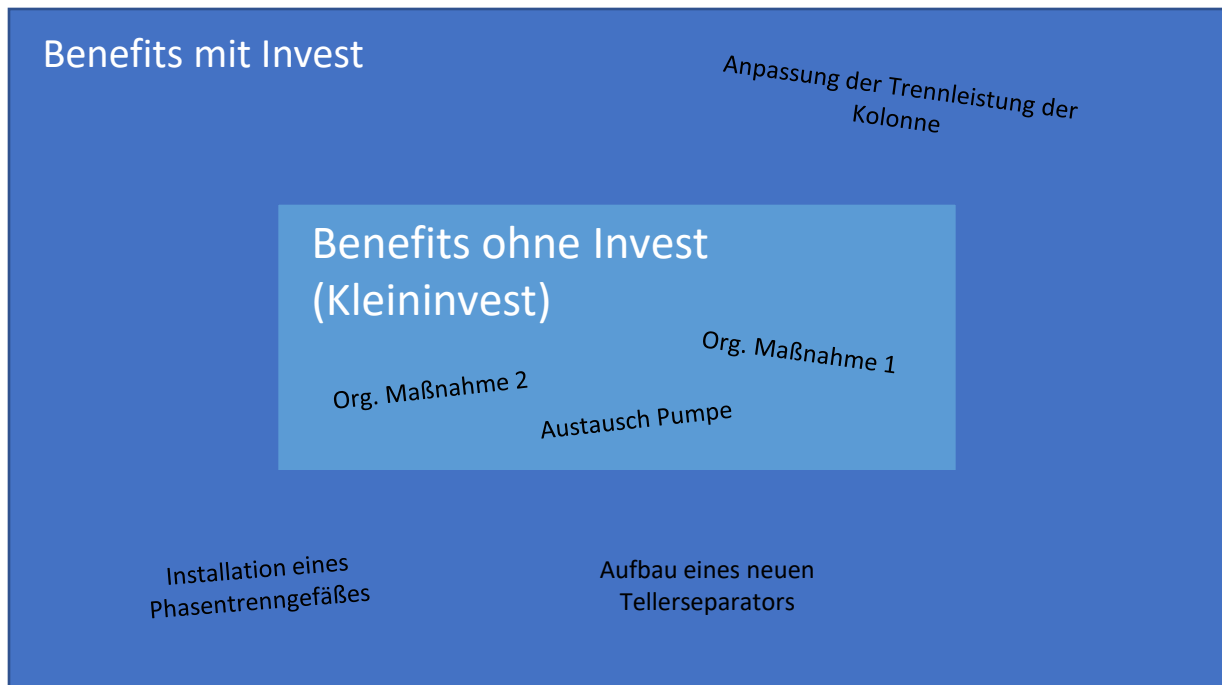
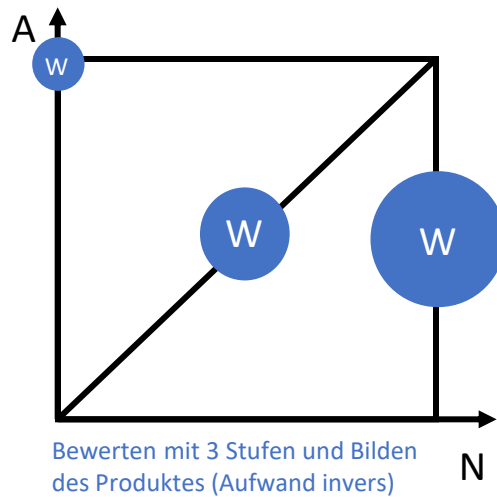
Camera Capture



Multiple Language Support

5 Produktion und deren Optimierung – weitere Projekte

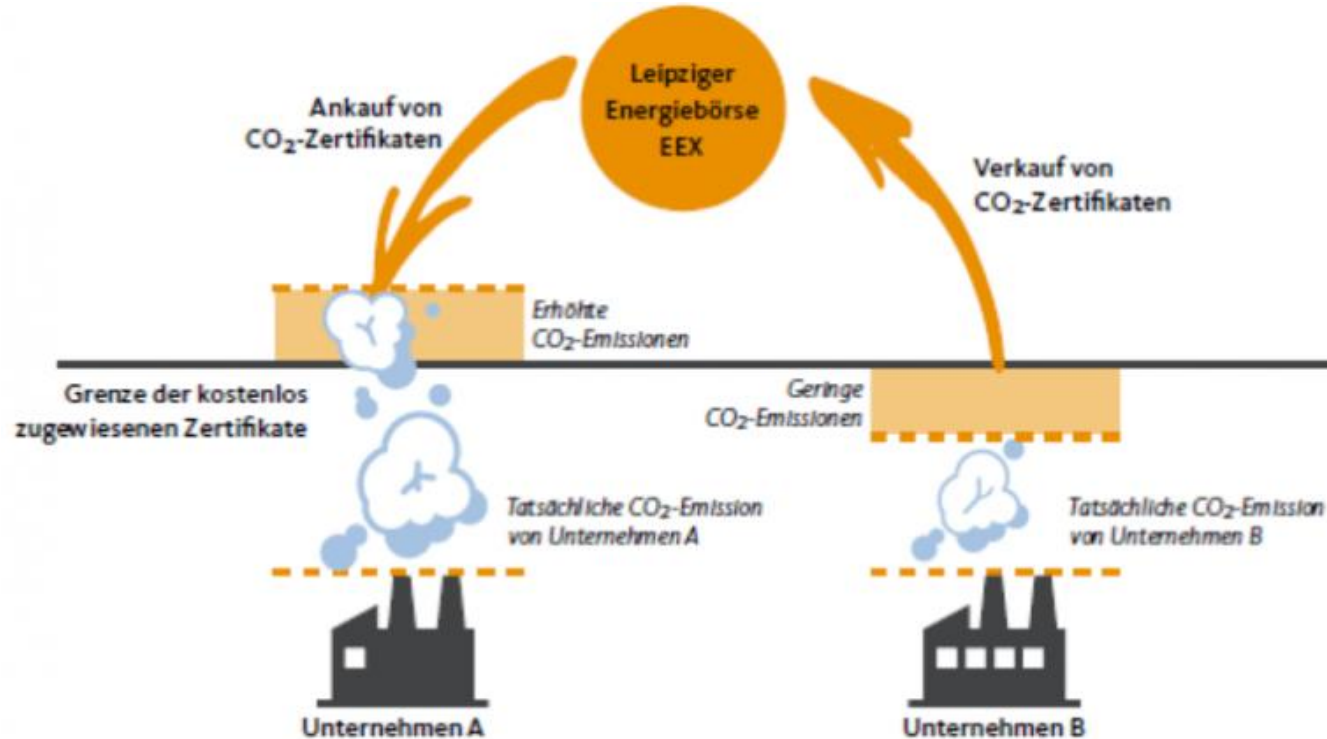
- Optimierung durch organisatorische Maßnahmen; Optimierung über Investprojekte; (Invest, kein Invest)
- Hierzu werden Personen aus dem Betrieb eingebunden, unterstützt durch Zentralabteilungen wie VT, die Ressourcen zur Verfügung stellen



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



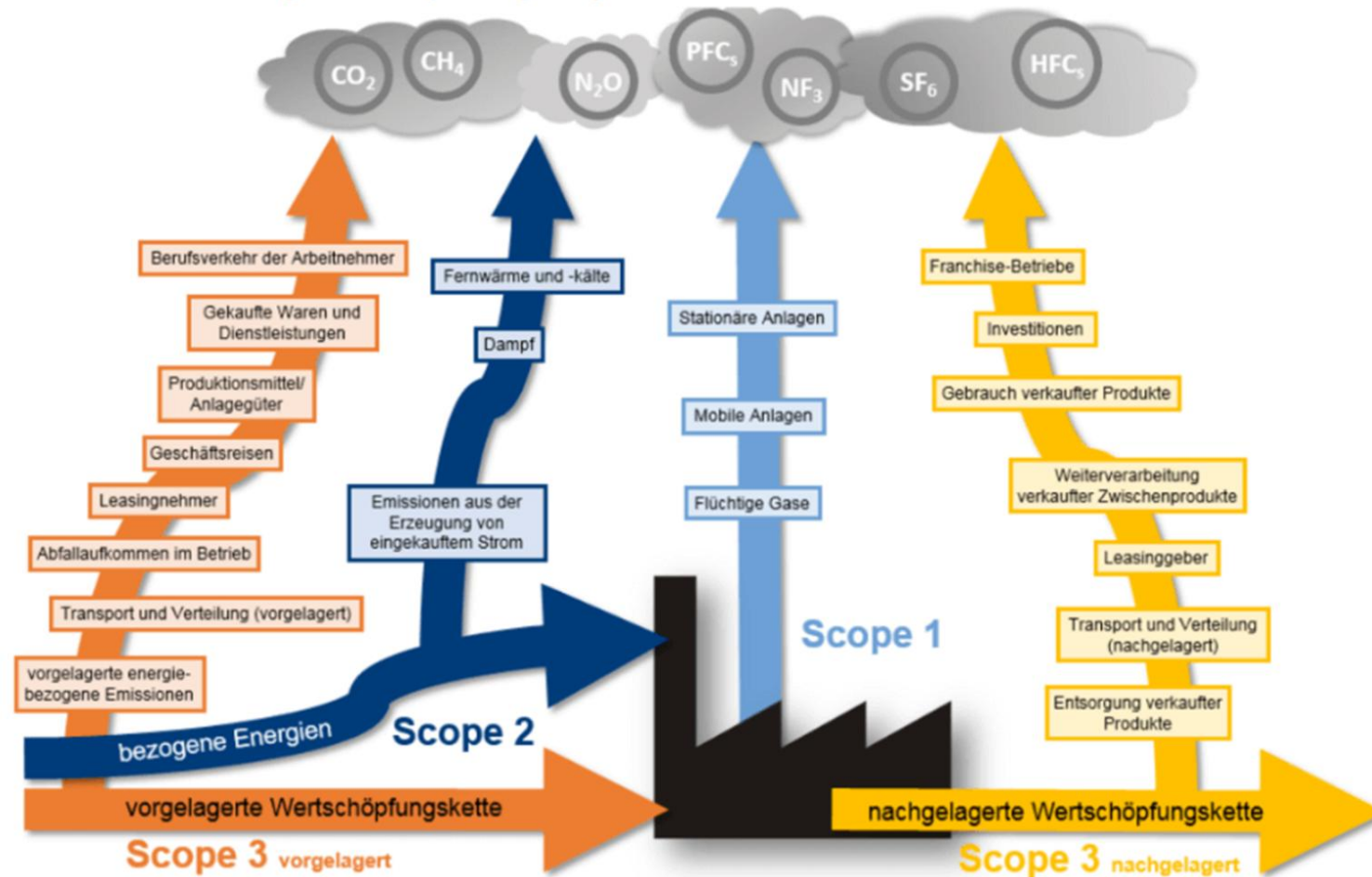
5 Produktion und deren Optimierung – Sustainability



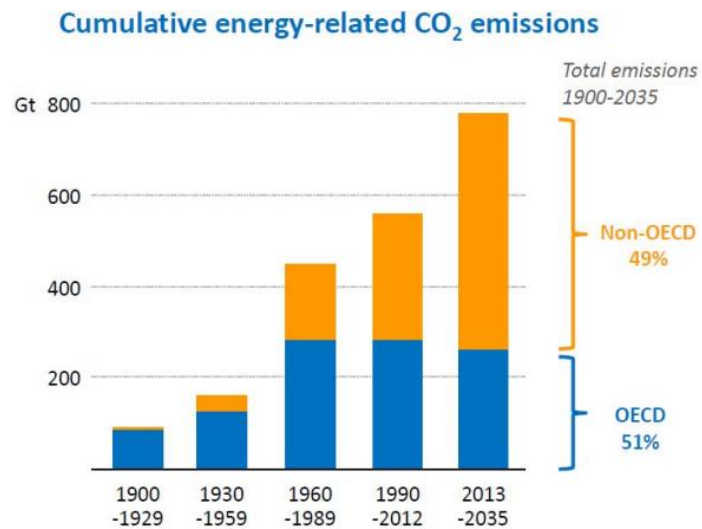
Hohe Emissionen müssen quasi erkauft werden, der Zertifikate-Handel wird über die Energiebörse abgewickelt. Investitionen in eine nachhaltige Energiewirtschaft bei den Firmen werden sich erst dann durchsetzen, wenn der Kauf von Zertifikaten teuer ist im Vergleich zu größeren Projekten: z. B. Dampferzeugung durch (Grün-)Strom.

5 Produktion und deren Optimierung – Sustainability: Scope 1, 2 und 3 Emissionen

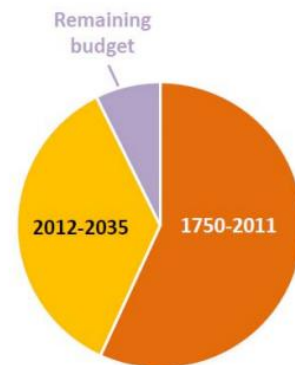
Emissions-Kategorien (Scopes) nach dem Greenhouse Gas Protocol



5 Produktion und deren Optimierung – Sustainability



'Carbon budget' for 2 °C

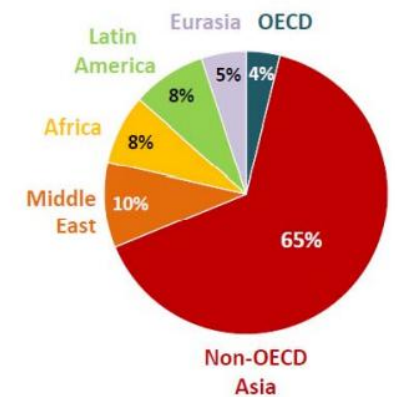


Die Tür zum 2 Grad Ziel schließt sich.

Primary energy demand, 2035 (Mtoe)

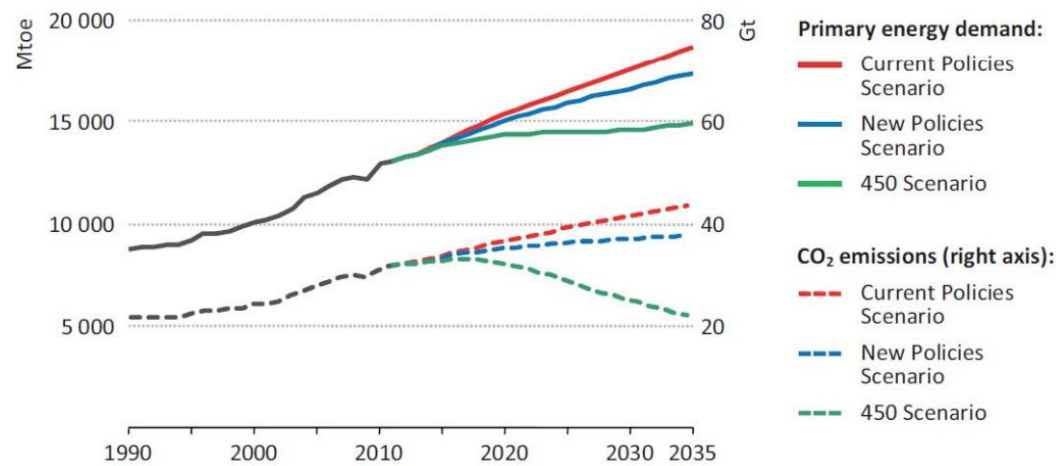


Share of global growth 2012-2035



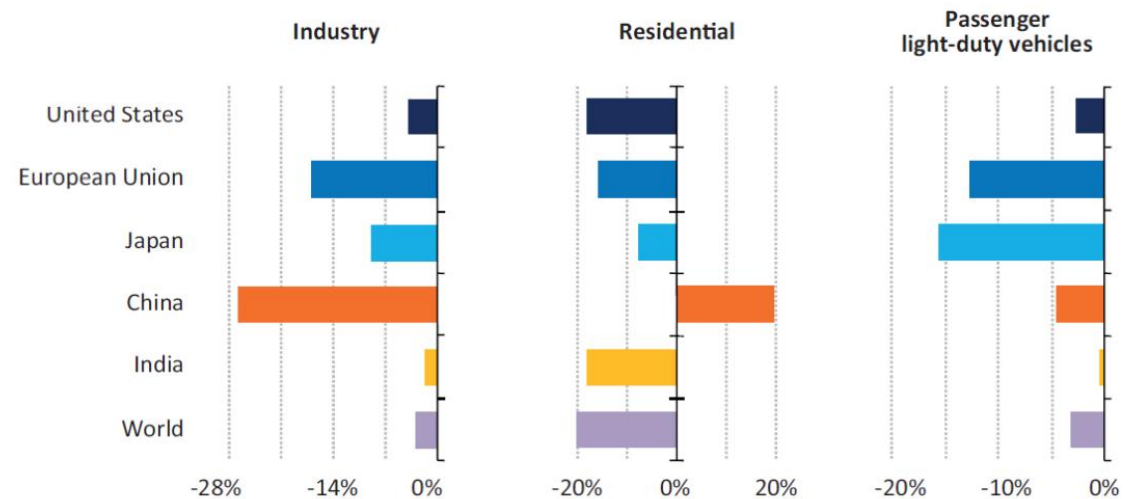
Entwicklung in der Energiewelt.

5 Produktion und deren Optimierung – Sustainability



Note: Mtoe = Million tonnes of oil equivalent; Gt = gigatonnes.

Primärenergiebedarf und CO₂ Emissionen nach verschiedenen Richtlinien.



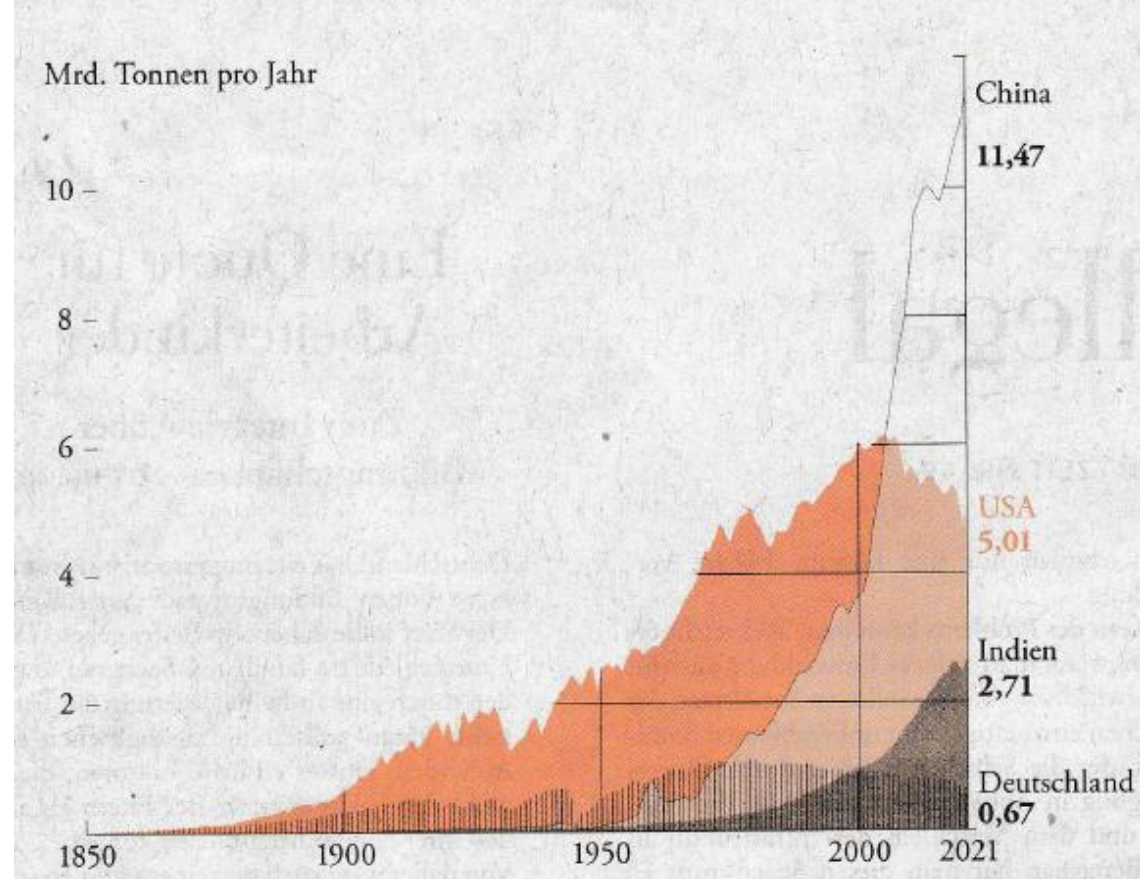
Veränderungen in der Energieintensität

5 Produktion und deren Optimierung – Sustainability

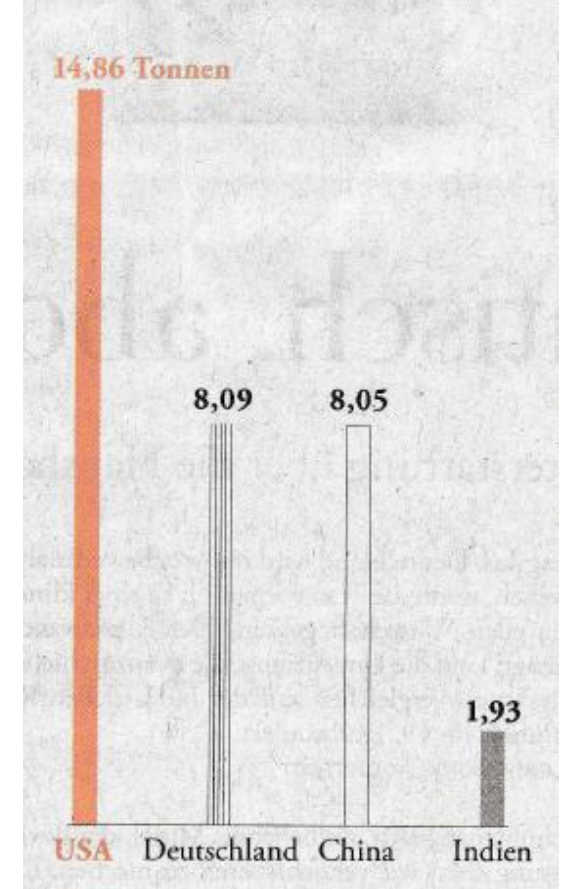
Der Anteil an allen CO₂-Emissionen von 1751 bis 2021



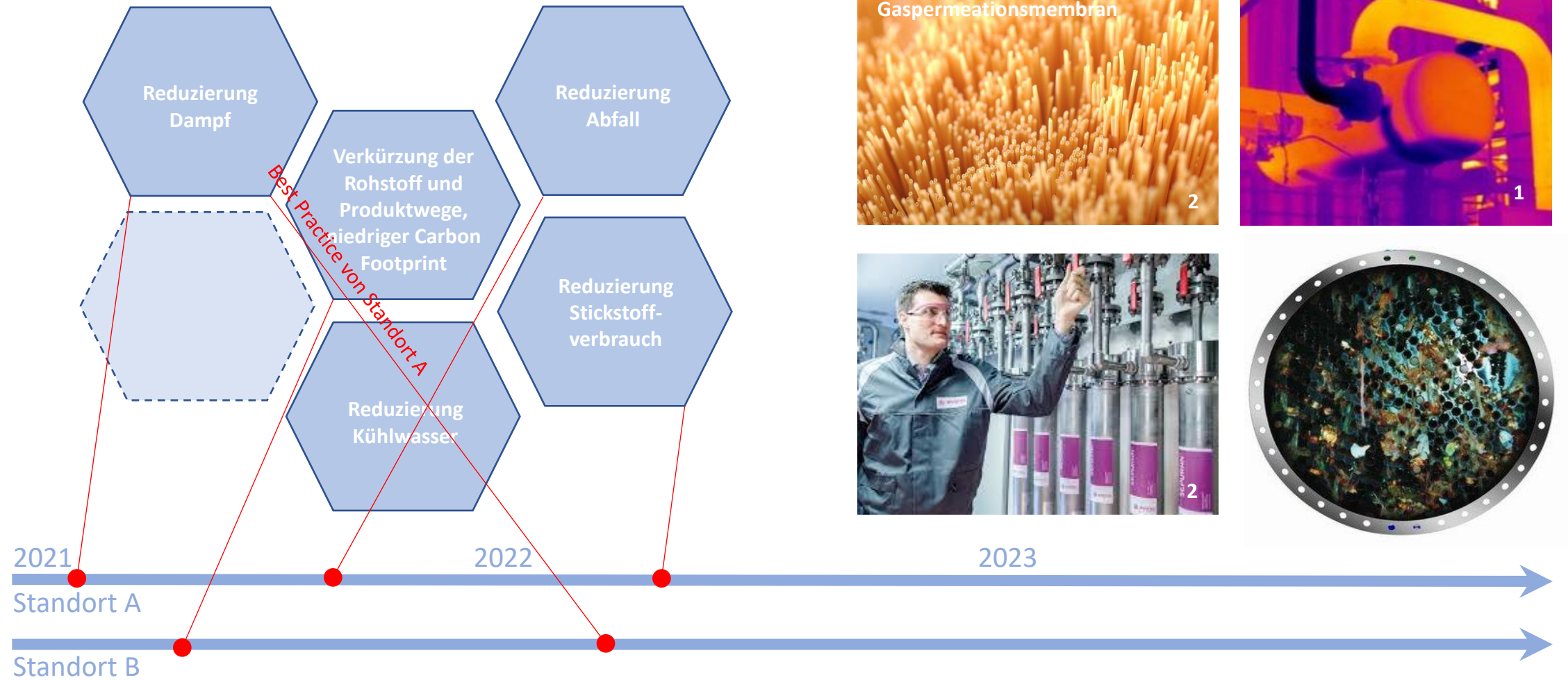
Wie sich der CO₂-Ausstoß seit Beginn der Industrialisierung entwickelt hat



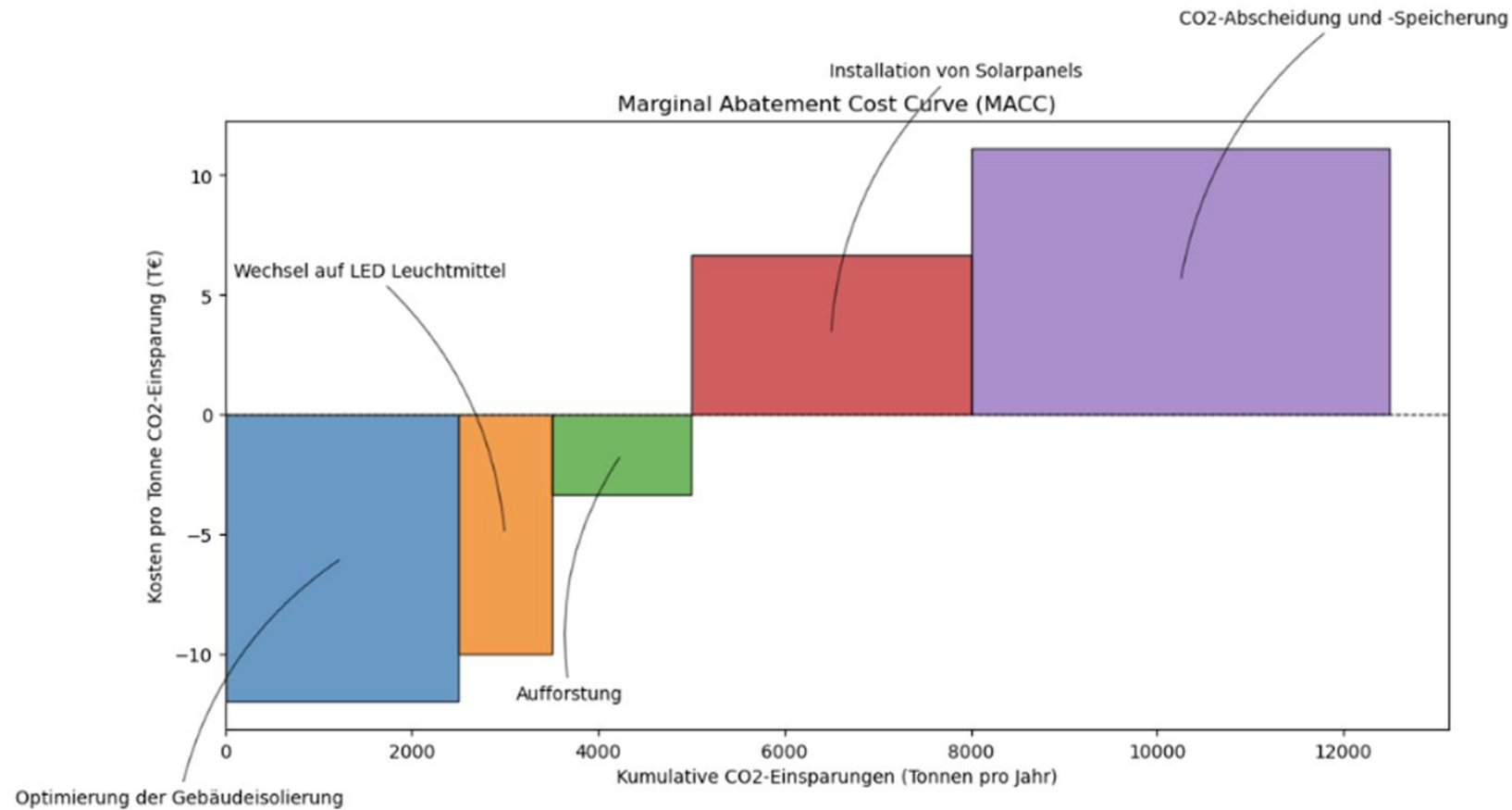
Wie viel CO₂ im Durchschnitt auf einen Einwohner entfällt, 2021



5 Produktion und deren Optimierung – Sustainability: Was kann in der Zwischenzeit getan werden?



5 Produktion und deren Optimierung – Sustainability: Abatement Cost Curve



5 Produktion und deren Optimierung – Innovationsprojekte

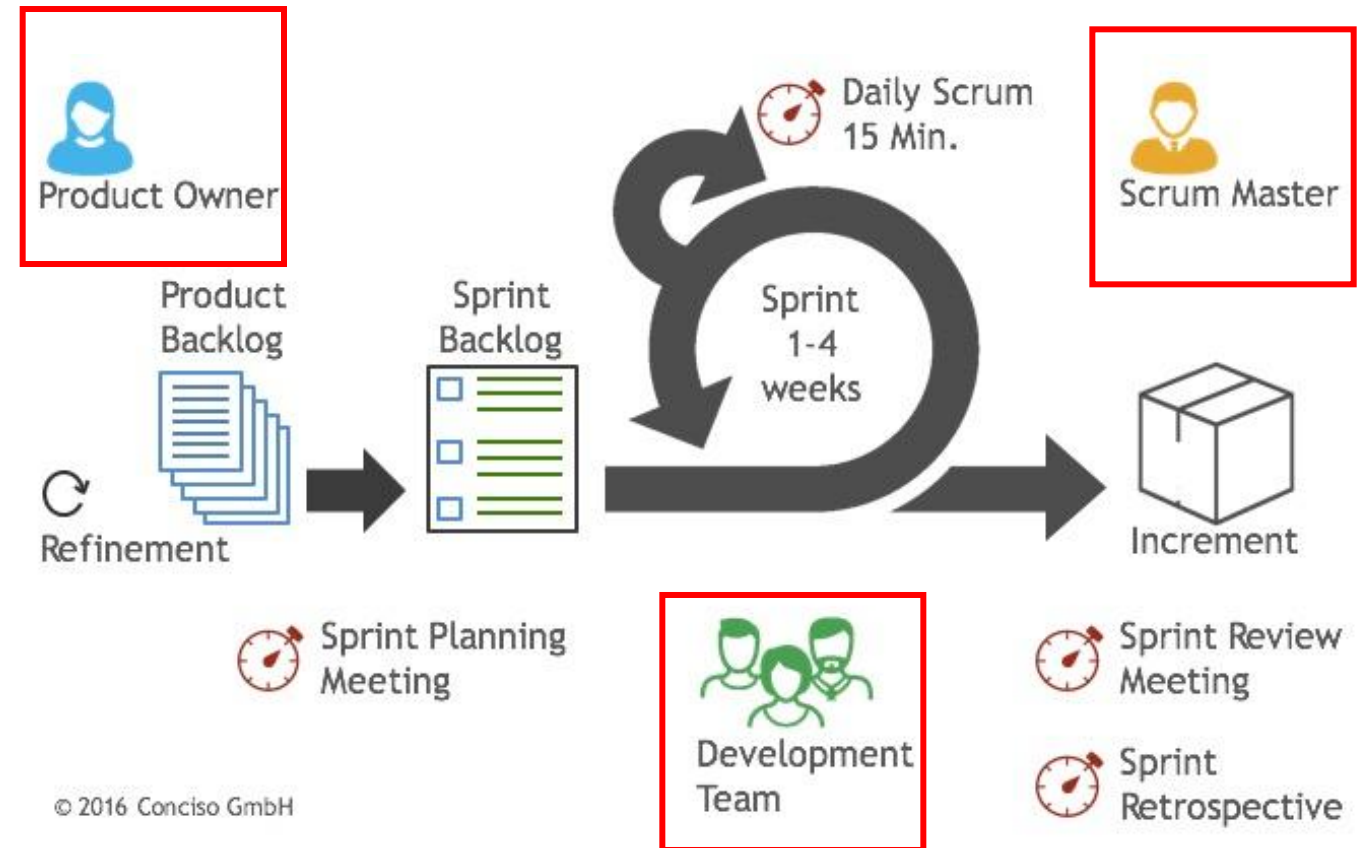
Stage-Gate® Product Innovation Process



- Innovationsprojekte werden in der Regel in Zusammenarbeit mit der Forschungs-(und Entwicklungs)-Abteilung durchgeführt
- Basierend auf der Ideenliste wird priorisiert (i. d. R. nach potentielltem Geschäftserfolg)
- In einem berufenen Team wird entschieden, welche Idee vorangetrieben wird
- In den Gates wird dann im Team über die nächsten Schritte entschieden: **„Stopp“**, **„nächster Schritt“** oder auch **„Nacharbeit nötig“**

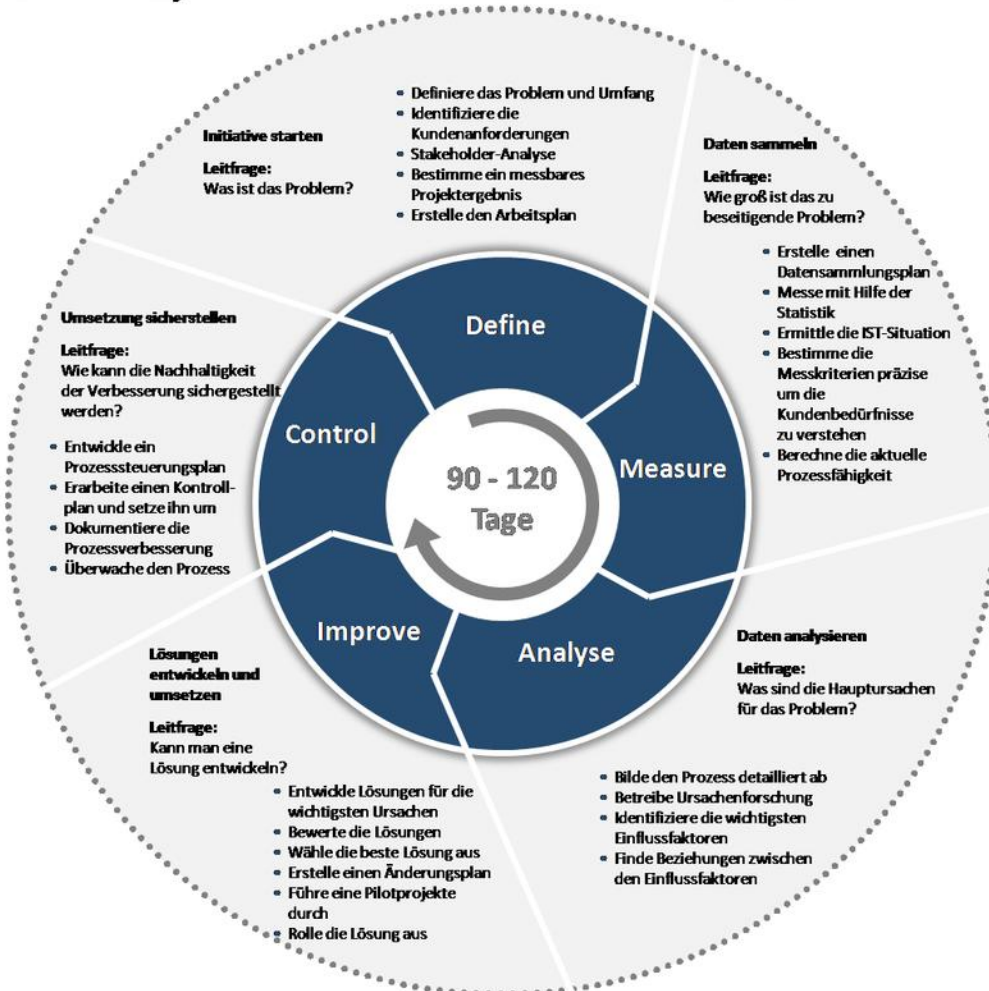
5 Produktion und deren Optimierung – Projekte: SRCUM

- Ist eine Methode, um sehr schnell zu Ergebnissen zu kommen.
- Stammt aus der Software-Entwicklung und wird dort seit den 1990er Jahren eingesetzt. Das Basisprogramm wird z. B. entwickelt und dann kommen in sogenannten „Sprints“ immer weitere Funktionalitäten dazu, dem Owner liegt somit immer ein (Teil-)Ergebnis vor.
- Das Thema ist in aller Munde, jedoch benötigt man ein passendes Projekt, damit die Methode zum Einsatz kommen kann. Nachhaltigkeit und Reduzierung der Abweichungsgründe bei OEE sind Beispiele aus der Produktion, bei denen SRCUM Einsatz finden kann; scrum, eng.: Gedränge
- SCRUM ist eine „agile Methode“, vgl. auch Kapitel 13.

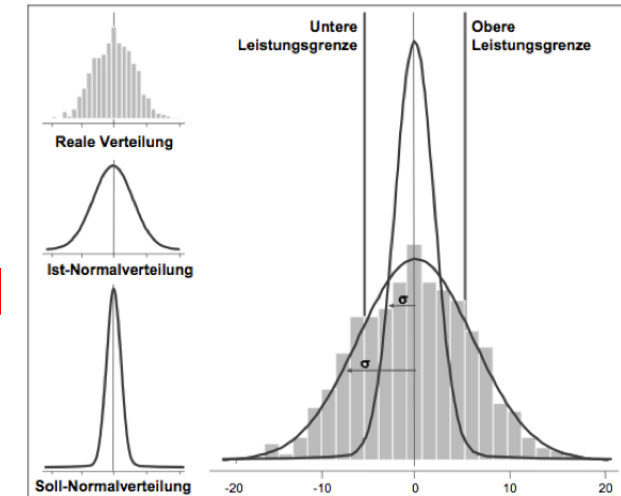


5 Produktion und deren Optimierung – Six Sigma Projekte

DMAIC-Zyklus für bereits existierende Prozesse

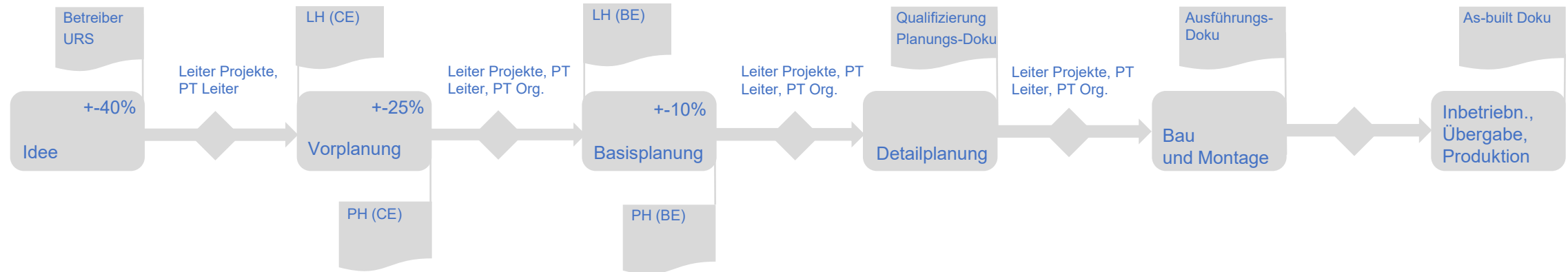


Sigma level	DPMO	fehlerhaft %	fehlerfrei %
1	691.462 68 %	32 %	
2	308.538 31 %	69 %	
3	66.807 6,7 %	93,3 %	
4	6.2100,62 %	99,38 %	
5	2330,023 %	99,977 %	
6	3,40,00034 %	99,99966 %	



- Das Verfahren 6σ wird eingesetzt, wenn nicht klar ist, warum z. B. die Qualitätswerte schwanken
- Es ist ein sehr systematisches Vorgehen und bieten ein Vielzahl an Tools, die auch bei anderen Projekttypen hilfreich sind.
- Es gibt Ausbildungen zum Blackbelt, Greenbelt und auch Yellowbelts sowie zu Champions

5 Produktion und deren Optimierung – Durchführung eines Engineering-Projektes



- Machbarkeit
- Rentabilitätsanalyse
- ggf. Standortfrage
- Projektponsor
- URS

- Organigramm mit Stakeholdern (Stakeholderanalyse) und Steering Committee
- Gewerke festlegen
- QA einbinden, QC wenn nötig
- USG einbinden
- Basis-HAZOP nach Verfahrensfließbild
- Massen- und Energiebilanzen
- Grobdimensionierung der Apparate, Materialauswahl (inkl. Dichtungen etc.)
- Aufstellungsplan
- behördenrelevante Punkte erarbeiten
- Zeitplan, Ressourcenplan, Risikobetrachtung
- Kostenschätzung +-25%

- Bau-Entwurf
- Rohrleitungsplanung
- (E)MSR
- QA, QC
- R&I (Basis), Verfahrensfließbild neu
- HAZOP basis
- Dimensionierung neu
- Update Zeitplan und Ressourcenplan
- Kostenschätzung +-10%

- Bau neu
- Rohrleitungsplanung und -modelle fertig
- (E)MSR fertig
- QA, QC
- R&I (final)
- HAZOP detail
- Dimensionierung fertig

- Bauphase überwachen
- Loopchecks
- Inbetriebnahme vorbereiten
- Schulungen vorb. bzw. durchführen
- Update Zeitplan und Ressourcenplan
- Fertigstellungsmeldung

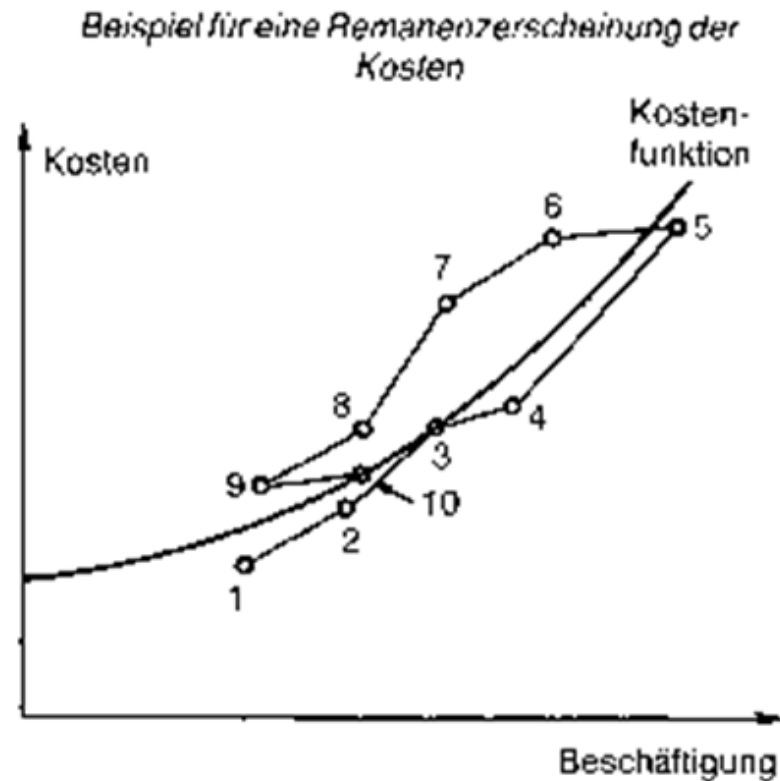
- Dichtheitsprobe
- Wasserfahrt
-
-
- Abschlussdokumentation

5 Produktion und deren Optimierung – Durchführung eines Engineering-Projektes



Was sind Kosten, was Nutzen bei einem Projekt „Abfüllanlage sein“?

5 Produktion und deren Optimierung – Schließung eines Anlagenteils, Rückbau



Mitunter kommt es vor, dass Anlagen oder Anlagenteile nicht mehr ausgelastet sind. Steht eine solche Aufgabe an, ist das ebenso ein Projekt, z.B.:

- Reinigung
- Abtrennung der Anlage von der Peripherie
- Rückbau
- Anpassung des Personalschlüssels

Bei der Betrachtung der Kosten ist die Frage nach den Remanenzkosten zu stellen (Personal, Abschreibung...).

5 Produktion und deren Optimierung: Audits

Es werden regelmäßige Audits durchgeführt:

- Interne Audits
- Firmenaudits (Kunden)
- ISO Audits
 - ISO 9001: Qualitätsmanagement
 - ISO 14001: Umweltmanagement
 - ISO 45001: Arbeitsschutzmanagement
 - ISO 50001: Energiemanagement

Folgende Dokumente werden oftmals geprüft:

- Prozesse (Gültigkeit, Updates), deren Ablage, Management of Change (MoC)
- Dokumentenmanagement
- Aktuelle Schulungen, Trainings der MA (Schulungsmatrix)
- Pflicht- und Angebotsuntersuchungen
- Kenntnis des Managementhandbuchs
- ...
- ...

5 Produktion und deren Optimierung: Produktionssystem

All die zuvor erwähnten Verbesserungsoptionen werden gern in einem Produktionssystem zusammengefasst. Dies geht ursprünglich auf Toyota zurück, wurde und wird aber in Varianten auch von vielen anderen Firmen verwendet. Auch findet man das Wort „lean“ in diesem Zusammenhang. Ein Produktionssystem, ist mehr als TPM, TPM ist Teil eines Produktionssystems; Das Produktionssystem ist a) breiter und berücksichtigt b) die Strategie des Geschäftsbereichs. Der ist das Produktionssystem untergeordnet.

Was heißt das z.B.?:

- Klarer Zielsetzungsprozess aus der Strategie und auch aus dem Betrieb in verschiedenen Bereichen oder Säulen (u.a. Sicherheit, Qualität, Planung, Steuerung der Produktion, Durchführung von Projekten, Training der unterschiedlichen Funktionen)
- Definition von Reifegraden (siehe weiter vorn)
- Klare Rollenzuweisung
- Meetings auf globaler und regionaler Ebene mit Aufgabenzuweisung
- Austausch von Best Practises

5 Produktion und deren Optimierung: Lernkontrolle

1. Was ist eine brauchbare Kennzahl (KPI)?
2. Was sind die Kennzahlen OEE, OTIF und FPQ?
3. Was ist der Deckungsbeitrag?
4. Erklären Sie das Vorgehen bei der Root-Cause-Analyse
5. Erklären Sie was eine Bottleneck-Analyse ist.
6. Welche Aspekte zählen zum Themenkomplex Sustainability in der Produktion?
7. Nennen Sie die Methoden für die Durchführung von Projekten mit Einsatzfeldern.
8. Was verstehen Sie unter TPM bzw. einem Produktionssystem?

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 **Finanzziele**
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

6 Finanzziele

Was können finanzielle Zielvorgaben für einen Produktionsbetrieb sein?

1. Einhalten des Budgets
2. Kompensation der Faktorkosten
3. Senkung der Reisekosten
4. Reduktion der IT Kosten
5. Verringerung der Instandhaltungskosten
(Verweis auch auf Kapitel 9 Wartung und Instandhaltung)

6 Finanzziele – Das „1x1 der Finanzwelt“ ganz kurz

Abschreibungen:

Wertverzehr durch Gebrauch eines Wirtschaftsgutes, steuerlich abschreibbar

Bereinigtes EBITDA (Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization):

Operativer Gewinn, Umsatz abzüglich operativer Kosten (Rohstoffe, Energie, Verwaltung, Kosten durch Steuern, Zinsen, Abschreibungen werden nicht berücksichtigt), Ebenso werden Posten nicht berücksichtigt, außergewöhnlicher Art und Höhe sind.

Bereinigte EBITDA-Marge:

EBITDA/Umsatz mal 100% (Ziel: Spezialchemie 15-20%)

Cash Flow:

Zufließende Barmittelmittel außer Investitionen und anderer notwendiger Zahlungen (Cash ist nicht Gewinn, aber damit können die regelmäßig anfallenden Kosten getragen werden, auch wichtig für Investoren, das das die tatsächliche Finanzkraft transparent wiedergibt)

Cash Conversion Rate (CCR):

Verhältnis Free Cash Flow und bereinigtem EBITDA

Gewinnprognose:

Spanne für bereinigtes EBITDA, ebenso CCR und Investitionsaufwendungen

6 Finanzziele – Das „1x1 der Finanzwelt“ ganz kurz

Nettogewinn:

Gewinn abzüglich aller Kosten, auch Steuern, Zinsen, Abschreibungen

Nettoumlaufvermögen:

Net Working Capital, NWC, umfasst die Vorräte: Rohstoffe, Zwischenprodukte; da auf Rechnung gezahlt wird, anders als im Supermarkt, werden auch Forderungen (an Kunden) und Zahlungsverpflichtungen (an Zulieferer) berücksichtigt (Verweis Zahlungsziele)

Operativer Gewinn:

EBIT (EBITDA minus Abschreibungen)

ROCE:

Return on Capital Employed ist Rendite des eingesetzten Kapitals, gibt an, wie erfolgreich das Unternehmen mit dem eingesetzten Kapital arbeitet. Das eingesetzte Kapital ist die Summe aus Eigenkapital und langfristigem Fremdkapital; EBIT geteilt durch eingesetztes Kapital; je höher der Wert, desto attraktiver ist das Unternehmen für Investoren

6 Finanzziele – Verweis auf Industriekostenkurve

Geschäftsstrategien

Industriekostenkurve

Daten zur Wettbewerbsstruktur:

Wettbewerber	Selbstkosten pro t	Kapazität
A	1000	30 Mio.
B	1200	8 Mio.
C	800	20 Mio.
D	1500	8 Mio.
E	900	15 Mio.
F	1400	7 Mio.
G	1150	10 Mio.
H	1300	12 Mio.

Quelle: eigenes Beispiel

Geschäftsstrategien

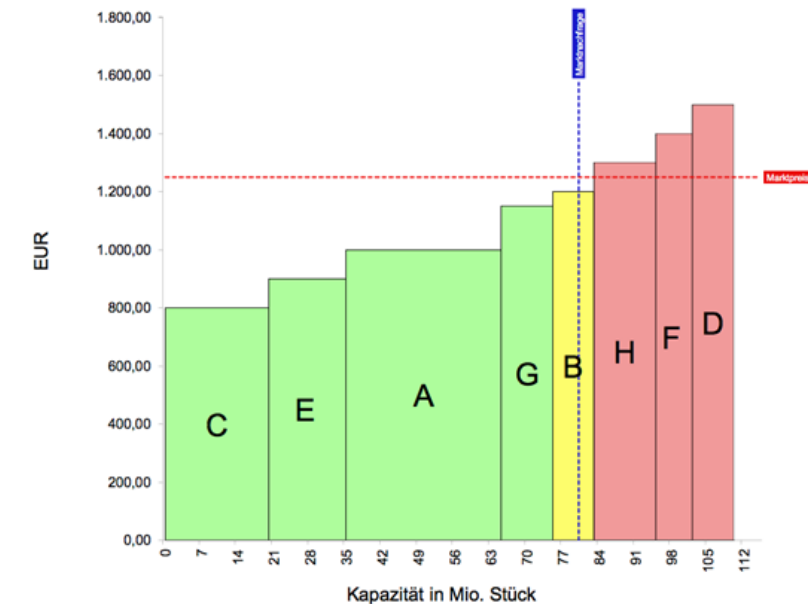
Industriekostenkurve

Rangordnung nach Selbstkosten pro t:

Rang	Wettbewerber	Selbstkosten pro t	Kapazität	Kum. Kapazität
1	C	800	20 Mio.	20
2	E	900	15 Mio.	35
3	A	1000	30 Mio.	65
4	G	1150	10 Mio.	75
5	B	1200	8 Mio.	83
6	H	1300	12 Mio.	95
7	F	1400	7 Mio.	102
8	D	1500	8 Mio.	110

Quelle: eigenes Beispiel

Industriekostenkurve



Einschätzung des Themas:

- Leider ist es schwer, an die Daten der Konkurrenz zu kommen
- Eine Reihe Annahmen sind zu machen

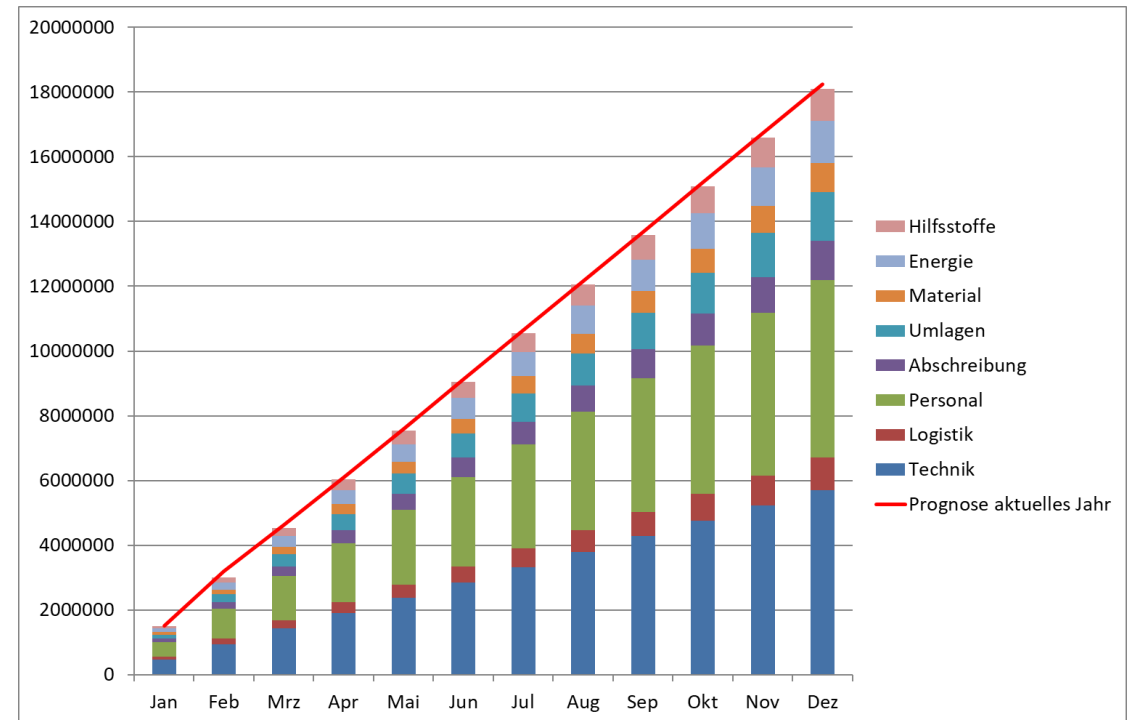
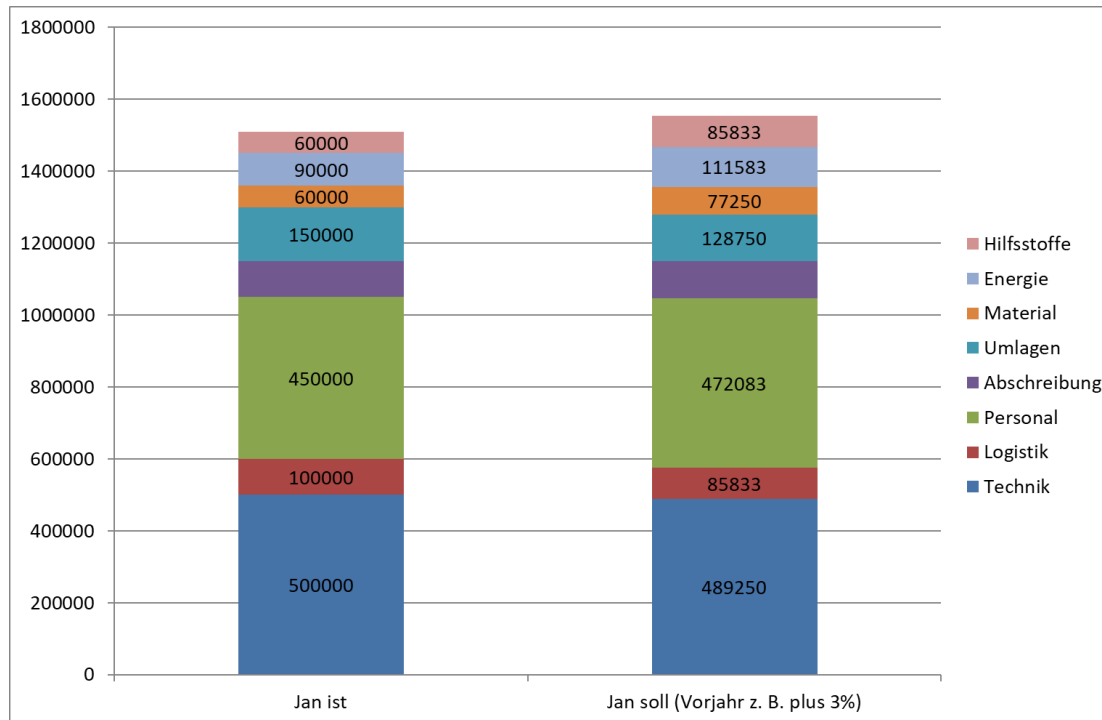
6 Finanzziele – Kostenstellenplanung und -kontrolle

Kostenkategorie	YTD 2019
Personalaufwand	10000000
Abschreibungen, Miete, Leasing	4000000
Gesamtleistung Technik	7000000
Energie	2000000
Materialverbrauch	700000
Logistik, Infrastruktur, Umwelt	5000000
Dienstleistungen	3000000
übrige sonstige Gemeinkosten	300000
	32000000

Beispiel der Gesamtkosten einer Anlage:

- Kostentreiber sind i. d. R. Personal und Technik
- Es wird für das Folgejahr ein Budget festgelegt, z. B. Vorjahr plus 3 %
- Abweichungen in den einzelnen Kategorien müssen in der Regel erklärt und auffallend hohe Kosten möglichst gesenkt werden

6 Finanzziele – Kostenstellenplanung und -kontrolle



6 Finanzziele – Faktorkostenkompensation

- Einerseits ist es möglich, die Fixkosten zu reduzieren
- Andererseits kann auch eine Reduzierung der variablen Kosten angerechnet werden; z. B.:
 - Günstigerer Rohstoff
 - Erhöhte Ausbeute, damit geringerer Rohstoffeinsatz und ggf. geringere Aufarbeitungskosten
 - Niedrigere Abfallmenge
 - Reduktion von Energiekosten
 - ggf. Kapazitätssteigerungen (Senkung der spezifischen Fixkosten der Produkte)

6 Finanzziele: Lernkontrolle

1. Was passiert beim Kostenstellenreporting?
2. Was verstehen Sie unter Faktorkostenkompensation?
3. Unter welchen Umständen ist es sinnvoll, im Folgejahr ein niedrigeres Budget anzusetzen?

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

7 Personalführung - Personaleinsatz



Extremum 1:
hohe Flexibilität, Personalaufwand ist
nicht entscheidend



Extremum 2:
Routinegeschäft, Wartezeiten akzeptiert;
Arbeiten mit Leiharbeitern um zu
puffern und Kosten an die Marktlage
anzupassen

7 Personalführung

Effektivität: „Die richtigen Dinge tun“

Effizienz: „Die Dinge richtig tun“

7 Personalführung – hierarchische Strukturen, ein paar Gedanken

Managen kommt von Manege, italienischen maneggiare („handhaben, gebrauchen, lenken“), erste Manager kamen aus einer Zirkusschule

Menschen waren unsichtbar, die eigene Meinung war nicht wichtig, sie haben sich wertlos gefühlt, der Krankenstand entsprechend hoch

Autoritärer Führungsstil: die Menschen mussten funktionieren wie es die Maschinen vorgegeben haben, der Mensch war Mittel zum Zweck

Alles dreht sich um ZDF

Kennen Unternehmer nur Profit? Gier ist wie Salzwasser trinken, woran liegt das?

Erfolge wurden den Chefs zugesprochen

Arbeit bedeutet ursprünglich Mühsal, Leibeigenschaft

Chef sitzt oben, größtes Büro, dann Direktoren und Mitarbeiter; Statussymbole: Anzüge, etc. bestärken MA im Denken in Hierarchiestufen

Angestellte werden morgens angestellt, abends abgestellt, dazwischen dürfen sie nichts anstellen

Arbeit ist Geld? Damit wird das Leben aber zur Ware!

Innovationen, Veränderungen werden häufig bekämpft; not invented here

Computerschreibtische sind Aktiva, das Vermögen, welches dem Unternehmen zur Verfügung steht (Passiva: dem Unternehmen zur Verfügung gestelltes Kapital); Mensch hingegen ist kalkulatorisch eine Kostenposition auf einer Kostenstelle; im Fußball z. B. sind die Spieler das Vermögen

Wir haben Know How, aber kein Know Why, wir haben Lösungen, keine Probleme

Job wird oft als milde Krankheit empfunden; ich halte es aus: von Montag bis Freitag, oder bis zur Rente

7 Personalführung – Ansätze für eine neue Arbeitswelt

Im Vergleich zur Industriegesellschaft sind in der neuen Wissensgesellschaft Ideen wichtig, Selbstorganisation, ein eigener Sinn muss den MA ersichtlich sein, MA sollen auch Freude haben an der Arbeit haben

Unternehmen führen heißt Bewusstsein führen, aber wie führe ich Bewusstsein? Z. B. mittels Einsicht

Mitarbeiter wollen ernst genommen werden, Lob für Team, nicht nur für den Chef

eine Hauptaufgabe des Managers ist nicht die Aktion, sondern die Reflektion

Normale Routinen müssen überarbeitet werden, ebenso Leistungsbeurteilungs-rituale

Wertschätzung ist ein toller Wert

Führen mit Werten, nicht durch Zahlen

Beziehungen zwischen den Menschen muss intensiviert werden, damit steigt die Leistungsfähigkeit, wie die steigende Denkleistung des Gehirns durch Verbindung der Synapsen – nicht durch Wachsen des Kopfes

Mein Job ist es Leute zu finden die besser und klüger sind als ich, dann habe ich den Job gemacht (J. F. Kennedy bei der Bildung seiner Regierung)

Wertklärung, welche Fähigkeiten werden benötigt, regelmäßig hinterfragen und ggf. Personal anpassen, so einsetzen, dass jeder das einbringen kann, was er an besten kann

Als Nebenprodukt der Veränderung entsteht Erfolg

Wofür arbeiten Menschen? Geld, Selbstverwirklichung, Zugehörigkeit usw.

Es wird schwieriger, gute MA für Firmen gewinnen, wenn Leute in Einheiten für sinnvolle Arbeit denken und nicht nur in Geld...

Das eine ist Hierarchie, zum anderen brauchen wir auch Kreativgruppen, die nicht in die Ordnung passen (diese brauchen weniger einen Dirigenten, es ist eher wie Free Jazz)

Neben Führungskräfte trainings, sollten auch MA sich weiterentwickeln können. Die Frage ist zu stellen, wie man dies tun kann. Eine Fortbildung als Mensch, denn wenn das Privatleben gut ist, ist der Job gut und umgekehrt. Man wächst über sich hinaus. Das heißt höheres Potential des Menschen führt auch zu einer Leistungssteigerung im Unternehmen (dieses ist nun mal gezwungen zu wachsen)

Baum ist eine wunderbare Beschreibung; genetisch gleich, aber das Wachstum ist abhängig von Boden, Klima, Wasser etc.

Teilhaben und Verantwortungsübertragung an MA

Auch als Manager im Jetzt sein, bei Jourfixe etc.

Veränderungen schaffen für Innovation; es sich nicht mehr ein Geistesblitz (Dübel von Artur Fischer 1958), sondern Teamwork

In der Stille setzt sich der Schlamm ab; dafür brauche ich Stille, um Dinge zu sehen, die vorher im Trüben waren

Menschen wollen Sinn ihrer Arbeit erkennen

Wir brauchen aber nicht Dompteure, wir brauchen Animateure.

Es muss zunächst die innere Haltung bewusst gemacht werden, z. B. durch MA Befragung

7 Personalführung – Ansätze für eine neue Arbeitswelt

Was sind die Antreiber der Mitarbeiter neben dem Geld?

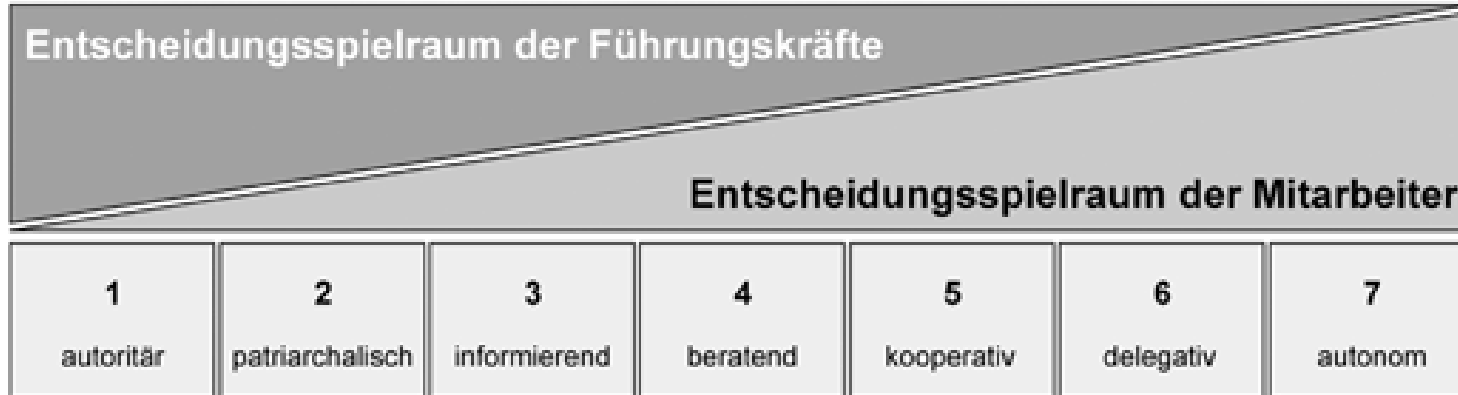
Der Mensch lernt durch Einsicht oder Katastrophe; was ist besser, mitdenken!

In vielen Unternehmen werden Strategien von oben nach unten eingeführt oder geändert, aber wo sind die Mitarbeiter. Wie komme ich nun dazu, dass Leitbilder auch gelebt werden? Wie kann ich die Mitarbeiter integrieren?

- Flachere Hierarchien (sorgt für mehr Transparenz, verhindert das Versickern von Informationen in den Hierarchiestufen)
- Mitarbeitern mehr Verantwortung geben
- Die Zufriedenheit der Mitarbeiter soll im Vordergrund stehen
- Weniger feste Strukturen
- Flexiblere Arbeitszeiten; was muss bei Homeoffice beachtet werden?
- Große Konzerne: unternehmerisches Denken und Handeln mit Mitarbeiter Zufriedenheit (MA in Kontrollorgane wie bei einer Genossenschaft, Mitbestimmungsrecht, Verbesserungsmaßnahmen etablieren, Veränderungen bezüglich Hierarchie, Verantwortlichkeiten; Gehaltsstrukturen)

Wichtig ist es auch zu beachten, dass immer auch Mitarbeiter klassisch hierarchisch geführt werden müssen und wollen, z. B. durch das Setzen von Zielen und regelmäßige Kontrolle

7 Personalführung - Führungsstile



Die Führungskraft ...

... entscheidet und gibt die Entscheidungen bekannt	... verkauft ihre Entscheidung	... präsentiert ihre Ideen und fordert zu Fragen auf	... präsentiert eine vorläufige Entscheidung, die geändert werden kann	... präsentiert Probleme, sucht Vorschläge, trifft dann aber alleine die Entscheidung	... setzt Rahmenbedingungen, die Gruppe löst das (vorgegebene) Problem	... fungiert als Koordinator für Problemdefinition, Alternativensuche und Entscheidung
---	--------------------------------------	---	--	---	--	---

7 Personalführung – RACI

Die RACI-Matrix ist eine Form der Definition von Verantwortlichkeiten. Sie kann z. B. für die Arbeit in Projektteams und auch für die Formulierung von Stellenbeschreibungen verwendet werden.

- R: Responsible (diese Person ist für die Durchführung zuständig, sie ist sozusagen „im lead“)
- A: Accountable (Person, die im rechtlichen Sinne die Verantwortung im kaufmännischen Sinne trägt, sie muss das Projekt genehmigen)
- C: Consulted (eine konsultierte bzw. befragte Person, da diese notwendiges Know-How oder wichtige Informationen hat, die für die Umsetzung nötig sind)
- S: Support (unterstützende Funktionen)
- I: Informed (Person die Informationen über Verlauf und Ergebnis erhalten)

Aufgabe	Betriebsleiter	Betriebsassistent	Betriebsingenieur	Meister	Schichtführer	Chemikant
Zeitplanung Schicht	A	I		R	C	I
Produktionsplanung	I	R	I	I	I	
Sicherheitsgespräche	A	C	R	I	I	
Produktionsergebnis	A	(R)	I	I	I	I

7 Personalführung – Meetingstruktur

täglich

wöchentlich

monatlich

quartärlich

jährlich

Morgen-
besprechung
Betrieb:
reparatur-
planung etc.

Laborplanung

Produktions-
planung

Jourfixe
Mitarbeiter

Jourfixe mit
Vorgesetztem

Update Stand
Investprojekte

Update
Management-
team zum
Fortschritt in
Projekten

Mitarbeiter-
gespräche

7 Personalführung – Kultur und Werte

Unternehmenskultur

„Unternehmenskultur lässt sich definieren als die Menge der Gewohnheiten, in denen sich ein Unternehmen von seiner Umgebung unterscheidet. Dahinter steht die gesamte Lerngeschichte des Unternehmens, das heißt die Erfahrungen, die es gesammelt, und die Entscheidungen, die es getroffen hat sowie die Grundannahmen, die ihm daraus in Fleisch und Blut übergegangen sind: Sie verdichten sich zu der **Persönlichkeit** oder dem **Charakter** eines Unternehmens.“

Was gestern noch richtig war, kann heute falsch sein

„Auch wenn die Kultur der **Niederschlag des Erfolgs** ist, trägt nicht jedes Merkmal einer Unternehmenskultur in gleicher Weise zum Erfolg bei. Und was noch wichtiger ist. Wenn sich Wettbewerbsbedingungen ändern, können Merkmale, die früher erfolgsentscheidend waren zum Handicap werden. Das Festhalten an überholten Erfolgsmustern und die Weigerung, veränderte Anforderungen wahrzunehmen, können Unternehmen in höchste Gefahr bringen.“

„Traditionen, also lange gepflegte Gewohnheiten, neigen dazu, sich zu verselbstständigen: Sie werden fortgeführt, auch wenn die Gründe, weshalb die eingeführt wurden, längst in Vergangenheit geraten sind. Weil die Regeln ohne Gründe überliefert werden, hält man an ihnen auch dann fest, wenn die Gründe hinfällig und die Regeln kontraproduktiv geworden sind.“

7 Personalführung – Kultur und Werte

Subkulturen in Abteilungen, Bereichen und Standorten

Es wird von Unternehmenskultur gesprochen, in Wirklichkeit gibt es aber diverse Subkulturen:

- Vorstände (Umsatzwachstum, Cash Flow)
- z. B. Produktion vs. Marketing (was ist möglich vs. was wird Kunden versprochen)
- z. B. Produktion vs. Verwaltung (hoher Leistungsdruck vs. oftmals angenehme Umgebung)

Das spitzt sich noch beliebig zu, wenn auch die oft andere geschichtliche Herkunft von Bereichen hinzukommt, andere Standorte und damit andere Nationalitäten (interkulturelle Konfliktpotentiale)

Es resultiert daher zunächst die Notwendigkeit, den Charakter des Unternehmens zu erfassen!

„Eine Kulturdiagnose muss nicht zwangsläufig in Folgemaßnahmen münden, aber sie kann es natürlich und wird es auch in vielen Fällen auch. Am offensichtlichsten ist das, wenn ein Schwachpunkt entdeckt wird, der unmittelbaren Handlungsbedarf auslöst. In jedem Fall sollte aber überprüft werden, wo sich die festgestellte Kultur **positiv oder negativ auf die Markt – und Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens** auswirkt.“

7 Personalführung – Kultur und Werte

Ist es möglich eine Unternehmenskultur überhaupt zu ändern?

„Wenn es gelingt, die Rahmenbedingungen in der richtigen Weise zu verändern, ändert sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auch das Verhalten, und zwar – das ist entscheidend – ohne dass man dazu die Überzeugungen und **Mindsets** der Adressaten verändern muss.“

Überzeugungen folgen dem Handeln

Unüberwindlich könnte erscheinen, dass es schwierig ist, Grundüberzeugungen von Menschen und Organisationen zu ändern. Was also kann die Lösung sein:

- Klar kommunizierte und vor allem nachvollziehbare Ziele
- Erarbeiten von Rahmenbedingungen und umsetzbaren Schritten, die ein anderes Verhalten sinnvoll und attraktiv werden lassen bzw. definieren von den Gruppen möglichst schon eigenen Handlungen, die jedoch neu fokussiert werden
- Eine Kulturänderung als reine Top-Down-Initiative wird oftmals nicht akzeptiert

„Kulturprogramme – die gerade in Großkonzernen wiederkehrend gestartet werden – werden in aller Regel nicht als bedrohlich empfunden, sie lösen eher freundliches Desinteresse aus...“

„Kulturveränderung ist – auch – eine Machtfrage. Nur wenn die Entschiedenheit des Top-Managements deutlich spürbar ist, passen diejenigen ihr Verhalten an, die *eigentlich* keine große Neigung dazu haben.“

7 Personalführung – Kultur und Werte

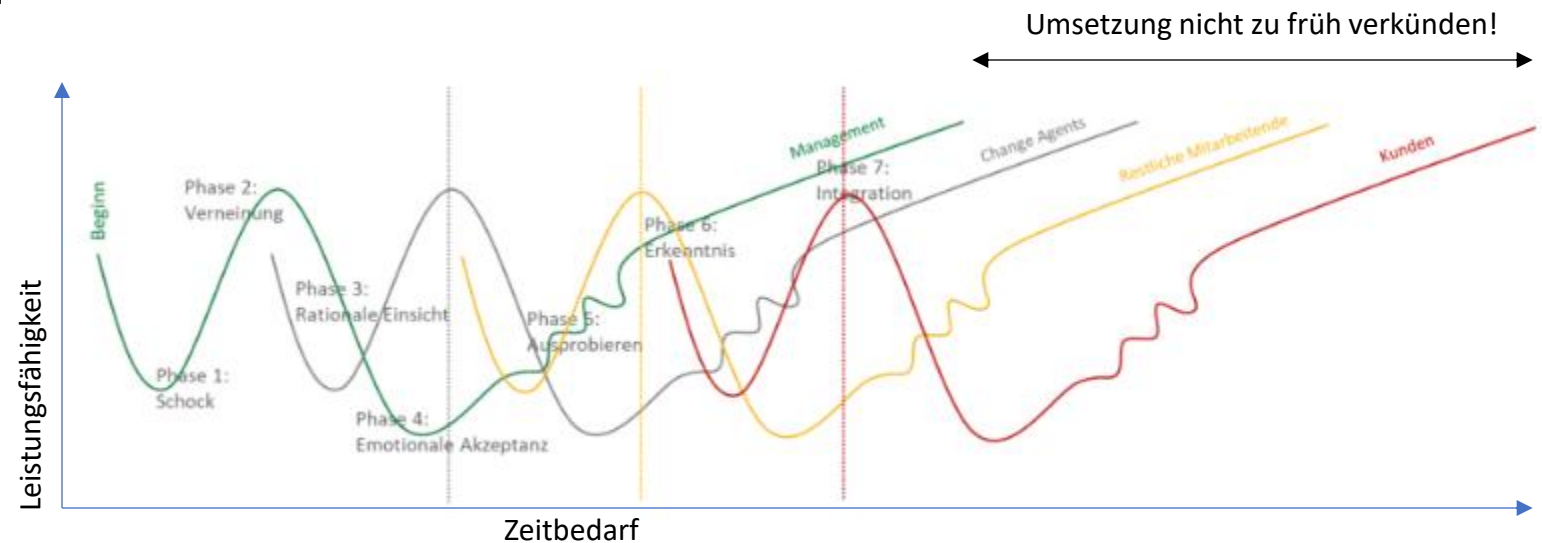
Die Veränderung von Gewohnheiten ist mühsam

Trauerphasen

- Schock: Nicht-Wahrhaben-Wollen
- Aufbrechende Emotionen: Wut, Freude, Angst
- Konfrontation mit der Wirklichkeit: Etwas ist anders
- Akzeptanz: Suche nach neuen Optionen

Prozess der Ernüchterung

- Begeisterung
- Erwartung
- Enttäuschung
- Verbitterung
- Zynismus



7 Personalführung – Kultur und Werte

Wie funktioniert Kulturänderung

„Sowohl Individuen als auch Organisationen ändern ihr Verhalten dann, wenn Ihnen das aus ihrer subjektiven Sicht einen Nutzen bringt. Die Verhaltensänderung ist von Dauer, wenn der Nutzen von Dauer ist.“ Die Rahmenbedingungen sollten demnach so verändert werden, dass der Nutzen sichtbar ist. Zudem sollte der Grund für das existierende Verhalten verstanden sein.

Ähnlich ist der Mechanismus von Angewohnheiten und Verhaltensweisen; auch wenn die Angewohnheiten Befriedigung bringen, können sie mit gewissen Erfolgsaussichten durch Angewohnheiten ersetzt werden, die mehr Befriedigung bringen.

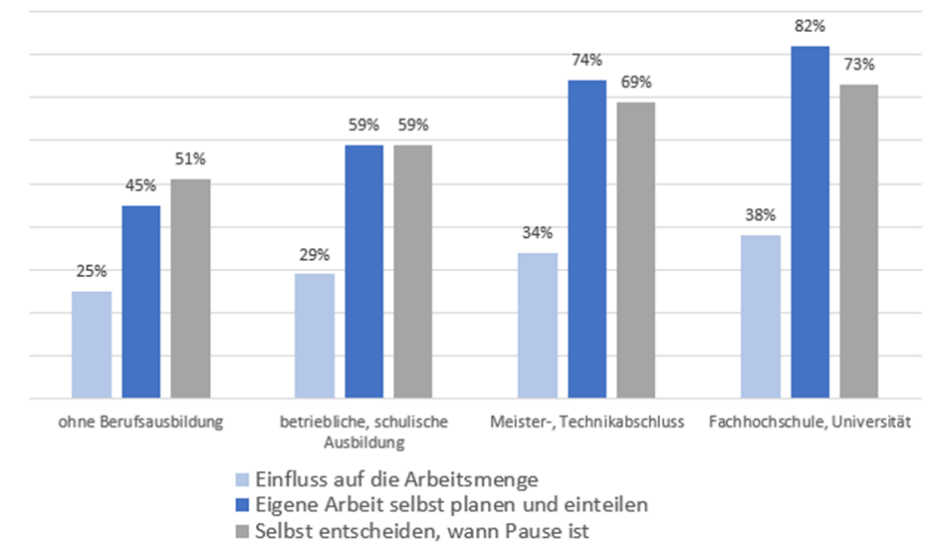
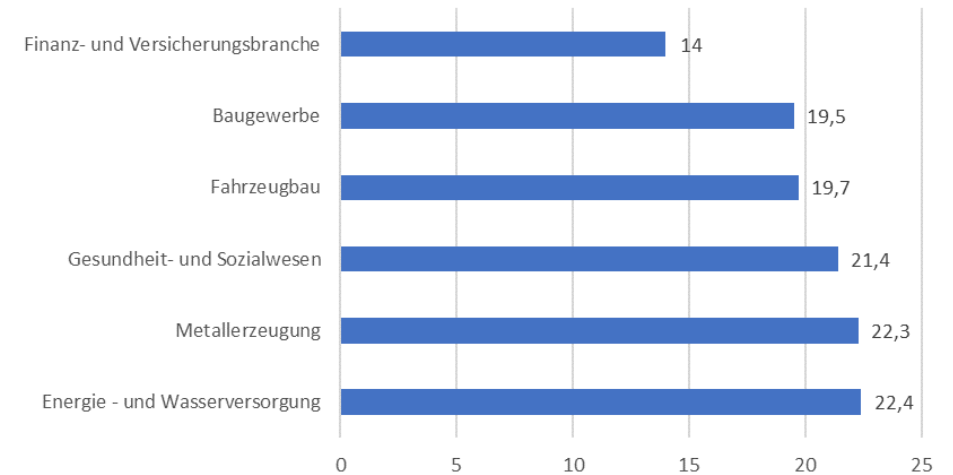
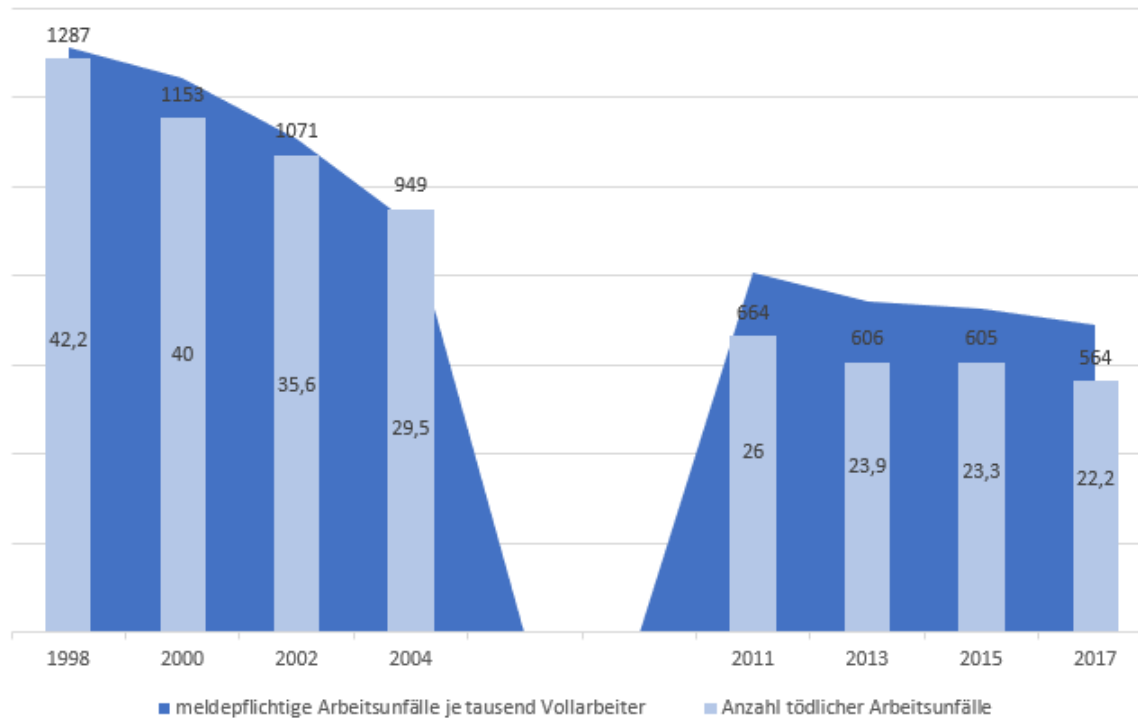
Grundlage ist die sorgfältige Bestimmung des Veränderungsbedarf

- Hier bietet sich z. B. eine SWOT-Analyse an

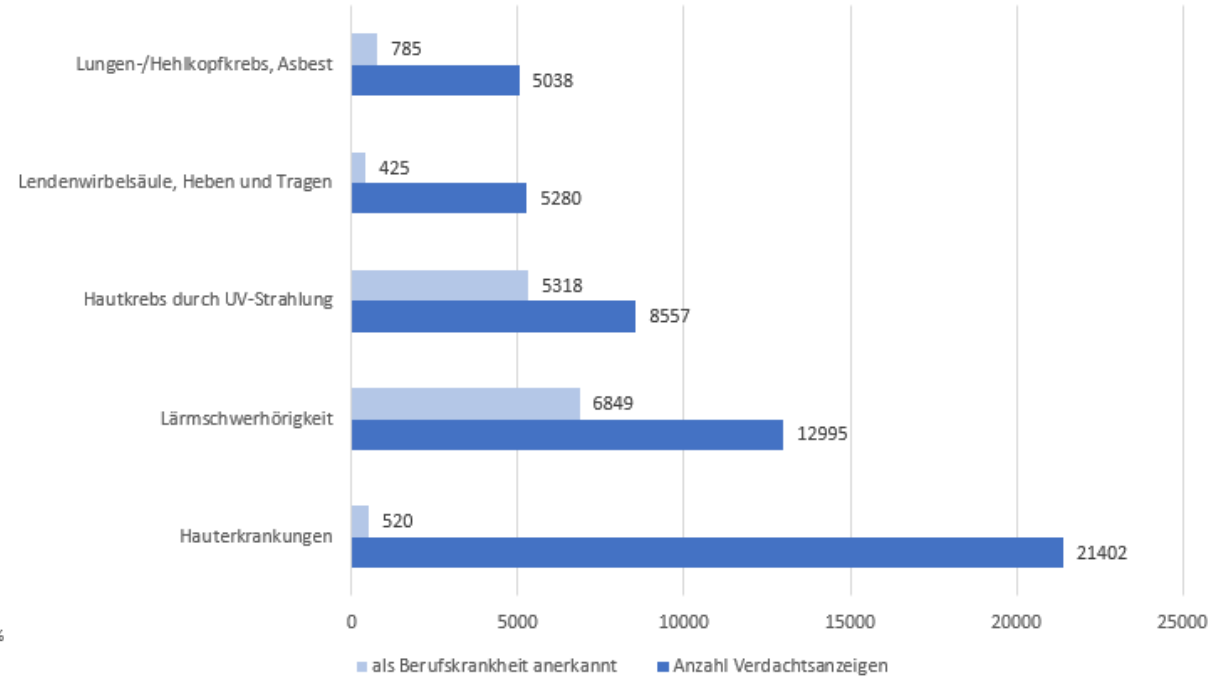
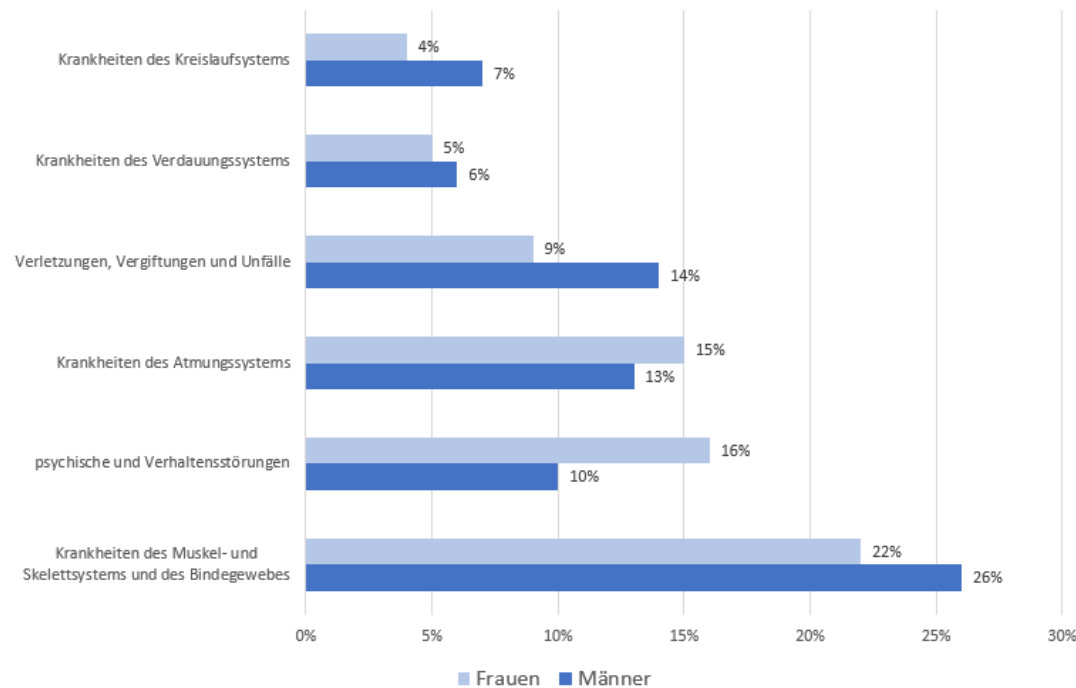
Wie ist der Umgang mit größeren Gruppen

- Multiplikatoren auf verschiedenen Ebenen
- Wahl der richtigen Räumlichkeiten und der Ausstattung

7 Personalführung – Arbeitsausfälle

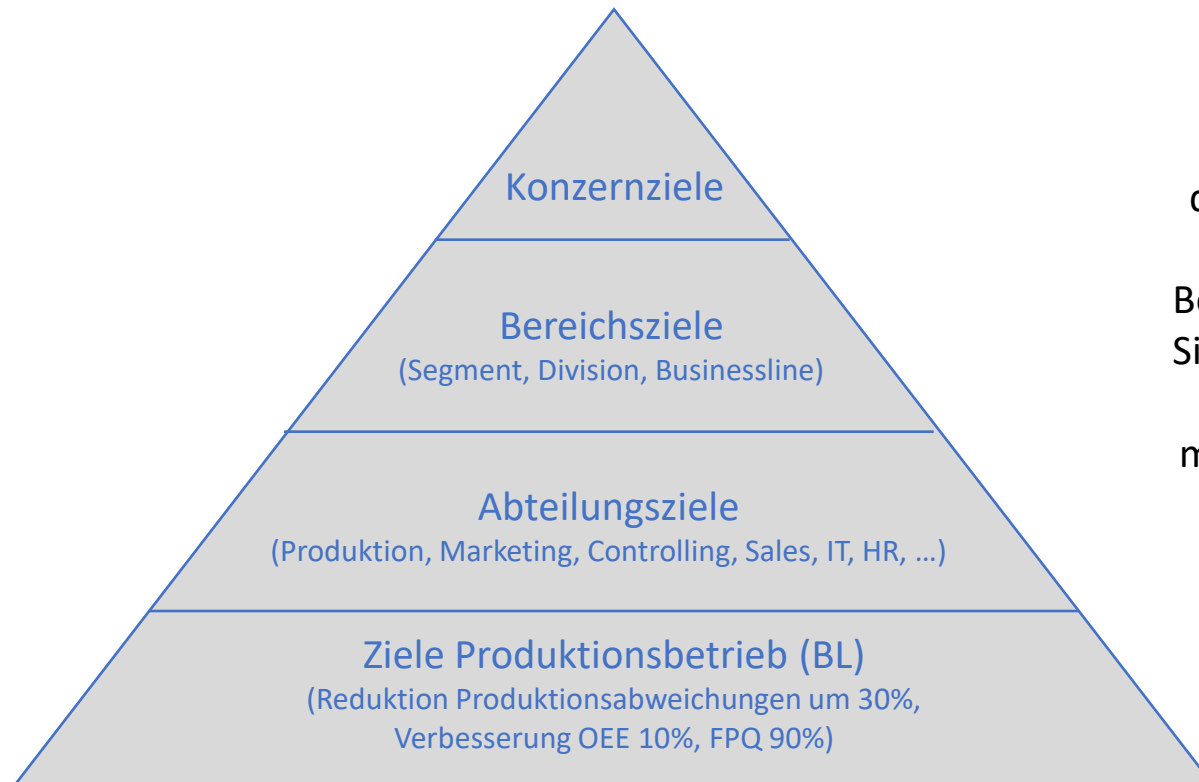


7 Personalführung – Arbeitsausfälle



7 Personalführung – Steuerung der Performance

Ein wichtiges Tool zur Erhöhung der Performance (Kostenoptimierung, sichern des bestehenden Geschäfts und Wachstum) sind Zielvereinbarungen für das laufende Jahr



Es ist zu empfehlen, den Fortschritt bei der Erreichung der Ziele zu monitoren und bei Bedarf zu korrigieren, sollte sich die Situation im laufenden Jahr ändern. Unter Umständen müssen auch mehr Ressourcen für das Erreichen der Ziele zur Verfügung gestellt werden.

7 Personalführung – Schulungen

Regelkonformes Arbeiten im Betrieb ist eine Aufgabe, in die die Mitarbeiter über ein **Schulungssystem** eingebunden werden.

Ziele:

- Vermeidung von Unfällen
- Rücksichtnahme auf Schutzgüter
- Einhaltung der Qualitätskriterien
- Hohe Performance

Verfahrensanweisungen:

Unterrichtung im Betreiben von Anlagen, Apparaten, betrieblicher Analytik
Prozessbeschreibungen (z. B. produktabhängig)

Schulungen zur Vermeidung von Unfällen:

- Heben und Tragen
- Staplerschulung
- Leitern und Tritte
- ...

Weitere Schulungen:

- Umgang mit Erfindungen
- IT Sicherheit
- Umgang mit Firmeneigentum
- ...

Wer muss welche Schulung haben?

- Dies kann über eine Schulungsmatrix geregelt werden, über die anhängig von der jeweiligen Stellenbeschreibung die Schwerpunkte gelegt werden.
- Es gibt jedoch Pflichtschulungen, die nicht als Leseschulung durchgeführt werden dürfen, z. B. Gefahrstoffschulung

7 Personalführung: Lernkontrolle

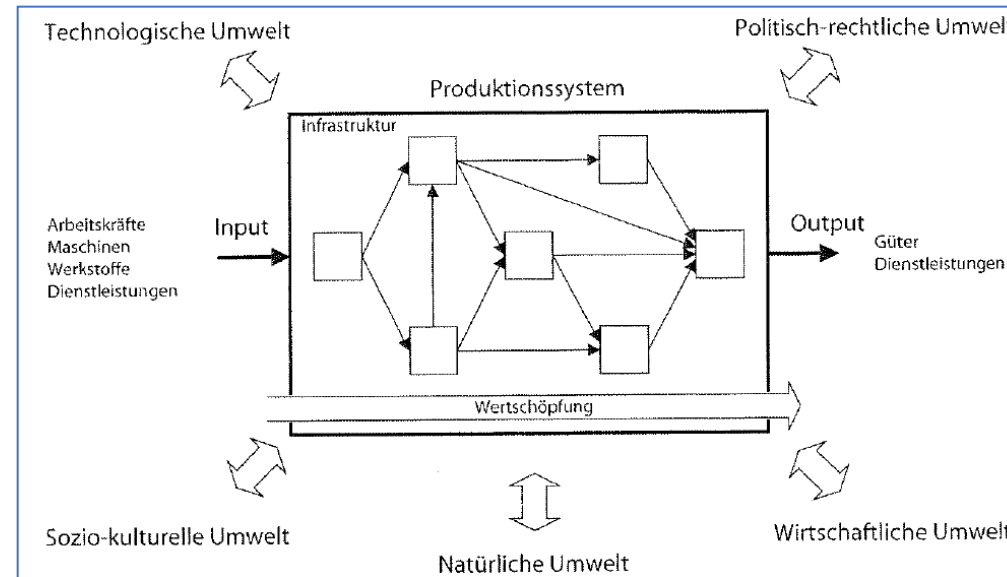
1. Was ist die RACI-Matrix?
2. Wozu benötigt man eine Meetingstruktur?
3. Was ist Kultur?
4. Was sind Werte?
5. Was ist eine Zielvereinbarung?
6. Wie können Sie den Schulungsaufwand minimieren?
7. Wie kann man Menschen führen; welche Führungsstile trifft man an?

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

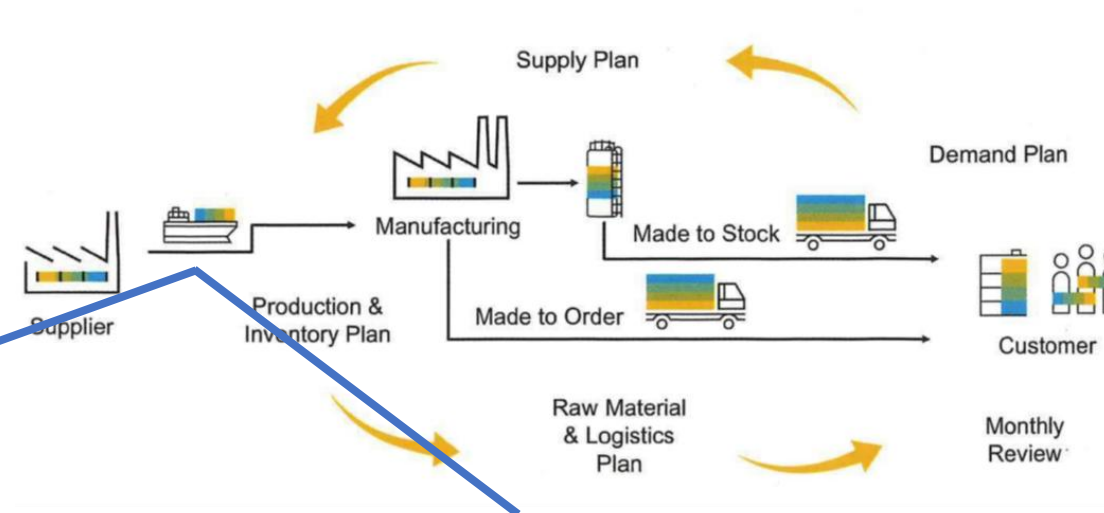
8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

- Produktion ist ein Wertschöpfungsprozess, bei dem es verschiedene Beziehungen des Produktionssystems zu seiner Umwelt gibt



- Um Wertschöpfung tatsächlich erzielen zu können müssen folgende Anforderungen erfüllt sein
 - Kurze Durchlaufzeiten
 - geforderte Qualität
 - Wirtschaftlichkeit
 - Flexibilität (vor allem bei Multi-Purpose-Anlagen)

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung





März 2021:

- Evergiven blockiert 6 Tage vermutlich nach Sandsturm den Suez Kanal
- Länge 400 m, Breite 60 m, bis zu 20.000 Container
- Allein Ägypten fordert mind. 500 Mio \$ Schadensersatz

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Begriff Produktion

- Unter industrieller Produktion versteht man die Erzeugung von Ausbringungsgütern (Produkten) aus **materiellen** und **nichtmateriellen Einsatzgütern** (Produktionsfaktoren) nach bestimmten technischen Verfahrensweisen
- Nichtmaterielle Einsatzgüter sind z. B. Patente, Lizenzen, Software
- Ohne weitere Produktionsfaktoren, wie Maschinen, Lagerungs- und Handlingeinrichtungen sowie Energie wäre die Produktion nicht möglich
- Die Anzahl der Wertsteigerungsstufen eines Erzeugnisses, die in einem Betrieb realisiert werden, wird als **Fertigungstiefe** bezeichnet.

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Eigenschaften der Produkte werden unterschieden durch:

- **Güterart:** materielle (Stoffe, Maschinen), nichtmaterielle (Dienstleistungen)
- **Gestalt der Güter:** Fließgüter (Bier), Stückgüter (Schrauben)
- **Zusammensetzung der Güter:** einteilige, aus einem Stück gefertigt (Bohrer), mehrteilige (Computer)
- **Beweglichkeit der Güter:** bewegliche und unbewegliche (Produktionsfaktoren müssen an den Ort gebracht werden, z. B. Brückenbau)

Kontinuität des Materialflusses:

- **Kontinuierlicher Materialfluss:** kontinuierlicher Materialfluss (bei Stück- und Fließgütern)
- **Diskontinuierlicher Materialfluss:** wird bestimmt durch das Fassungsvermögen des Produktionsgefäßes (Reaktor, Hochofen); die begrenzte Menge wird **Charge** genannt

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Supply Chain Management als Optimierungsaufgabe:

- Unter **Logistik** versteht man in der Betriebswirtschaftslehre eine die Funktionsbereiche übergreifende Optimierung des Material- und Erzeugnis-Flusses
- Im Mittelpunkt stehen Verkürzung der Lieferzeiten, Verkürzung der Reaktionszeit der Produktion bei Kundenwünschen, Minimierung der Lagerbestände; kurzum die Reduzierung der Kosten

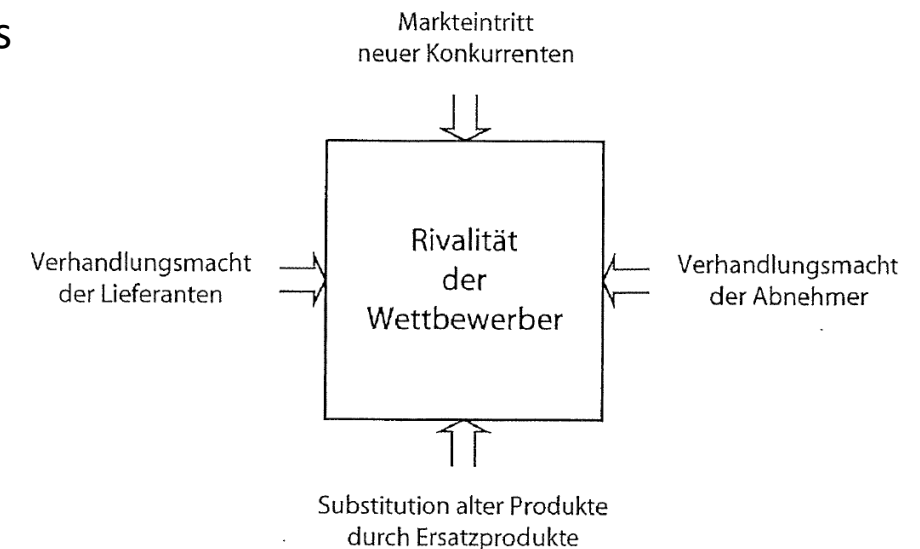
Wettbewerbsmodell nach Porter: Triebkräfte des Branchenwettbewerbs

Logistik:

- Das richtige Material
- In der richtigen Menge
- Zur richtigen Zeit
- Am richtigen Ort
- In der richtigen Qualität
- Zu den richtigen Kosten

Ziel:

- Kurze Durchlaufzeiten
- Hohe Auslastung
- Niedrige Lagerbestände mit geringer Kapitalbindung



8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

SWOT-Analyse:

Tool zum Bestimmen der eigenen Position und dem Ableiten von Maßnahmen

	Interne Stärken (z.B. Kapitalausstattung, Kundenstamm, technisches Know How)	Interne Schwächen (z.B. veraltete Maschinen, überalterte Produkte, schlechtes Vertriebsnetz)
Externe Chancen (z.B. neue Märkte, neue Technologien, Fallen von Handelsbeschränkungen)	SO-Strategien (strengths-opportunities: interne Stärken einsetzen und externe Chancen nutzen)	WO-Strategien (weaknesses-opportunities: interne Schwächen abbauen und externe Chancen nutzen)
Externe Bedrohungen (z.B. Auftreten ausländischer Billiganbieter, Währungsschwankungen)	ST-Strategien (strengths-threats: interne Stärken einsetzen, um externe Bedrohungen zu verringern)	WT-Strategien (weaknesses-threats: interne Schwächen abbauen und externen Bedrohungen ausweichen)

WT-Strategie:

es überwiegen interne Schwächen und externe Bedrohungen: Defensivverhalten ratsam, oftmals werden langfristige Verträge angestrebt oder riskante Geschäfte aufgegeben

WO-Strategie:

hier können gezielte Investitionen und Weiterentwicklungen im Technologiebereich dazu beitragen, Schwächen abzubauen und Wettbewerbschancen besser zu nutzen

ST-Strategie:

vorhandene Stärken sollten genutzt werden um kundengerechter und mit kürzeren Lieferzeiten zu produzieren um vorhandene Marktrisiken zu mindern

SO-Strategie:

Idealfall, die erreichte Position sichern und Wachstumschancen nutzen; für langfristige Sicherung der Marktanteile investieren in F&E

S Strengths
W Weaknesses
O Opportunities
T Threats

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

SWOT-Analyse:

Tool zum Bestimmen der eigenen Position und dem Ableiten von Maßnahmen

Umfeld / Markt Interne Sicht / Unternehmen	Opportunities (Chancen)	Threats (Gefahren und Risiken)
	Strategie: Welche Strategie müssen wir fahren, um unsere Stärken im Umfeld und Markt optimal einzusetzen?	Strategie: Welche Strategie müssen wir fahren, damit wir mit unseren Stärken die Risiken im Umfeld und Markt minimieren bzw. ausschließen?
Strenght (Stärken der Organisation)	Strategie: Welche Strategie müssen wir fahren, um unsere Schwächen abzubauen und die Chancen des Marktes besser nutzen zu können?	Strategie: Welche Strategie müssen wir fahren, um unsere Schwächen und die schlimmsten Risiken zu vermeiden?
Weakness (Schwächen der Organisation)		

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Kano-Modell: Kundenzufriedenheit

Basisfaktoren:

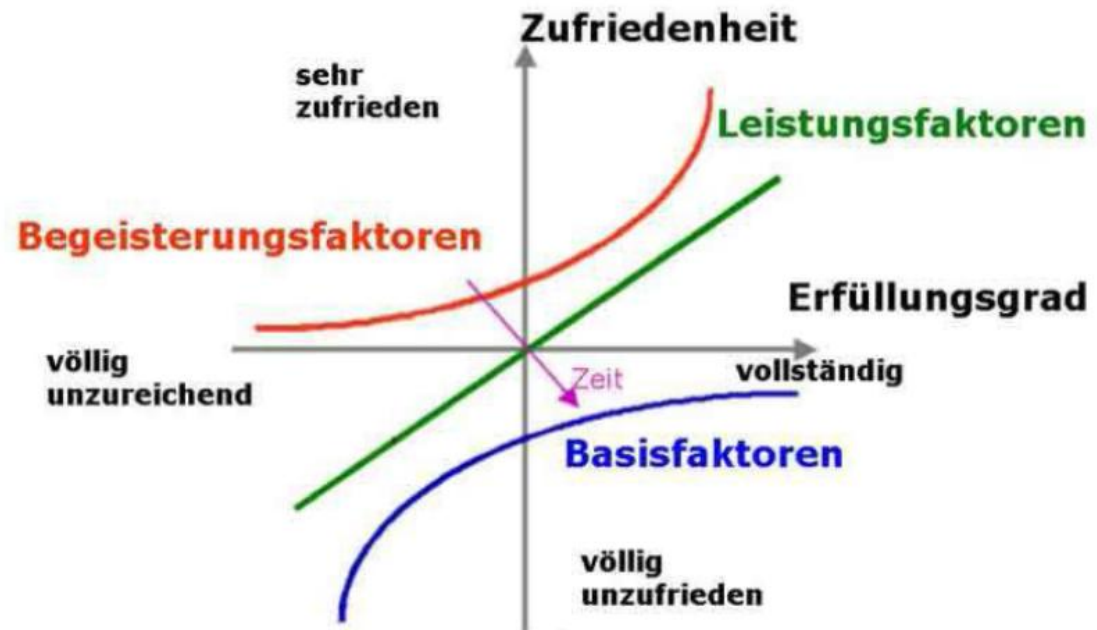
Selbstverständlich, nicht ausgesprochen, nahezu unbewusst

Leistungsfaktoren:

Spezifiziert, ausgesprochen, bewusst

Begeisterungsfaktoren:

nicht erwartet, nicht ausgesprochen, noch nicht bewusst

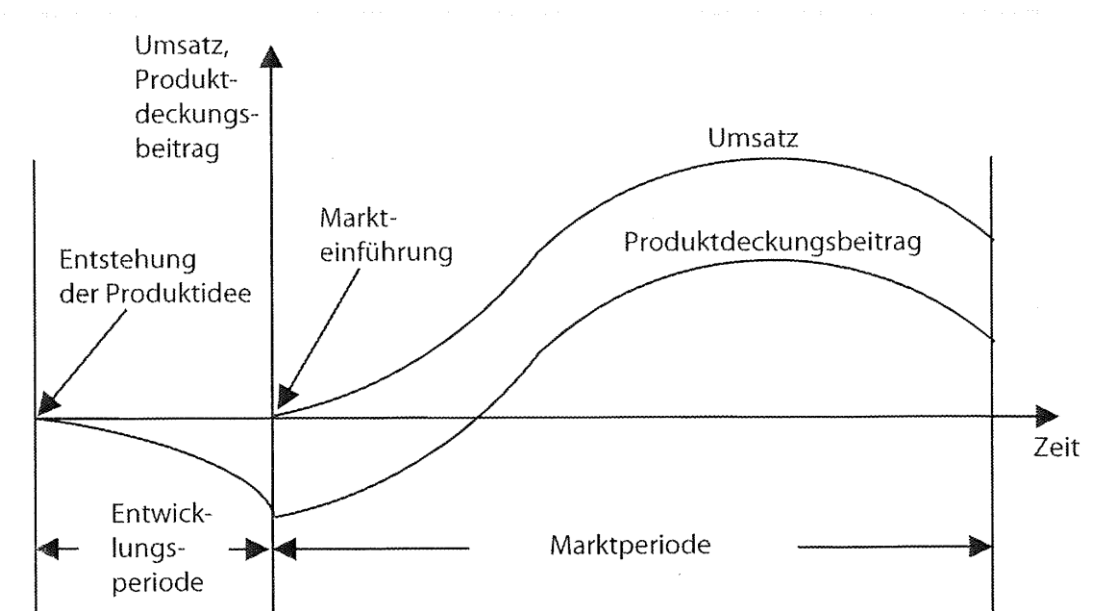


8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Produktlebenszyklen:

Nach der Entwicklungsperiode schließt sich die Marktperiode an, die sich in 5 Phasen unterteilt:

- **Einführungsphase** (Erlöse reichen nicht aus um die Kosten zu decken)
- **Wachstumsphase** (wenn sich das Produkt am Markt durchsetzt werden positive Deckungsbeiträge erwirtschaftet)
- **Reifephase** (Zuwachsraten verringern sich, Absatz nimmt wieder zu bis zum maximalen Deckungsbeitrag)
- **Sättigungsphase** (Absatzhöhepunkt, Deckungsbeiträge sinken wieder)
- **Degenerationsphase** (das Produkt scheidet aus dem Marke aus)



In dieser Darstellung ist nur die Zeit variabel; neue Wettbewerber, Preisverfall, Standortvorteile, Marketing und vieles mehr beeinflussen den Absatz

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

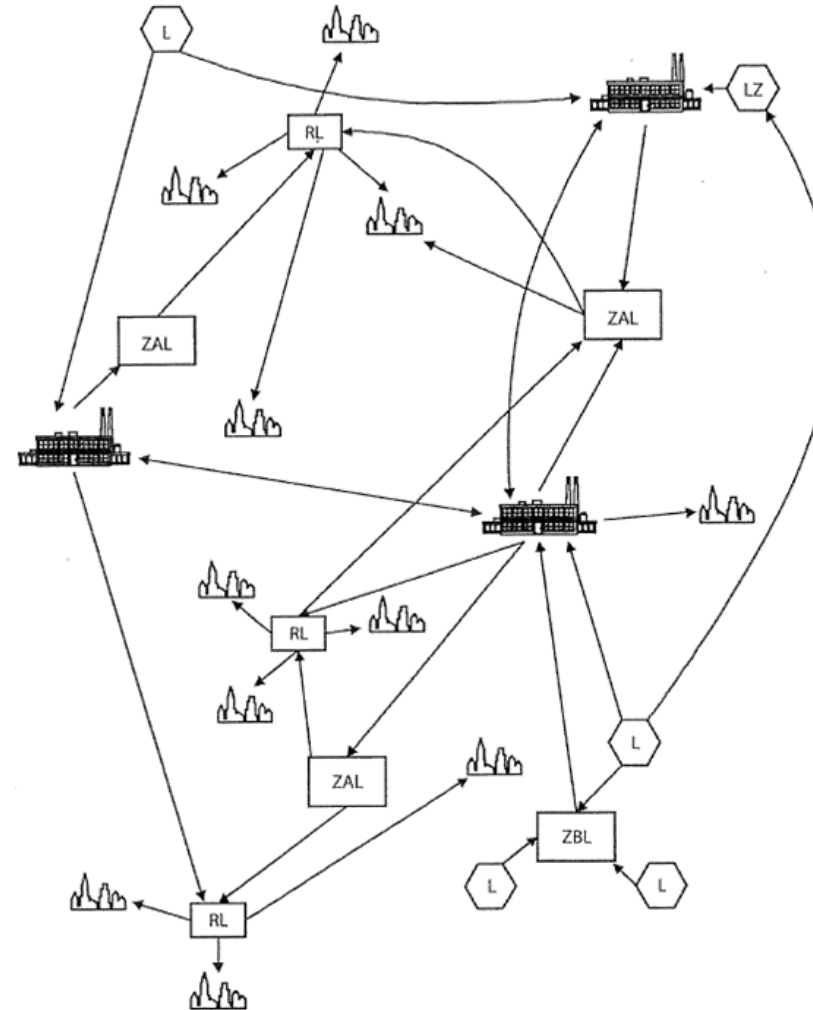
Produktlebenszyklen:

- Es ist immer gut zu schauen, dass es eine gut gefüllte Pipeline an Produkten gibt, da diese Lebenszyklen unterworfen sind
- Ratsam ist, dass gerade in guten Zeiten viel Geld für die Forschung ausgegeben wird, damit die Pipeline auch gefüllt bleibt (5-10 % vom Umsatz sind Untergrenzen)

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Standortentscheidungen:

Produktionsstätten sind eingebettet in die logistischen Systeme; bestehend aus Beschaffung und Vertrieb. Dazu können mehrere Lagerstufen (z. B. Zentrallager, Regionallager) gehören. Während Auslieferungslager gebräuchlich sind, sind Beschaffungslager eher selten.



L.....Lieferant
 LZ.....Lieferantenzentrum
 RL.....Regionales Auslieferungslager
 ZAL...Zentrales Auslieferungslager
 ZBL...Zentrales Beschaffungslager

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Standortentscheidungen:



Sind besondere Kenntnisse des Personals nötig, muss zudem auf die Verfügbarkeit dieser Ressource Rücksicht genommen werden. Vorstellbar sind hier z. B. Multipurpose-Anlagen für pharmazeutische Rohstoffe.

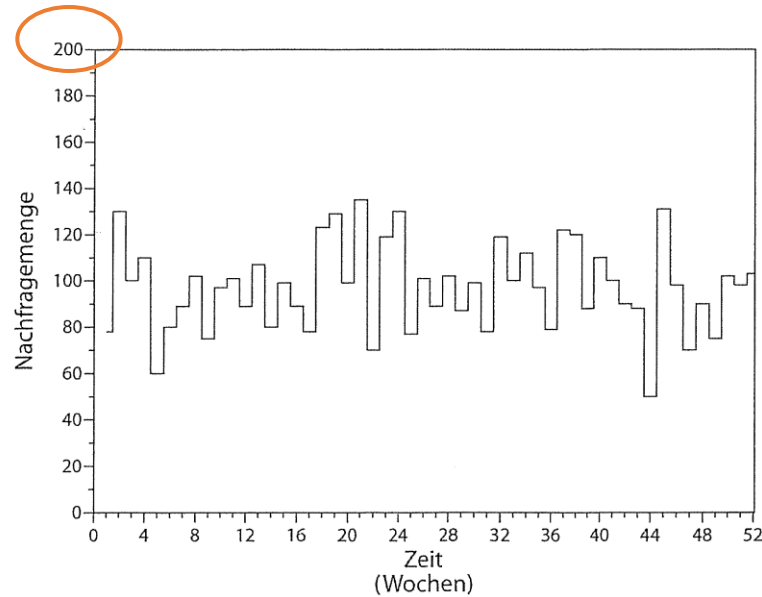
Bei der Optimierung nach Standort handelt es sich zunächst um die Minimierung der Kosten K

$$K = \Sigma \text{Fixkosten} + \Sigma \text{Transportkosten}$$

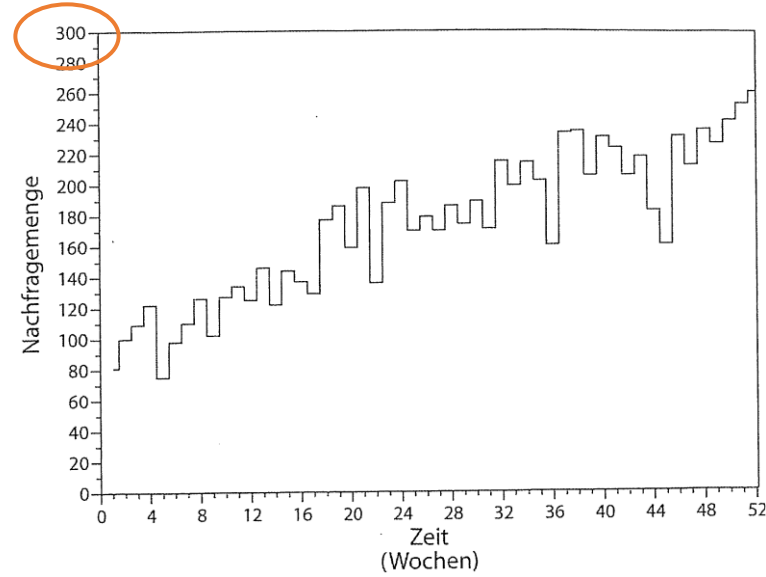
Sind die variablen Kosten für Rohstoffe, Hilfsstoffe, Energien unterschiedlich, kommen zu der Optimierungsaufgabe noch Σ variable Kosten hinzu. In der Nähe von Erdölvorkommen können Downstream-Produkte davon deutlich günstiger sein. An Verbundstandorten sind Energien möglicherweise günstiger.

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

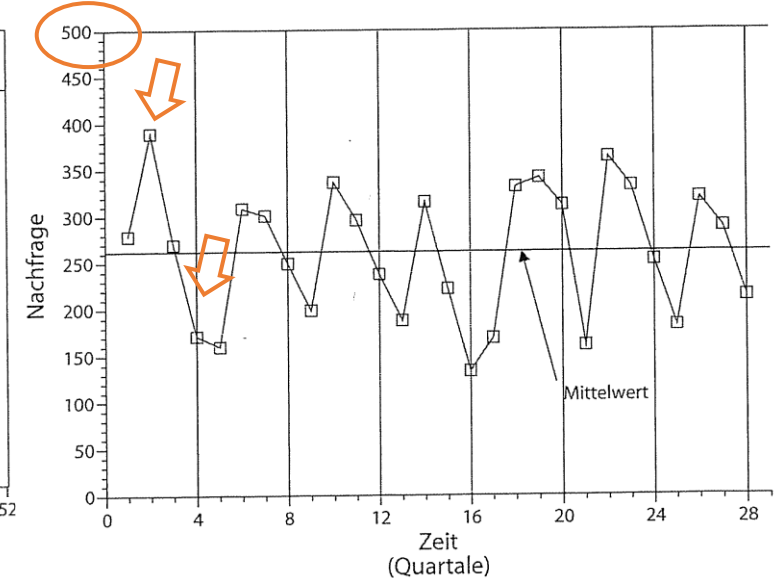
Planung des Produktionsprogramms:



nahezu gleichbleibende Nachfrage



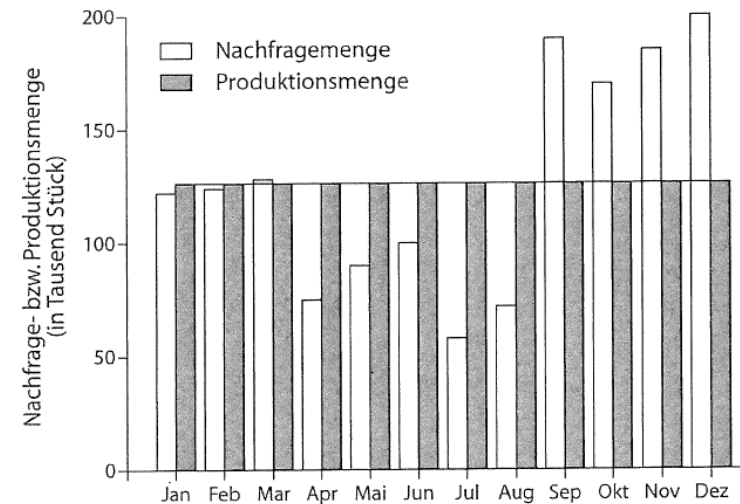
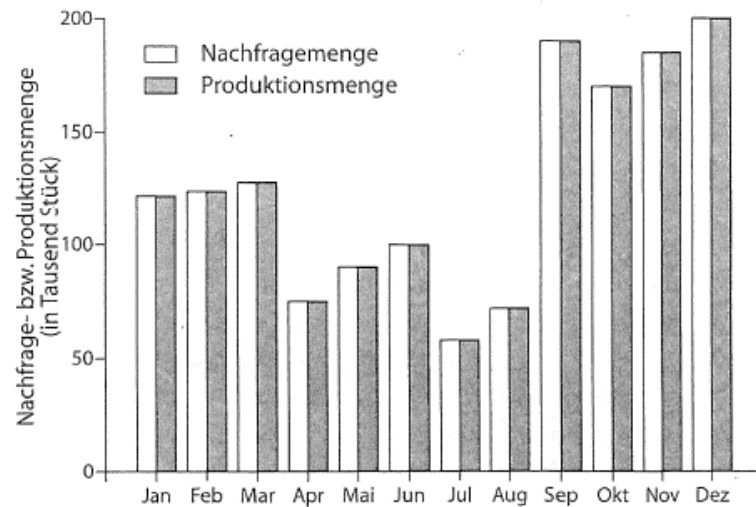
trendförmig ansteigende Nachfrage



saisonal schwankende Nachfrage

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Planung des Produktionsprogramms:



Bei der Optimierung nach Produktionsmengen handelt es zunächst um die Minimierung der Kosten K

$$K = \sum \text{Lagerkosten} + \sum \text{Kosten für Zusatzkapazität}$$

Synchronisation von Produktion und Nachfrage:

- Unternehmen agiert reaktiv
- Notwendigerweise muss personelle und technische Produktionskapazität ausreichend hoch sein
- Ein Vorteil ist, dass keine Lagerkosten entstehen

Emanzipation der Produktion von der Nachfrage:

- Produktion mit optimaler Produktion
- Auftreten von zum Teil hohen Lagerkosten
- Lagerflächen müssten flexibel zu mieten sein

Abhängig vom Produktportfolio trifft man die eine oder andere Planungsart.

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Ressourceneinsatzplanung:

Zunächst muss die Frage gestellt werden, was limitierend ist. In der Regel sind das entweder die Anlagenkapazität selbst oder die Personalverfügbarkeit. Beide Ressourcen sind relativ teuer und werden daher fortlaufend hinterfragt und optimiert.

- Anlagen (OEE, CAPEX, Optimierung)
- Personal (Ausbildung, Verfügbarkeit, Alterspyramide, Leiharbeiter)

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Ressourceneinsatzplanung (Anlage, Optimierung):

- Für Anlagen werden zunächst Produktionsaufträge eingestellt, die in einer Planzeit erfüllt werden sollen
- Dauert die Produktion länger, dann entstehen Produktionsabweichungen (production deviation), für die sich der Anlagenbetreiber in der Regel rechtfertigen muss
- Ist der Produktionsauftrag dauerhaft schneller als geplant erfüllt, entsteht Leerstand (idle costs), der es möglich macht, zusammen mit Marketing and Sales neue Aufträge zu verplanen
- Am Bottleneck-Aggregat sollte daher stets geschaut werden, ob der Prozess schneller gemacht werden kann; zunächst durch Verbesserung der Prozesse; wenn rechenbar auch mit Invest (vgl. Kapitel 10)

Bei der Optimierung nach Durchlaufzeit wird die Zeit (ausgedrückt durch die Kosten K) minimiert

$$K = \sum \text{Zeit Produktion} + \sum \text{Zeiten Produktumstellung}$$

(Rüsten, Reinigen, bei kontinuierlichen Prozessen Übergangsware OOS)

Ressourceneinsatzplanung (Anlage, OEE):

- Beim Beplanen einer Anlage (einer Produktionsstraße) wird die Produktionsleistung am „Bottleneck-Aggregat“ zu Grunde gelegt, vgl. auch OEE im Foliensatz

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Ressourceneinsatzplanung (Anlage, Optimierung, Personal):

- Produktionsaufträge werden oft in Wochenbasis in die Anlagen geplant
- Basis ist die Reaktorgröße und das Material sowie die Peripherie (z. B. Kolonne: ja/nein)
- Bei Multipurpose Plants reicht das oft nicht aus; ein Beispiel
(2 Separationsorgane und Kessel für 3 Synthesen)

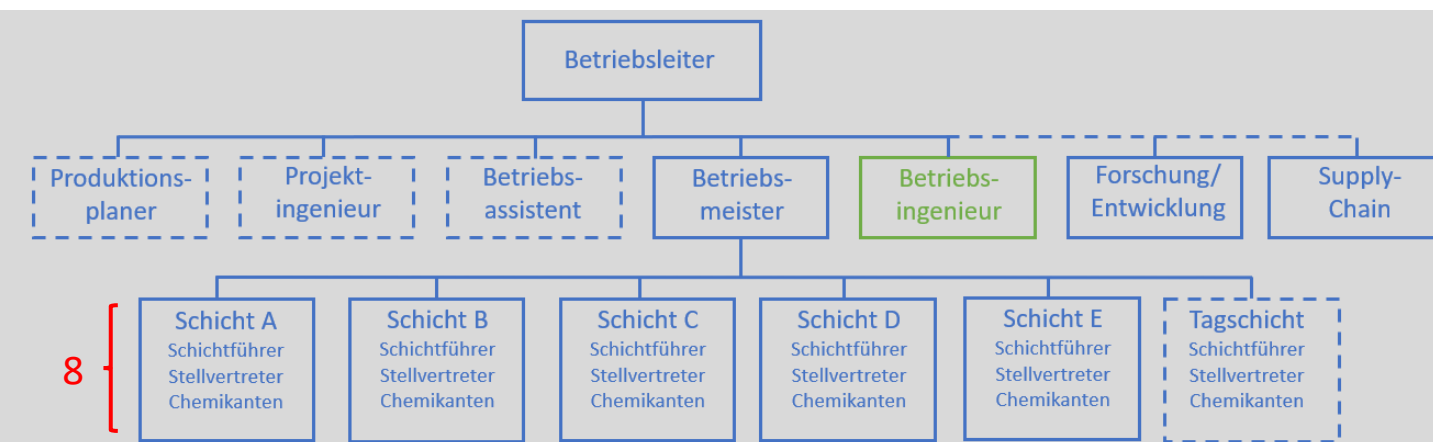
Produkt	KW1	KW2	KW3	KW4	KW5	KW6	KW7	KW8	KW9	KW10	KW11	KW12	KW13	KW14	KW15	KW16
A	100	100	100	100	50											
B						150	200	200	200	200	150					150
C	50	50	30									30	50	50	30	
D				150	200	200	200	200	200	200	150					
E	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Auslastung Anlage	90%	90%	75%	80%	85%	90%	95%	95%	95%	95%	90%	50%	60%	60%	50%	55%
Auslastung Personal	85%	85%	80%	80%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	80%	60%	65%	65%	60%	60%

Bei Neukampagnen ist es ratsam, Mehrmengen an Rohstoffen und mehr Zeit einzuplanen. Beim Kampagnenreview können dann Maßnahmen zur Optimierung für die nächste Kampagne eingeleitet werden. Ggf. kann die Anlage bei vielen Neuprodukten auch überplant werden, da nicht zwangsläufig alle Ideen am Ende realisiert werden.

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Ressourceneinsatzplanung (Ausbildung, Verfügbarkeit, Alterspyramide, Leiharbeiter):

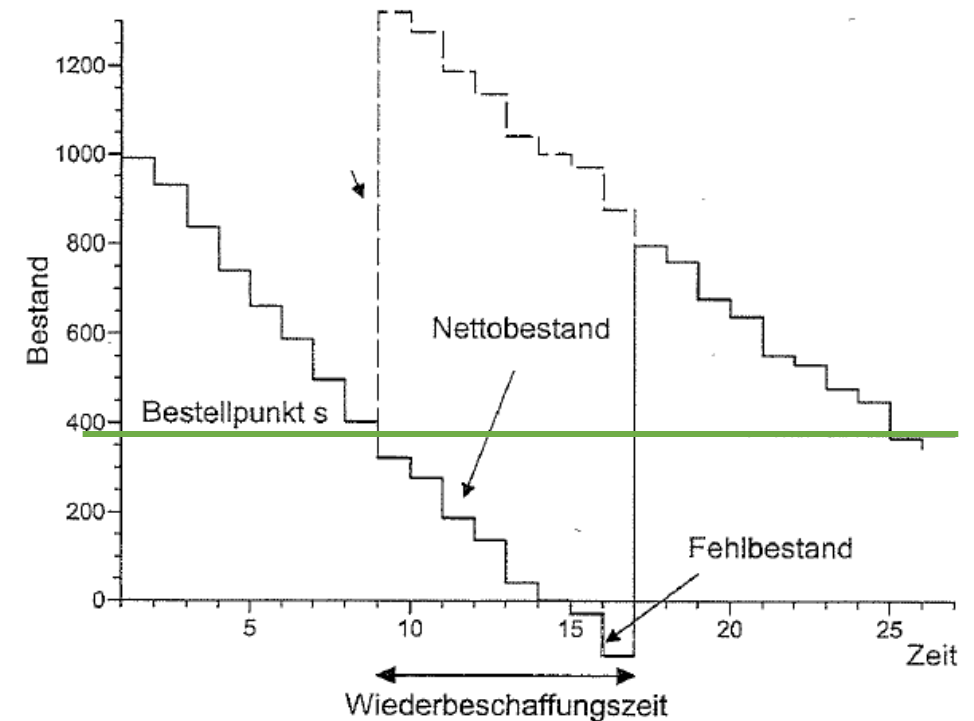
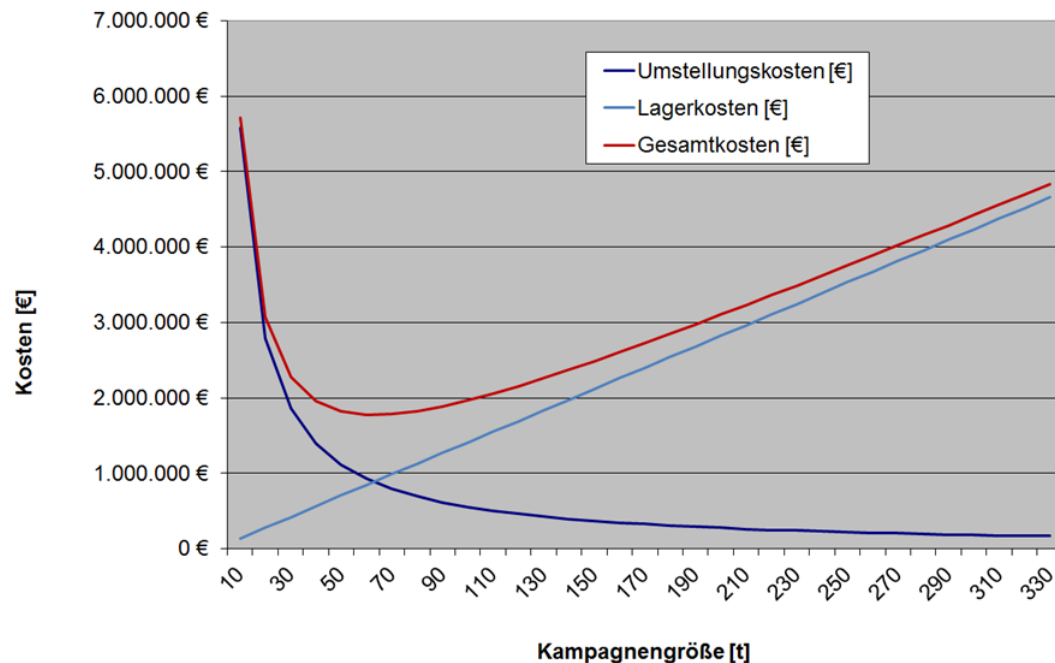
- Es sind die Anforderungen an Stelle zu definieren (fachlich, menschlich, direkt in der Produktion auch körperlich), für die harten Fakten gibt es **Stellenbeschreibungen**, in denen z. B. die Mindestausbildung festgelegt ist.
- Bei der Planung von Ressourcen ist es wichtig zu berücksichtigen, wie viele der Kollegen im Organigramm tatsächlich auch da sind, so z. B. sind von **8 Kollegen** pro Schicht im Mittel nur 6,5 da, davon ist einer der Schichtführer. Damit kann operativ nur mit maximal 6 Personen geplant werden. In Urlaubszeiten gehen die Zahlen dann weiter zurück, zwischenzeitlich kann die Anzahl auch höher sein. Entweder wird das bei der Planung berücksichtigt oder man stellt zum Abfedern des Zusatzbedarfs Leiharbeiter ein. Eine Personalreserve wird nur in Ausnahmefällen vorgehalten. Abhilfe können mitunter Personalpools schaffen, bei denen die Mitarbeiter als Springer eingesetzt werden.
- Es gibt in der Regel keine homogene Verteilung auf der Schicht über die Lebensjahre, oft liegt der Peak zwischen 40 und 50 Jahren. Es wird somit beim Austreten der Kollegen einen Mehrbedarf geben, der möglicherweise aus freien Arbeitsmarkt heraus nicht zu decken ist. Es ist also daher auf eine gleiche Verteilung beim Alter und auf eine vorausschauende Qualifikation der Mitarbeiter zu achten.



8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Ressourceneinsatzplanung (Lagerhaltung):

- In Abhängigkeit von der Nachfrage und der Bestelldynamik der Kunden ist der **Mindestbestand (Sicherheitsbestand, wenn nötig)** im Lager zu ermitteln
- Lagerhaltung bedeutet Kosten
- Vorausgesetzt die Produkte liefern einen positiven Deckungsbeitrag und werden tatsächlich vom Kunden abgenommen, dann ist die Optimierungsaufgabe die nach dem Minimum der Kosten aus Produktumstellung und Lagerkosten



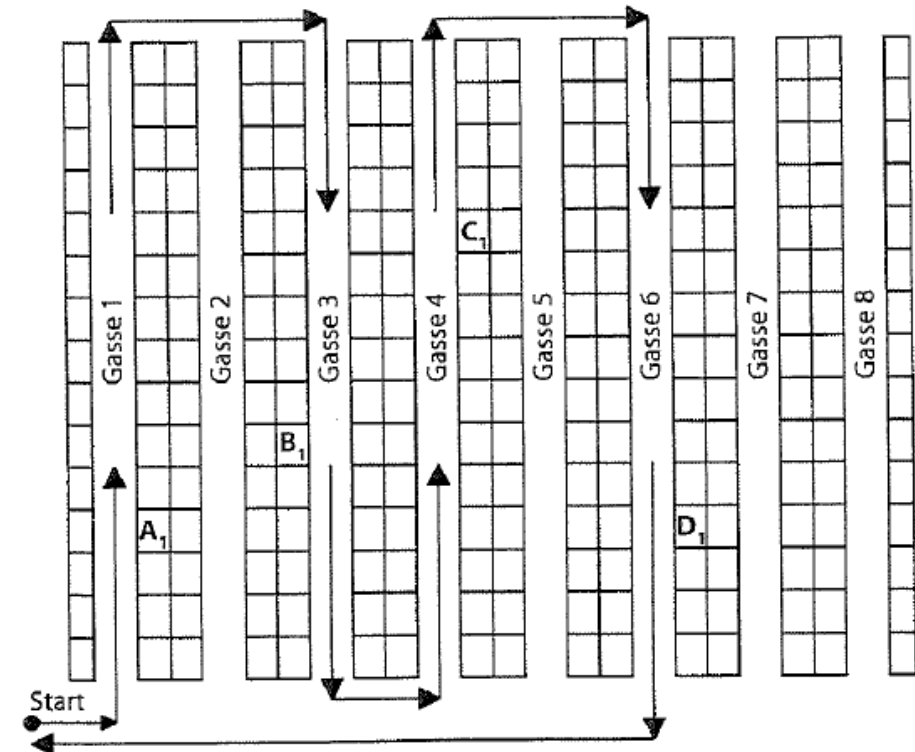
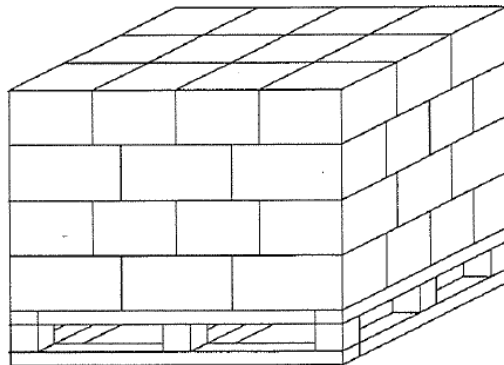
$$K = \sum \text{Lagerkosten} + \sum \text{Kosten für Produktumstellung}$$

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Ressourceneinsatzplanung (Lagerhaltung):

- Lagerbetriebe brauchen eine Genehmigung zum Lagern von bestimmten Substanzen
- Wichtig ist die Frage nach dem tatsächlichen Platzbedarf
 - Auf Paletten
 - In Regallagern
 - In Hochregallagern (3D)
 - Auf LKW
- Wichtig ist die Frage nach dem tatsächlichen Platzbedarf und dem darauffolgenden Minimum der Kosten

$$K = \sum \text{Lagerkosten}$$



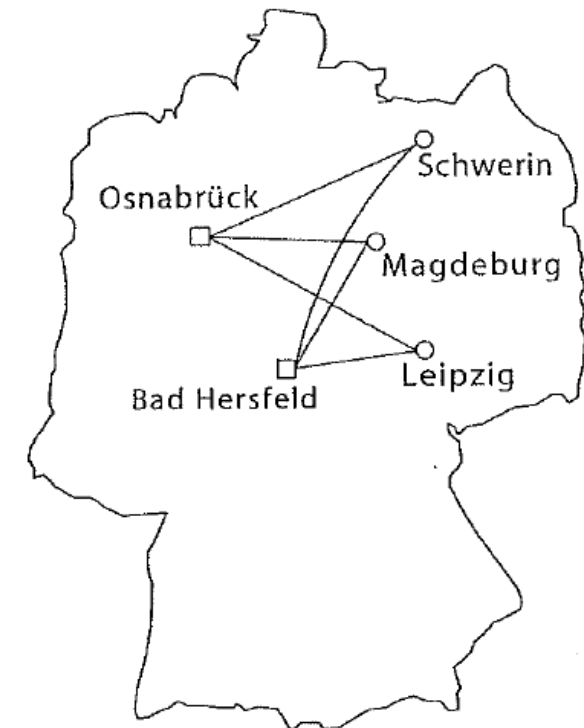
8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Transport:

- Transport auf der Schiene
- Transport im LKW
- Transport auf dem Schiff
- Transport mit dem Flugzeug
- Zwischenlagerung in Häfen und sonstigen Umladestellen sowie am Zoll
- Es besteht die Aufgabe, die Kosten K zu minimieren
(i =Anzahl der Produktionsstätten, j =Anzahl Abnehmerzentren)

$$K = \sum_i \sum_j \text{Transportkosten} \times \text{Transportmenge}$$

- Teilweise führt das zu komplexen Optimierungsaufgaben, bei denen die optimale Tour gewählt werden muss
- Leerfahrten sind dabei zu vermeiden



8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Produktionssteuerung nach dem Push-Prinzip

- Bekannte Kunden-Lieferantenbeziehung
- Neue Produkte, die scharf umworben werden
- Verkaufsförderung im Handel

Produktionssteuerung nach dem Pull-Prinzip

- Ausrichten der Produktion an die Nachfrage
- Nötig ist ein Bekanntheitsgrad, ein bestimmtes Image
- Marketingmaßnahmen spielen im medialen Vorverkauf eine Rolle
- Oft machen das große Unternehmen, die viel in Branding investieren und so die Nachfrage ankurbeln, es entsteht ein Sog im Vertriebssystem

Das „Pull-Prinzip“ ist zunächst mal günstig, da der Markt schon existiert;
im Falle des „Push-Prinzips“ ist dieser erst einmal zu schaffen.

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

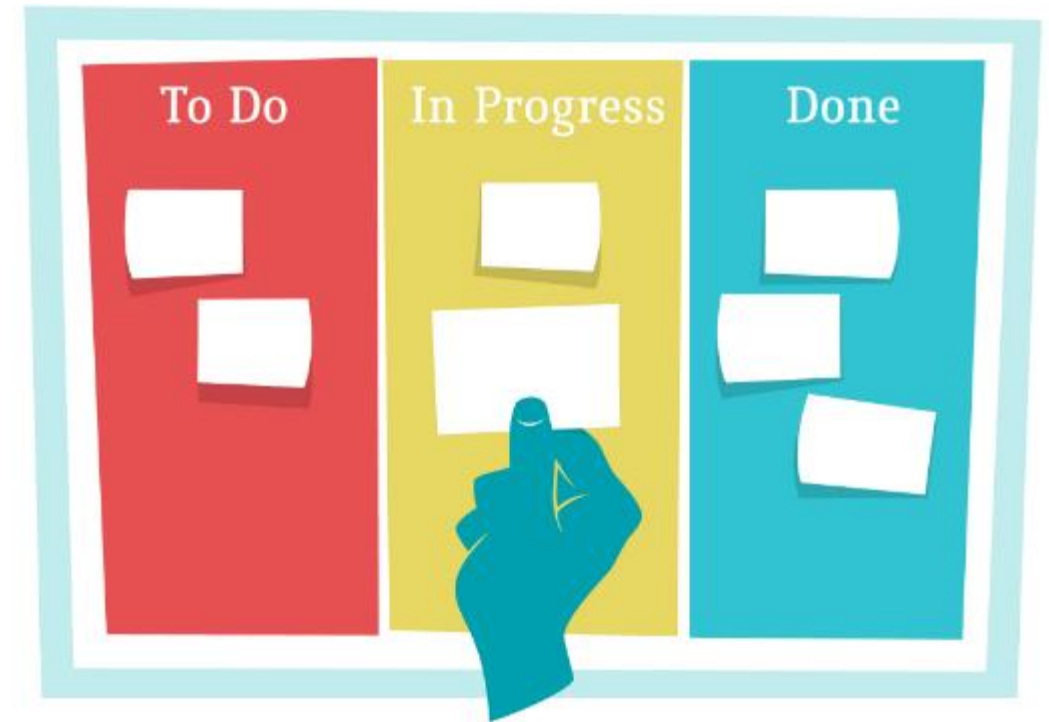
Kanban (jp.: Karte, Tafel) ist eine Methode zur Prozesssteuerung, z. B. im Lager

- Die Anfänge des Kanban gehen in die fünfziger Jahre des letzten Jahrhunderts zurück
- Beschränkte Lagerkapazitäten und Kapitalmangel führten zu Überlegungen, die Lagerbestände zu minimieren und den Materialfluss zu optimieren
- Kanban kann in der Supply Chain (z. B. Rohstofflagerung) eingesetzt werden, aber auch in der Ersatzteilhaltung

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Produktionsplanung, Supply Chain und Lagerhaltung

Kanban (jp.: Karte, Tafel) ist eine Methode zur Prozesssteuerung, z. B. im Lager

- Auftrag kommt
- Material wird entnommen
- Ist der Lagerbestand am Minimum, wird eine Bestellung oder ein Produktionsauftrag ausgelöst



8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Innovation Management, Forschung und Entwicklung

- Forschungsbereiche entwickeln neue Produkte bzw. Synthesen
- Im Fokus steht zunächst (oft) die eigentliche technische Machbarkeit
- Frühzeitige Kostenschätzungen sind daher zwingend nötig, ebenso wie der Kontakt zu der Einheit, die später produzieren soll
- Risikobetrachtungen sind unerlässlich ([HAZOP für Sicherheit](#), ggf. [FMEA für Produkte](#), Risikobetrachtung für Unit Operations bezüglich Prozess); diese müssen frühzeitig, wenn möglich abteilungsübergreifend im Team gemacht werden, damit nichts übersehen wird; regelmäßige Meetings sind nötig, Inhalte sollten dokumentiert werden
- Scale-up Regeln müssen befolgt werden
- Es folgt eine Produktübergabe:
 - Zusammenfassung der Sicherheitsbetrachtungen
 - Massen- und ggf. Energiebilanzen
 - Abwasser- und Abgas-zusammensetzung
 - Stoffdatenprotokoll
 - Lager- und Transport-bedingungen

Kriterium / Porzessschritt/Unit Operation	Beispiele für Herausforderungen/Auswirkungen	Bewertung			Kommentar
		niedrig	mittel	hoch	
Prozesssicherheit	Stoffeigenschaften nicht bekannt aber potentiell kritisch (z.B. Nitroaromaten). Daten (DSC, RC1, Wärmestau müssen umfänglich erhoben werden)				
Rohstoffhandhabung	Spezialequipment, Vorportionierung, Containment Anforderungen.				
Reaktionszeit, Umsatz	Lange Reaktionszeiten, Geringer Umsatz				
Reaktionsbedingungen	Unbekannte Reaktionsbedingungen Tieftemperatur, Hochdruck, Temperaturwechsel, Druckwechsel, lange Dosierzeiten				
Phasentrennung	Lange Entmischungszeiten, Verschleppung von Verunreinigungen/Mulm, Farbeindruck				
Kristallisation/Fällung	Reproduzierbare Bedingungen um gewünschte Kristallform/reinheit zu erreichen Hemmung der Kristallisation durch Verunreinigung, LöMi-Gemische				
Fest-Flüssig Trennung	Lange Filtrationszeite, schlechte Waschbarkeit, Agglomeratbildung, Zersetzung				
Trocknung	Lange Trocknungszeit, Agglomeratbildung, Zersetzung				

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Innovation Management, Forschung und Entwicklung

Scaleup Regeln (Labor ins Kilolabor, Kilolabor ins Technikum, Technikum in die Produktion)

Was muss gegeben sein?

- 1) Geometrische Ähnlichkeit
- 2) Hydrodynamische Ähnlichkeit
- 3) Thermodynamische Ähnlichkeit

Zu 1)

- Verhältnis Rührerdurchmesser zu Behälterdurchmesser
- Behälterdurchmesser zu Höhe (Thema Füllgrad)
- Beim Strömungsrohr Verhältnis Durchmesser zu Länge

Zu 2)

- Energieeintrag pro Volumenelement
- Maximale Geschwindigkeit an den Rotorenden (wichtig z. B. bei Kristallisation oder scherempfindlichen Produkten)
- Grad der Turbulenz (Reynolds-Zahl; habe ich Durchmischung oder fährt alles nur Karussell)

Zu 3)

- Temperaturprofile beim Heizen/Kühlen (Leistung Kühlaggregat ist endlich); Es müssen im Labor die Temperaturprofile verwendet werden, die die Produktion erreichen kann; wenn man im Labor „Gas“ gibt wird man das nie in der Produktion realisieren können (auch bei Kühlungskristallisation ist das ganz wichtig; mit der Temperatur sollte man das an der Sättigungslinie fahren um ein kontrolliertes Kristallwachstum zu haben)
- Wärmeübergangskoeffizienten für den Energiefluss durch die Wand sind zu beachten, auch stets im Zusammenhang mit den Viskositäten
- Dosierzeiten und Einmischzeiten (Reaktionsgeschwindigkeit ist stark abhängig von der Temperatur und der Konzentration, ebenso von der Viskosität)
- Rohstoffqualität (leider gibt es immer wieder Fälle, bei denen im Labor oder im Kilolabor mit anderen Rohstoffen gearbeitet wurde); auch wenn das Analysenzertifikat passt können Spuren (auch unterhalb der Nachweisgrenze) zu Nebenreaktionen führen, daher ist bei Wechsel des Rohstoffs ein Laborversuch ratsam.
- Bei Gasphasenreaktionen ist Molzahl im Gasraum (Druck) und auch die Durchmischung/Begasung zu beachten

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Qualitätsmanagement

- In der Qualitätskontrolle müssen robuste Methoden entwickelt werden mit denen die Produktqualität gemessen und überwacht wird
- Bei der Produktion unter GMP (z. B. Pharma) sind die Anforderungen höher, diese Methoden müssen validiert werden; Zwischenprodukte und Produkte müssen verstärkt auf Lagerstabilität überprüft werden; jegliche Abweichung muss nachverfolgt werden, dazu gibt es neben der Qualitätskontrolle (QC) auch noch eine Qualitätssicherung (QA)
- Routineanalysen können oftmals auch Online durchgeführt werden; z. B. gibt es NIR Verfahren, Wasserbestimmung, Leitfähigkeitsmessung, Messung des Brechungsindex, der Trübung oder der Dichte

Da die Entwicklung der Methoden Zeit benötigt, ist diesem Punkt möglichst frühzeitig Bedeutung beizumessen, um hierdurch keine unnötigen Verzögerungen in der Produktion zu provozieren (bei Neusynthesen besondere Bedeutung, QC und QA sollten in die regelmäßigen Meetings eingebunden werden).

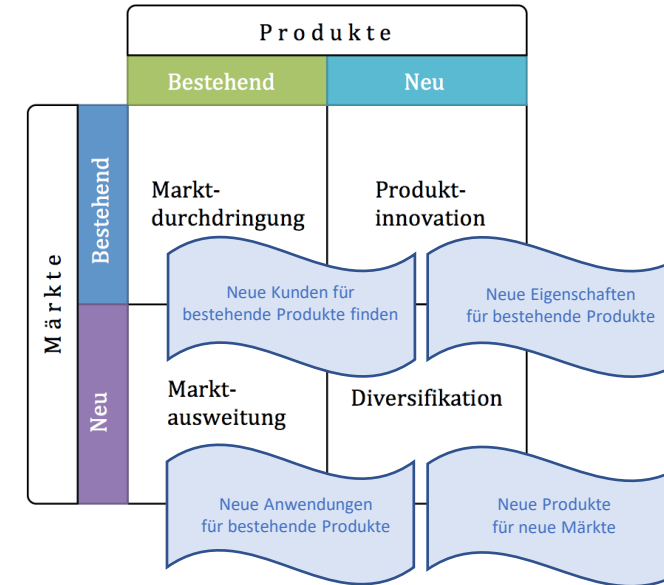
8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Marketing und Sales



Portfolio-Analyse:

Bei 4 Feldern lassen sich daraus folgende Handlungsempfehlungen ableiten:

- **Stars:** stark wachsende Märkte, in denen das Unternehmen einen hohen Marktanteil hat. Die Märkte sind profitabel und rechtfertigen Investitionen.
- **Question Marks:** stark wachsende Märkte, in denen ein Anbieter nur wenig präsent ist. Frage nach einem größeren Marktanteil ist auch Frage nach Investitionen.
- **Cash Cows:** gering wachsende Märkte, aber hoher Marktanteil. Rendite aus den Cash Cows sollte in die Star- und Question Mark Märkte investiert werden.
- **Poor Dogs:** gering wachsender Markt (oder gar rückläufig) mit geringem Marktanteil. Der Anbieter sollte sich aus diesem Geschäft zurückziehen.

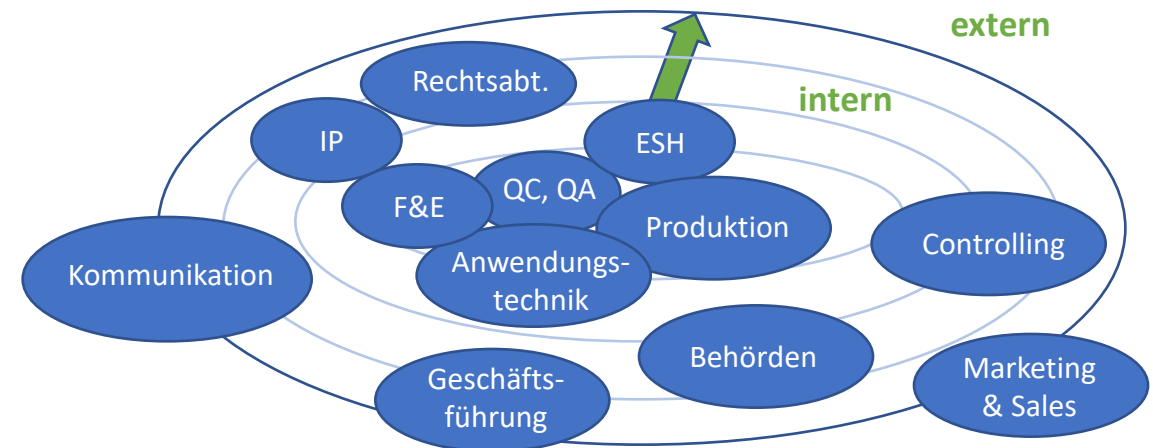


Ansoff Matrix:

Ist ein Management-Instrument, mit dem Markt- und Produktentwicklung zueinander in ein Verhältnis gesetzt werden. Die von Harry Igor Ansoff entwickelte Matrix wird daher auch als Produkt-Markt-Matrix bezeichnet. Insbesondere für Unternehmen, die eine Wachstumsstrategie verfolgen wollen, liefert die Ansoff Matrix wichtige Entscheidungshilfen und Impulse.

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Marketing und Sales

- Der Bereich M&S ist extrem wichtig für bestehendes und neues Geschäft
- In der Regel sind die Kollegen der Abteilung und die Kollegen vor Ort bei den Kunden weit weg von den täglichen Aufgabenstellungen in der Technik
- Es ist daher sinnvoll, einen möglichst direkten Kontakt in diese Abteilungen zu pflegen, das Team oder Vertreter einzuladen, die Prozesse zu erklären, Gelungenes zu „verkaufen“ und auch über ungelöste Themen zu sprechen

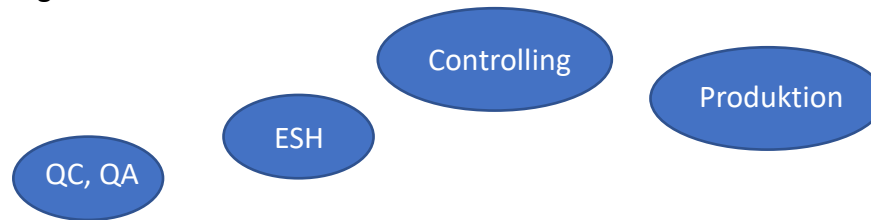


Vorschlag zur Entfernung der
Abteilungen und Bereiche von der
Herstellung der Produkte
im Unternehmen

8 Schnittstellen zu anderen Bereichen – Zusammenspiel der Abteilungen und Schwerpunkte

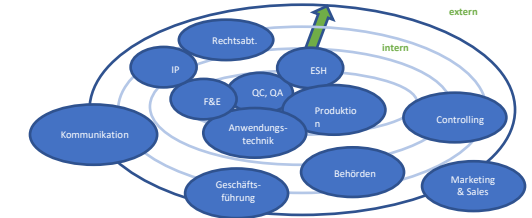
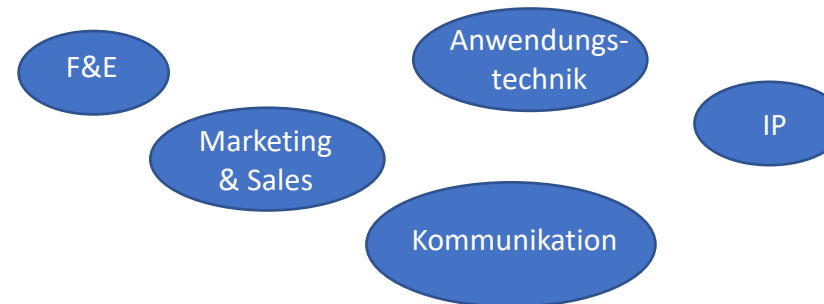
■ Geschäftsbereiche „Marktanteile verteidigen“: **Schwerpunkt im Prozess**

- Kosten senken, Skaleneffekte nutzen
- Prozesse weiter optimieren
- Günstige Standorte wählen



■ Geschäftsbereiche „Wachstum“: **Schwerpunkt im Markt**

- Maßgeschneiderte Lösungen
- Kurze Zeiten für Time-to-Market
- Serviceangebote an Kunden erhöhen



8 Schnittstellen zu anderen Bereichen: Lernkontrolle

1. Welche Ziele hat das Supply Chain Management?
2. Was ist bei der Personaleinsatzplanung zu beachten? Welche Funktionsbereiche müssen bei einer Änderung des zur Verfügung stehenden Personals informiert werden?
3. Wie kann man aus Kosten für Lagerhaltung und Anzahl der Produktumstellungen auf einer Produktionsstraße zu einer optimalen Kampagnenlänge kommen?
4. Wie funktioniert das Kanban-System?
5. Nennen Sie wichtige Punkte bei der Übertragung einer Synthese von Labor in die Produktion?
6. Warum ist es wichtig, dass das Qualitätsmanagement bei Änderungen in der Produktion mit eingebunden wird?

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 **Wartung und Instandhaltung**
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

9 Wartung und Instandhaltung – Überblick

In dem Kapitel werden wichtige Aspekte der Instandhaltung besprochen:

- Kostenblock Wartung und Instandhaltung
- Instandhaltungsstrategien
- Optimierung der Umrüstung (bei Multipurpose-Anlagen)
- ABC-Analyse
- Priorisieren von Reparaturaufträgen
- Rohrleitungen und deren Beschriftung (Sicherheitsaspekt)
- Wartung: Sicherheitsmaßnahmen
- Anlagendokumentation

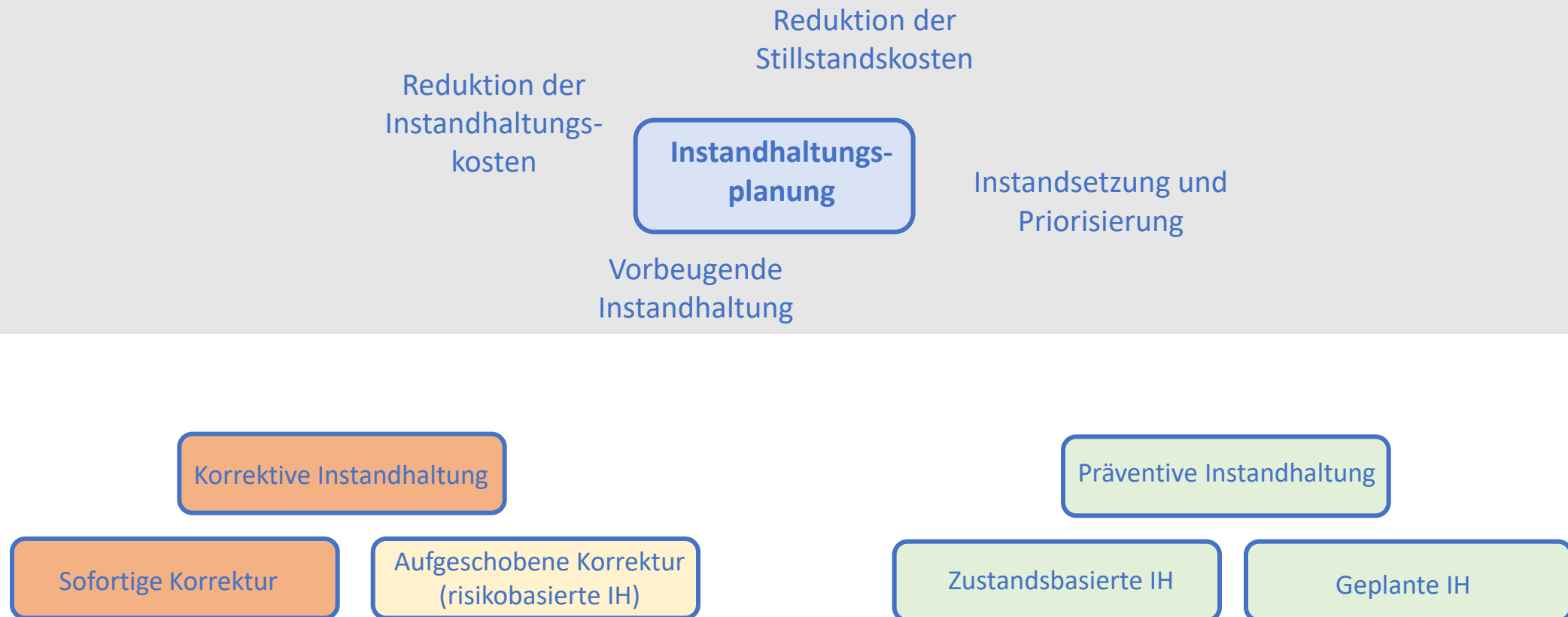
9 Wartung und Instandhaltung – Warum Kosten optimieren?

Kostenkategorie	YTD 2019
Personalaufwand	10000000
Abschreibungen, Miete, Leasing	4000000
Gesamtleistung Technik	7000000
Energie	2000000
Materialverbrauch	700000
Logistik, Infrastruktur, Umwelt	5000000
Dienstleistungen	3000000
übrige sonstige Gemeinkosten	300000
	32000000

Beispiel der Gesamtkosten einer Anlage:

- Kostentreiber sind i. d. R. Personal und Technik
- Es wird für das Folgejahr ein Budget festgelegt, z. B. Vorjahr plus 3 %
- Abweichungen in den einzelnen Kategorien müssen in der Regel erklärt und Kosten möglichst gesenkt werden
- Hier aufsummierte Kosten sind häufig auch auf Handwerker- und Ingenieurleistungen außerhalb der eigenen Betriebsorganisation zurückzuführen; regelmäßiges gemeinsames Prüfen und eine Vereinbarung eines Leistungskatalogs sind mitunter hilfreich

9 Wartung und Instandhaltung – Instandhaltungsstrategien



9 Wartung und Instandhaltung – Optimierung der Instandhaltung und ihrer Kosten

Strategie: Vollkontinuierliche Produktion

- Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit
- Senkung der Lagerkosten

Strategie: Batch-Produktion

- Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit
- Reduktion der Umrüstzeiten
- Senkung der Lagerkosten

Das Ziel muss sein (egal, ob Vollausslastung oder nicht), die Kosten der Instandhaltung zu senken, z. B. über autonome Instandhaltung, Reduzierung der Lagerhaltung, Erhöhung der Effizienz bei der Bearbeitung der Aufträge und damit der Reduzierung der anfallenden Reparaturstunden.

9 Wartung und Instandhaltung – Instandhaltungsstrategien

Ergebnisse einer Analyse im Bereich Instandhaltung können sein:

- Einführen von Redundanzen bei Schlüsselequipment im Lager
- Konzepte zur Beschleunigung der Reparatur kritischer Apparate
- Redundante Ausführung in der Anlage
- Reduktion des Lagerbestandes bei nicht kritischen Teilen
- ...
- ...

9 Wartung und Instandhaltung – Entscheidung über Maßnahmen

$$k_E\text{-Wert [\%]} = \frac{\text{OpEx (hier: IH Budget) + CapEx-Anteil Ersatz/Erhalt*}}{\text{Wiederbeschaffungswert}} \times 100 \%$$

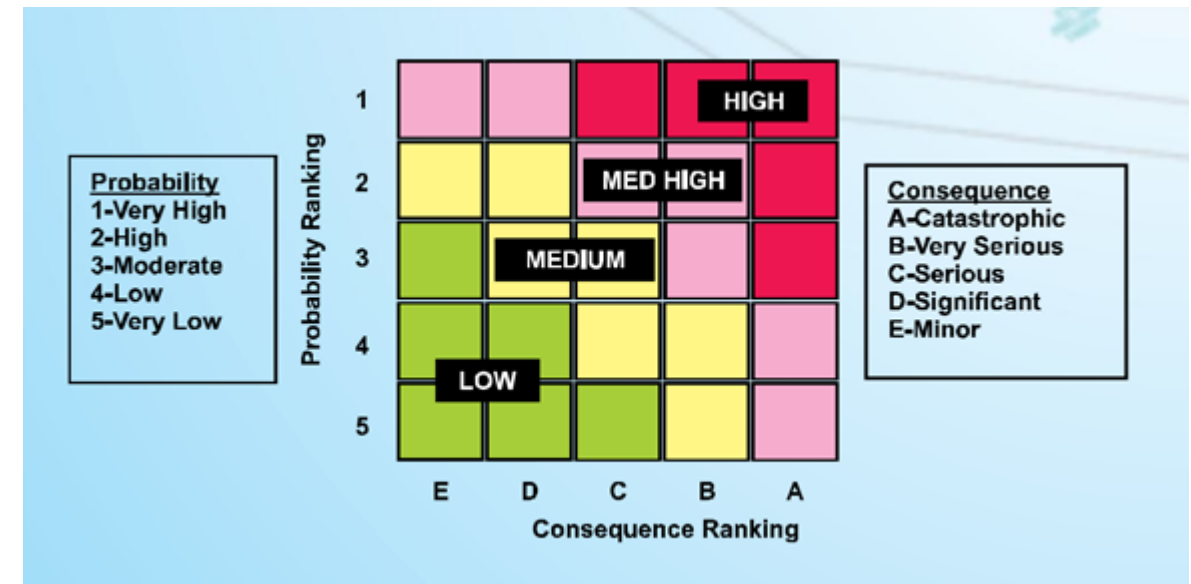
- Anhängig von Komplexität und z. B. Korrosivität wird das Zielfenster des k_E -Wertes festgelegt
- Der tatsächliche Wert wird ermittelt; Ziel ist, möglichst darunter zu bleiben
- Neben geringen Kosten der IH soll die Anlagenverfügbarkeit hoch gehalten werden; i. d. R. wird hier jedoch bei einer Auslastung > 80 % Aufwand hineingesteckt, da die Produktion sonst die Ausfälle wieder aufholen kann
- Der Wert kann im Bereich von 1,5 (einfache Anlagen) bis 3 (komplexe Anlagen, hoch korrosiv) liegen

* (ca. 0,5 % Wiederbeschaffungswert)

9 Wartung und Instandhaltung – Optimierung der Instandhaltung und ihrer Kosten

Was für Unterlagen müssen seitens Anlage (Betriebsingenieur) zur Verfügung gestellt werden?

- Die technischen Plätze aus SAP (Tabelle mit jedem Equipment)
- RI-Fließbilder in aktuellem Zustand (z. B. Master, in denen auch die aktuellsten Änderungen erfasst sind)
- Aktuell gelebte Prozedur beim Priorisieren und Abarbeiten der Reparaturaufträge
- Ausfälle und Ausfallzeiten der Equipments in den letzten Jahren (z. B. zwei komplette Vorjahre)
- Deckungsbeiträge der Produkte (Produktmix)



9 Wartung und Instandhaltung – Optimierung der Instandhaltung und ihrer Kosten

ABC-Analyse

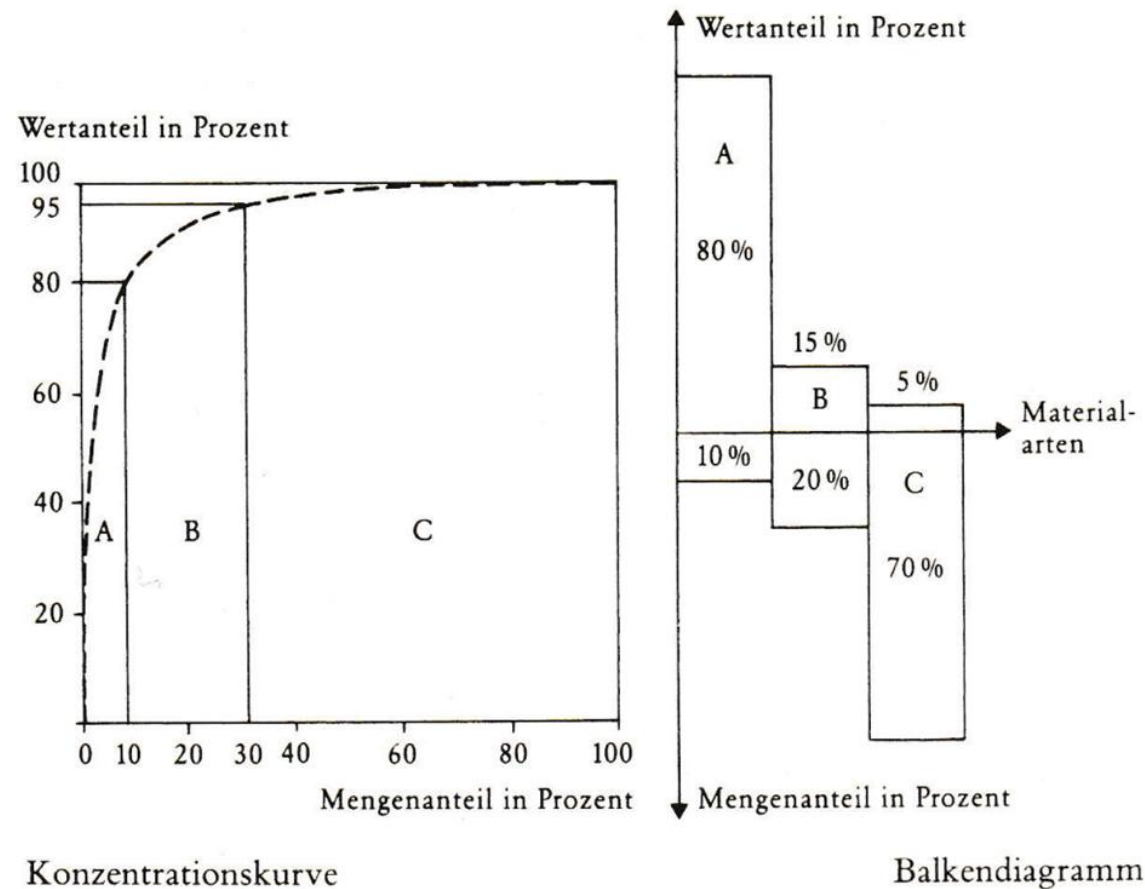
- Die ABC-Analyse stellt eine Methode der Klassifizierung von Materialien bezüglich Wert und Menge dar
- 1951 zum 1. Mal von General Electric (GE) beschrieben – in Anlehnung an die Theorie von Vilfredo Pareto (mit 20% Einsatz werden 80 % Ergebnis erreicht)
- Pareto beobachtete zunächst, dass in Italien 80 % des Besitzes 20 % der Bevölkerung gehörte
- Die 80-20-Regel geht auf die Theorie zurück, ist aber natürlich nicht immer übertragbar, so können auch 80 % Ergebnis von z. B. 13 % Aufwand erreicht werden

Anwendung

- Die ABC-Analyse kann beim Thema Lagerhaltung verwendet werden und hat einen Einfluss auf die Entscheidung „make to order“ oder „make to stock“, vgl. Thema Kapitel 8
- Hier liegt der Fokus auf der Instandhaltungsstrategie und es wird betrachtet, welche Werte im Lager liegen
- Ziel ist, eine Reduzierung der Lagerbestände mit Fokus auf Werthaltigkeit

9 Wartung und Instandhaltung – Optimierung der Instandhaltung und ihrer Kosten

ABC-Analyse



Einteilung in A, B, C:

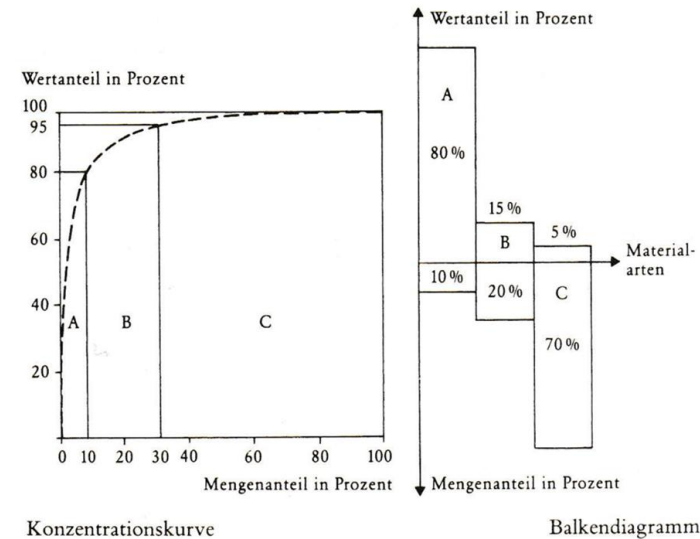
- A-Güter haben einen hohen Wert und Umsatzanteil und einen geringen Mengenanteil
- B-Güter (Materialien zwischen A- und C-Gütern)
- C-Güter haben einen niedrigen Wert und Umsatzanteil, jedoch einen hohen Mengenanteil
- Bei der Einteilung handelt es sich um Beispielwerte, die im Einzelfall über sinnvolle Kriterien festgelegt werden sollten

9 Wartung und Instandhaltung – Optimierung der Instandhaltung und ihrer Kosten

ABC-Analyse

Maßnahmen:

- Bei A-Gütern sollte der Bestand gering gehalten werden (Sicherheitsbestand), jedoch sollten keine Produktionsausfälle durch Lieferzeiten in Kauf genommen werden (Ermittlung Ausfallhäufigkeit und -dauer)
- Regelmäßige Inventuren



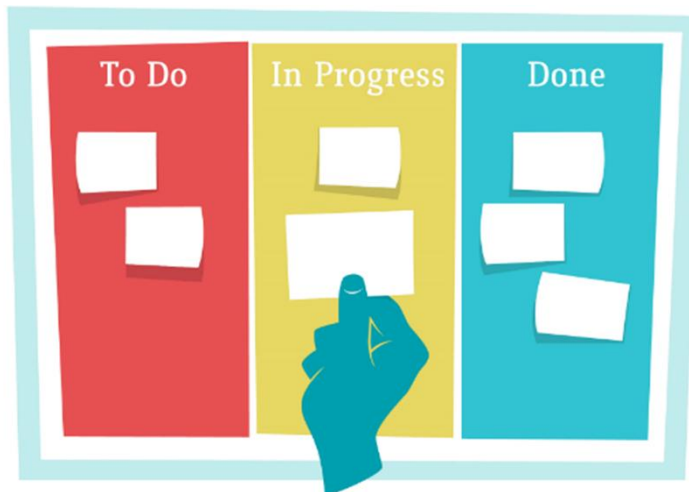
Material	Bedarf pro Jahr	Kosten pro Stück	Beitrag zu Gesamtkosten	Relativer Anteil Kosten	Relativer Anteil Menge	Klassifizierung
Pumpe	8	10.000 €	80.000 €	6 %	1 %	A
Dichtung	360	2,50 €	900 €	0,06 %	45 %	C
...						
Summe	800		1.500.000 €	100 %	100 %	

9 Wartung und Instandhaltung – Ermittlung der kritischen Aggregate und deren Lagerhaltung

Wartung und Instandhaltung (Ziel: Kostenreduktion)

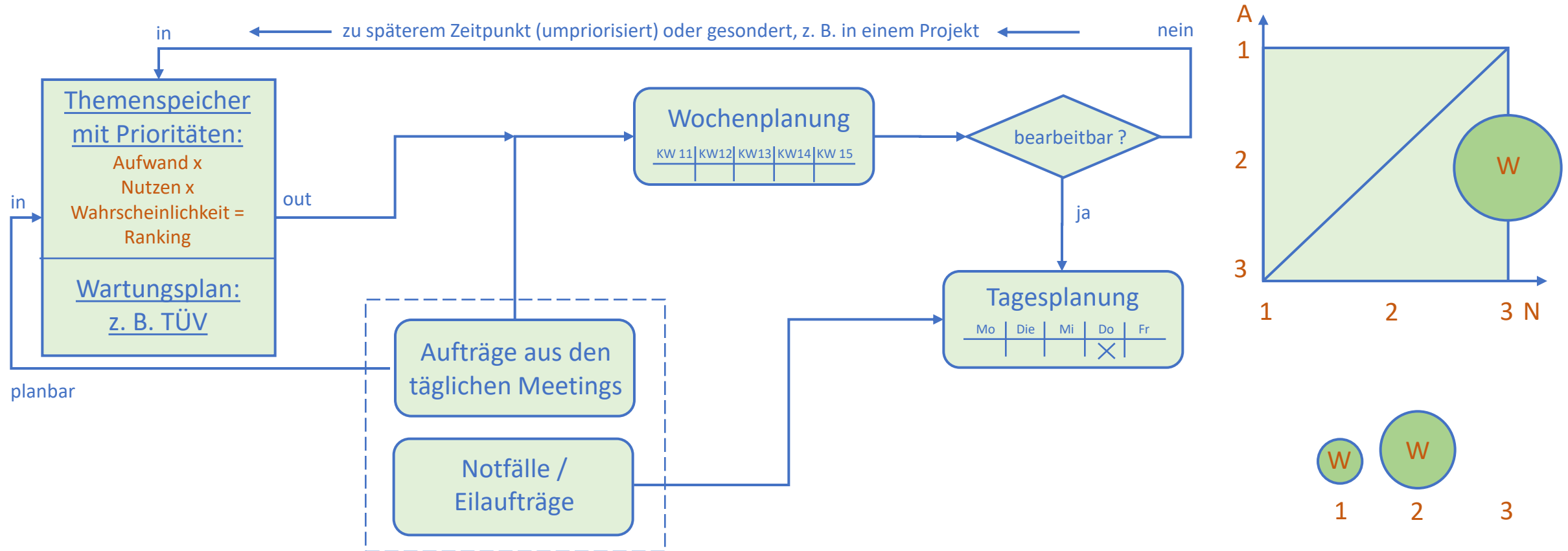
Kanban (jp.: Karte, Tafel) ist eine Methode zur Prozesssteuerung, z. B. im Lager

- Auftrag kommt
- Material wird entnommen
- Ist der Lagerbestand am Minimum, wird eine Bestellung oder ein Produktionsauftrag ausgelöst



Schlüsselaggregat	Was kann ausfallen?	Häufigkeit in den letzten 3 Jahren?	aktuelle Ausfallwahrscheinlichkeit	Produktionsabweichung in Tagen bei Ausfall	Lagerbestand min.	Aktionen
1 Filtro	Rührer	3				
	Gleitringdichtung	3				
	Antrieb	3				
	Heiz-u. Kühlkreislauf	0				
	Filterplatte	1				
2 Kristaller	Rührer	2				
	Bodenventil	0				
	Stromstörer	2				
	Gleitringdichtung	0				
	Heiz-u. Kühlkreislauf	0				
3 Zentrifuge	Austragsklappe	1				
	Druckminderer	0				
	Durchflussmesser	10				
	Labyrinthdichtung	0				
	FU	0				
4 Soleanlage	Totalausfall		mittel			
5 TAR	Brennkammer		mittel			
	PLS		mittel			
6 Frequenzumrichter						
7 Glaskühler	Bruch					prüfen, ob wir möglichst einen Typ lagerhaltig haben können
8 Gasflaschenschränk	Druckminderer		mittel			auf Lager legen
9 Warmwasserkreislauf	Pumpe		niedrig			auf Lager legen
	Wärmetauscher		niedrig			auf Lager legen
10 Vakuumpumpe			niedrig			auf Lager legen

9 Wartung und Instandhaltung – Priorisierung und Abarbeitung der Reparaturaufträge



- Die Abarbeitung erfolgt oftmals über ein elektronisches Reparaturbuch / teilweise auch noch manuell
- Wertschöpfende und nicht wertschöpfende Aufgaben sollten klar getrennt werden
- Existieren Serviceeinheiten in den Firmen werden die Arbeitsaufträge an die dortigen Spezialisten über entsprechende Koordination verteilt
- Für Eilaufträge gibt es Notdienste (es ist zu beachten, dass Eilaufschläge berechnet werden) → nur Eilaufträge einstellen, wenn dies wirklich nötig ist
- Als Nutzen (Verkürzung der Stillstandszeiten) kann der Deckungsbeitrag (Produktmix der jeweiligen Straße) verwendet werden

9 Wartung und Instandhaltung – Priorisierung von Optimierungsmaßnahmen, ein Vorschlag

Warum:

Warum wird das Thema bearbeitet?

Was passiert, wenn es nicht bearbeitet wird?

Einsparung/Potential:

Erklärung (Business Case und Annahmen):

Grobe Schätzung bzw. Angabe des Risikos wenn das Projekt nicht gestartet wird:

CapEx:

Mit / ohne / grobe Schätzung

Herausforderungen/Risiken:

Technisch:

Ressourcen:

Organisatorisch:

Umsetzungsvorschlag:

1)...

2)...

3)...

Empfehlung:

Nutzen hoch (3), Aufwand mittel (2), Wahrscheinlichkeit hoch (3): → multiplizieren
18 von 27 Punkten; Empfehlung: Projekt starten

FTE benötigt:

total, rückwärtsgerichtet, vorwärtsgerichtet

Zeitachse:

Anfang und Ende oder beginnend mit dem Umsetzungsdatum rückwärts gerichtet

Nutzen:

Kostensenkung

Anlagenverfügbarkeit

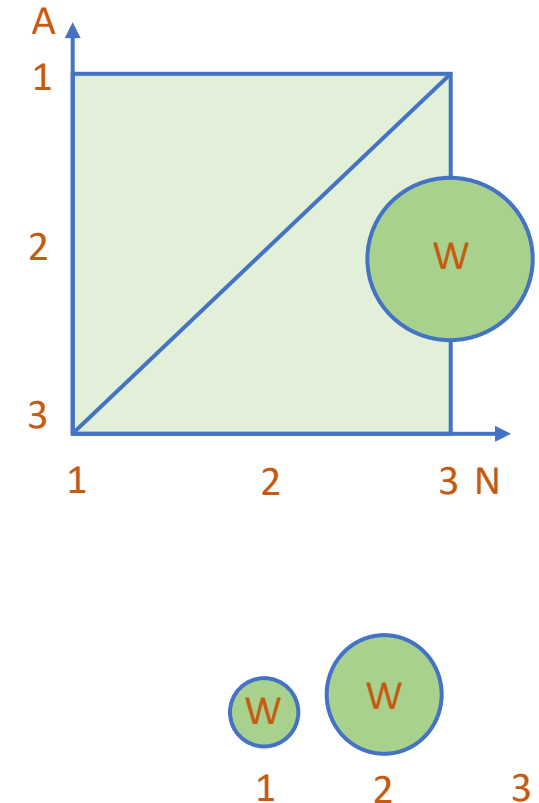
Zeitersparnis Mannschaft

Compliance

Arbeitssicherheit

Sustainability

Optimierung

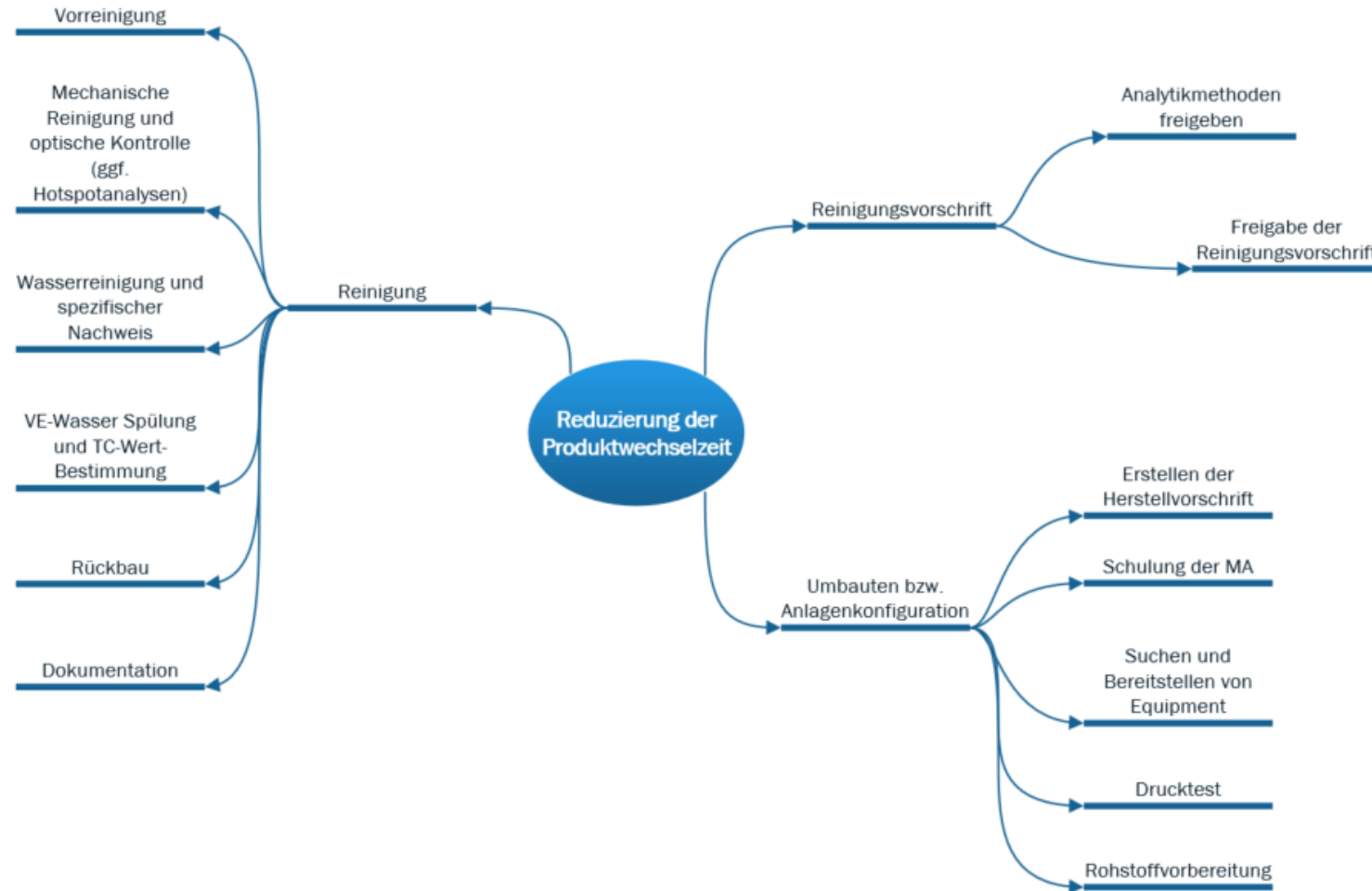
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐


Geprüft:

z. B. Abteilung Produktion und Technik

☐

9 Wartung und Instandhaltung – Reduktion der Umrüstzeiten



- Ermittlung der nötigen Zeit der einzelnen Schritte
- Parallelisieren der Schritte wenn nötig
- Reinigung der ersten Aggregate schon beginnen, während in den letzten noch produziert wird
- Maßnahmen ableiten zum Optimieren der zeitaufwendigen Schritte

9 Wartung und Instandhaltung – Rohrleitungen



BASF-Unglück von 2016 in Ludwigshafen:

Durch einen Schnitt in die falsche Rohrleitung ist hochentzündliches Material ausgetreten, welches sich entzündet hat: 3 Tote, ca. 30 Verletzte

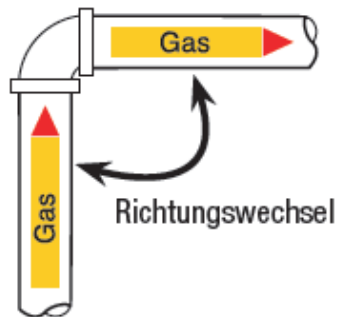
9 Wartung und Instandhaltung – Rohrleitungen

Der Arbeitgeber bzw. der Betriebsleiter, der die Betreiberpflichten hat, ist verpflichtet, die Rohrleitungen nach den Regelwerken zu markieren. Abstand, Größe der Etiketten, Haltbarkeit sind vorgeschrieben.

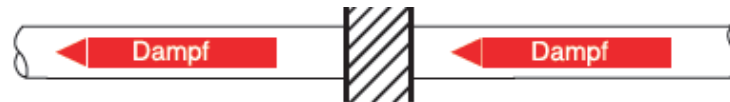
Rohrleitungen sind zum Teil mehrere hundert Meter lang und es muss bekannt sei, welcher Stoff in der Leitung ist.



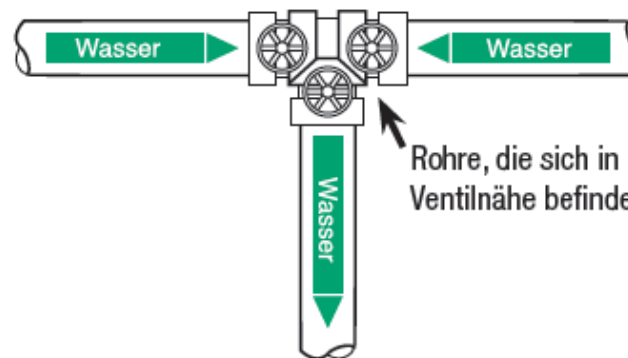
Rohre, die geradlinig verlegt sind -
Markierung in geringen Abständen



Richtungswechsel



Rohre, die durch Wände oder Böden gehen -
auf beiden Seiten markiert



Rohre, die sich in
Ventilnähe befinden



9 Wartung und Instandhaltung – „LOTO“



Das Öffnern der Klammer am Reparaturschalter und damit das Wiederinbetriebnehmen können hier bis zu 6 Gewerke verhindern, z. B.:

- EMSR-Abteilung
- Schlosserabteilung oder Isolierer

Es kann ein Leitgewerk identifiziert werden.



Ein Ventil wird mit Abdeckkappe und Schloss gegen Öffnen gesichert, damit es z. B. nicht zu einem Stoffaustritt kommt (Undichtigkeit im weiteren Leitungsverlauf)

LOTO-System (Logout-tagout) wird verwendet, um Anlageteile nicht während der Wartung wieder in Betrieb zu nehmen (Wartungssicherung); zudem wird es verwendet, um auf „unnormale“ Zustände aufmerksam zu machen, es werden Reparaturaufträge ausgelöst:

- Hinweise auf Mängel jedweder Art
- Schutz vor möglichem Stoffaustritt (Gefahr für Mensch und Umwelt)
- Schutz vor teuren Anlagenschäden (Bsp. Rührkessel)



LOTO-System muss durchgängig gelebt werden:

Aufgabe der Betriebsleitung und des Betriebsingenieurs

9 Wartung und Instandhaltung – Anlagendokumentation

- Im Sinne des sicheren Betriebs der Anlage sind die Genehmigungen einzuhalten. Aus diesem Grunde ist ein sog. Management of Change nötig (MoC), damit Modifikationen der Anlage, Reparaturen und Erweiterungen ordnungsgemäß erfasst werden.
- Über einen Delegationsmechanismus wird die Verantwortlichkeit der Firma letztlich auf den Betriebsleiter übertragen. Dieser kann bestimmte Aufgaben weiter an den Betriebsingenieur delegieren.
- Ist der Betriebsingenieur organisatorisch in einer Technikabteilung und nicht dem Betrieb zugehörig, übernimmt in der Regel der Technikleiter Verantwortlichkeiten.
- Der Betriebsleiter ist aber über Abläufe in Kenntnis zu setzen; er hat letztendlich den sicheren Betrieb zu verantworten.

9 Wartung und Instandhaltung – Anlagendokumentation

Wer kann nun die Verantwortlichkeiten im Detail haben?

Hier bietet es sich auch an, eine RACI-Matrix zu erstellen (vgl. Kapitel 7).

Typ	Bearbeiter	Verantwortlichkeit
Projektunterlagen	Projektmanager	Betriebsleiter/Betriebsingenieur
Auslegungsdaten	Projektleiter/Betriebsingenieur	Betriebsleiter
Konzessionsunterlagen	Projektmanager	Betriebsleiter
Kosten/Investitionsanträge	Betriebsleiter	Betriebsleiter
Schutzmaßnahmen	Betriebsleiter/Projektleiter	Betriebsleiter
Stoffströme	Betriebsleiter	Betriebsleiter
Fließbilder	Projektleiter	Betriebsingenieur
Aufstellungsplan	Projektleiter	Betriebsingenieur
Massen- und Energiebilanzen	Projektleiter	Betriebsleiter
Equipment	Projektleiter/Betriebsingenieur	Betriebsingenieur
Bautechnik	Projektleiter/Betriebsingenieur	Betriebsingenieur
Automatisierungstechnik	Projektleiter/Betriebsingenieur	Betriebsingenieur
Rohrleitungstechnik	Projektleiter/Betriebsingenieur	Betriebsingenieur
Montage	Projektleiter/Betriebsingenieur	Betriebsingenieur
Betriebsanweisungen	Betriebsleiter/Projektleiter	Betriebsleiter
MoC	Betriebsingenieur	Betriebsleiter
...		

9 Wartung und Instandhaltung: Lernkontrolle

1. Was beschreibt der k_E -Wert?
2. Was ist eine Instandhaltungsstrategie?
3. Wie können die Kosten reduziert und die Verfügbarkeit erhöht werden?
4. Wie gehen Sie beim Priorisieren von Reparaturaufträgen vor?
5. Warum ist es nötig, dass es ein Leitgewerk und Reparaturschlösser gibt?
6. Was verstehen Sie unter MoC?

Inhaltsverzeichnis

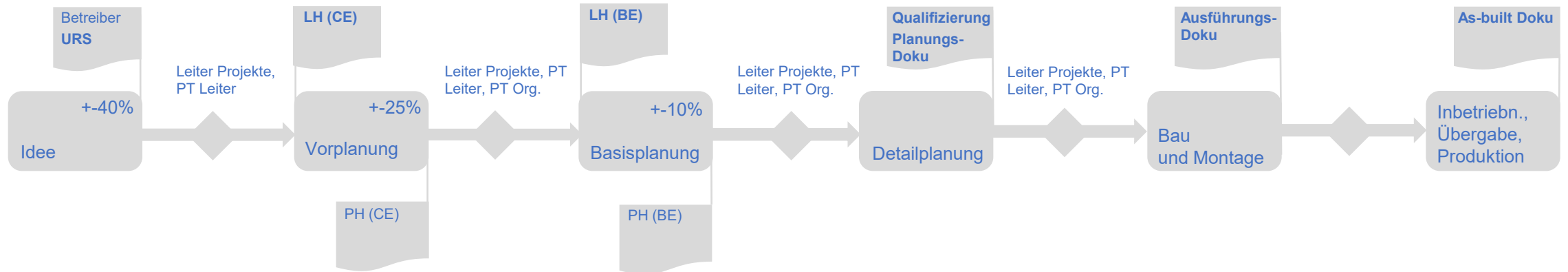
- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

10 Investitionen



Investitionsgelder sind knapp. Eine Überlegung zur Aufteilung in strategische Investition und erhaltende Maßnahmen ist empfehlenswert.

10 Investitionen – Ablauf eines Investitionsprojektes



- Machbarkeit
- Rentabilitätsanalyse
- ggf. Standortfrage
- Projektponsor
- URS

- Organigramm mit Stakeholdern (Stakeholderanalyse) und Steering Committee
- Gewerke festlegen
- QA einbinden, QC wenn nötig
- USG einbinden
- Basis-HAZOP nach Verfahrensfließbild
- Massen- und Energiebilanzen
- Grobdimensionierung der Apparate, Materialauswahl (inkl. Dichtungen etc.)
- Aufstellungsplan
- behördenrelevante Punkte erarbeiten
- Zeitplan, Ressourcenplan, Risikobetrachtung
- Kostenschätzung +-25%

- Bau-Entwurf
- Rohrleitungsplanung
- (E)MSR
- QA, QC
- R&I (Basis), Verfahrensfließbild neu
- HAZOP basis
- Dimensionierung neu
- Update Zeitplan und Ressourcenplan
- Kostenschätzung +-10%

- Bau neu
- Rohrleitungsplanung und -modelle fertig
- (E)MSR fertig
- QA, QC
- R&I (final)
- HAZOP detail
- Dimensionierung fertig

- Bauphase überwachen
- Loopchecks
- Inbetriebnahme vorbereiten
- Schulungen vorb. bzw. durchführen
- Update Zeitplan und Ressourcenplan
- Fertigstellungsmeldung

- Dichtheitsprobe
- Wasserfahrt
-
-
- Abschlussdokumentation

10 Investitionen – Rentabilitätsanalyse: NPV

Vorgehen beim Erstellen der Rentabilitätsanalyse (NPV):

- 1) Festlegen der Zeiträume von Genehmigung bis Fertigstellung und Inbetriebnahme
- 2) Mindestrendite und Kapitalkosten sind i. d. R. festgelegt
- 3) Lagerkosten für die Zwischenlagerung von Rohstoffen und Fertigprodukten werden berücksichtigt
- 4) Energie und weitere Standortkosten werden berücksichtigt
- 5) Kosten für Vor- und Basisplanung in der jeweiligen Periode werden berücksichtigt
- 6) Kosten für die Durchführung inkl. der Apparatelkosten werden in der jeweiligen Periode berücksichtigt
- 7) Nicht kapitalisierbare Kosten (z. B. Öffnen eines Dachs zum Einbringen eines Reaktors) sind in der Periode festzulegen
- 8) Mehrmengen in der jeweiligen Periode sind zu berücksichtigen, ebenso die Verkaufspreise
- 9) Zusätzliche Personalkosten sind zu berücksichtigen
- 10) Abschreibungen sind festzulegen (10 % über 10 Jahre, bei Gebäuden 2 % über 50 Jahre)
- 11) Instandhaltungskosten festlegen, z. B. 3 % vom Invest

➔ Nettobarwert wird errechnet, der NPV soll positiv ($\text{NPV} > 0$) sein

Zusammenarbeit mit dem Controlling und mit M&S ist hier ratsam, ebenso wie eine Sensitivitätsanalyse

$$\text{NPV} = \text{CF}_1 / (1 + r) + \text{CF}_2 / (1 + r)^2 + \dots + \text{CF}_n / (1 + r)^n - C_0$$

NPV: Nettobarwert (net present value)

CF_t : Cash Flows aus dem Projekt in den Jahren 1 bis n (t = Jahre 1 bis n)

r: Kapitalkosten

C_0 : Anfänglich benötigte Investition zur Realisierung des Projekts

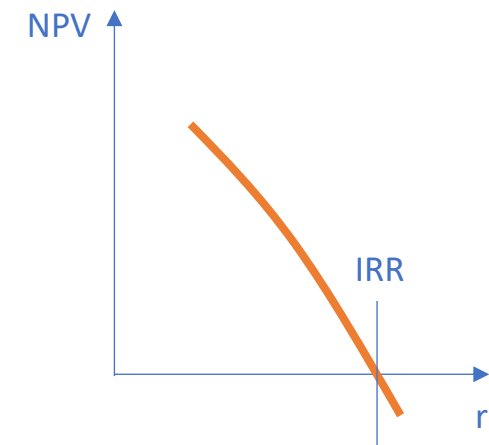
10 Investitionen – Rentabilitätsanalyse: IRR

Vorgehen beim Erstellen der Rentabilitätsanalyse (IRR):

- 1) $r > \text{IRR}$, dann $\text{NPV} < 0 \rightarrow$ Projekt nicht realisieren
- 2) Der interne Zinssatz soll größer sein als der um sich Geld zu leihen, daher wird eine Mindestrendite angegeben, die sog. Hurdle Rate, z. B. WACC
- 3) Excel bietet eine Funktion an: `=IKV(Investition:CF letztes betrachtetes Jahr)`

$$0 = \text{NPV} = CF_1 / (1 + r) + CF_2 / (1 + r)^2 + \dots + CF_n / (1 + r)^n - C_0$$

$$C_0 = CF_1 / (1 + r) + CF_2 / (1 + r)^2 + \dots + CF_n / (1 + r)^n$$



Investition	CF Jahr 1	CF Jahr 2	CF Jahr 3	CF Jahr 4	CF Jahr 5	CF Jahr 6	CF Jahr 7	CF Jahr 8	CF Jahr 9	CF Jahr 10
- 400.000 €	100.000 €	100.000 €	100.000 €	100.000 €	100.000 €	100.000 €	100.000 €	100.000 €	100.000 €	100.000 €

IRR (DCF) = 21 %

IRR: Internal Rate of Return

DCF-Rate: Discounted Cash Flow

WACC: Weighted Average Cost of Capital

NPV: Nettobarwert (net present value)

CF_t : Cash Flows aus dem Projekt in den Jahren 1 bis n (t = Jahre 1 bis n)

r: Kapitalkosten

C_0 : Anfänglich benötigte Investition zur Realisierung des Projekts

10 Investitionen – Kategorien bei Bestandsanlagen

Kurzer Blick zurück auf die möglichen Kategorien bei Bestandsanlagen, vgl. Kapitel 9:

Nutzen:

Kostensenkung

☐

Anlagenverfügbarkeit

☐

Zeitersparnis Mannschaft

☐

Compliance

☐

Arbeitssicherheit

☐

Sustainability

☐

Optimierung

☐

Eine Großzahl der Themen bei Bestandsanlagen dreht sich häufig um das Thema Compliance/Arbeitssicherheit. Die Themen dürfen nicht vernachlässigt werden; ebenso muss aber auch an strategisch wichtigen Themen gearbeitet werden. Daher ist es sinnvoll, eine im Bereich abgestimmte Vorgehensweise und auch eine abgestimmte CapEx-Verwendung zu haben.

10 Investitionen: Lernkontrolle

1. Wie ist das Vorgehen beim Erstellen eines Business Cases.
2. In welcher Projektplanungsphase werden welche Leistungen erbracht?
3. Wie hoch ist die Schätzgenauigkeit für die Investition in den jeweiligen Projektphasen?

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

11 Sicherheitstechnik

In dem Kapitel werden wichtige Aspekte der Sicherheitstechnik besprochen:

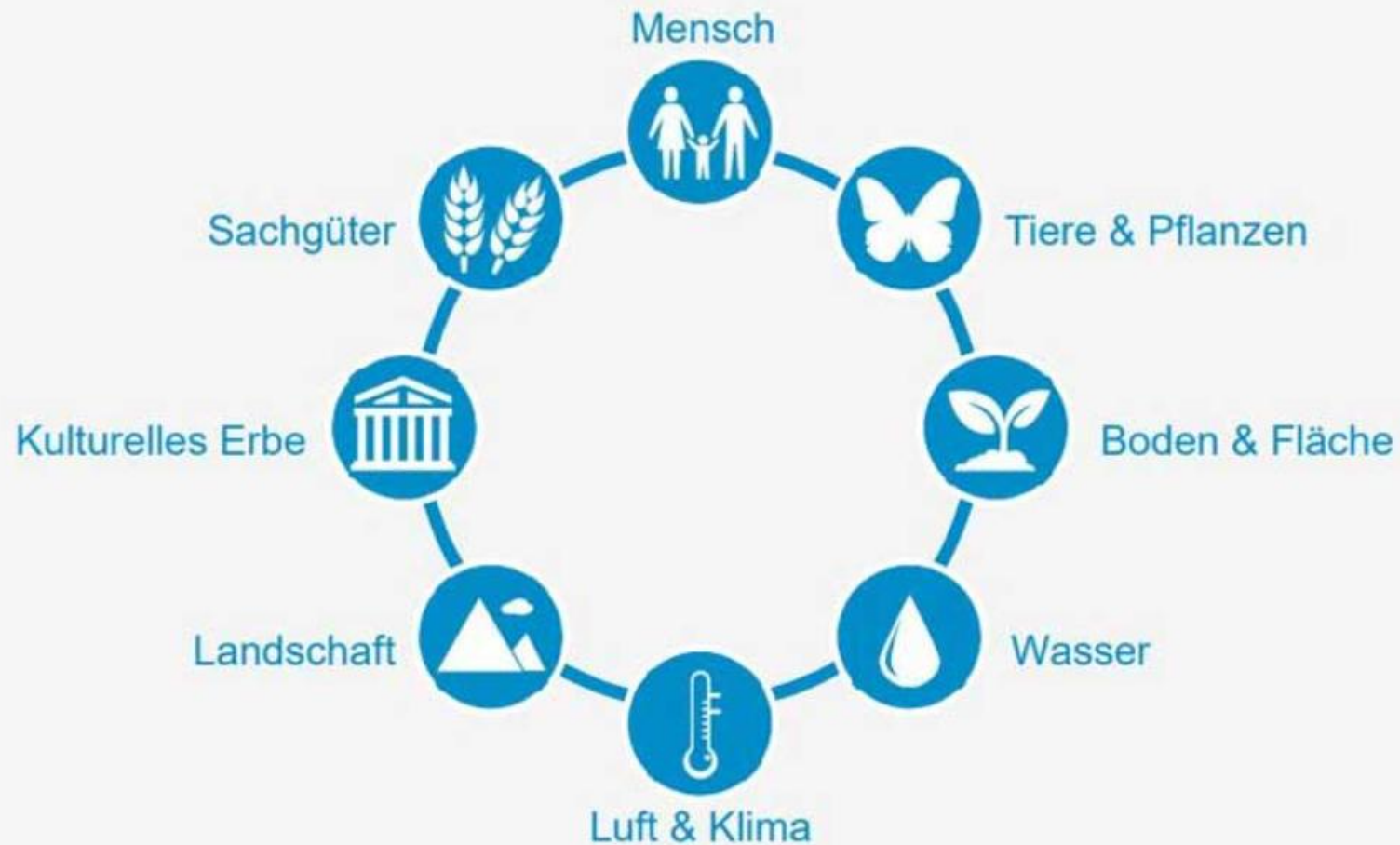
- Schutzgüter
- Einstieg mit der Übergabe eines Verfahrens in die Produktion
- Explosionsschutz
- Ausbreitung von Gasen
- Wärmeabführung
- Sicherheitsbetrachtungen / Gefährdungsanalysen

Für mehr Material, z. B.:

<https://www.youtube.com/watch?v=l-7cWi4V8sQ>



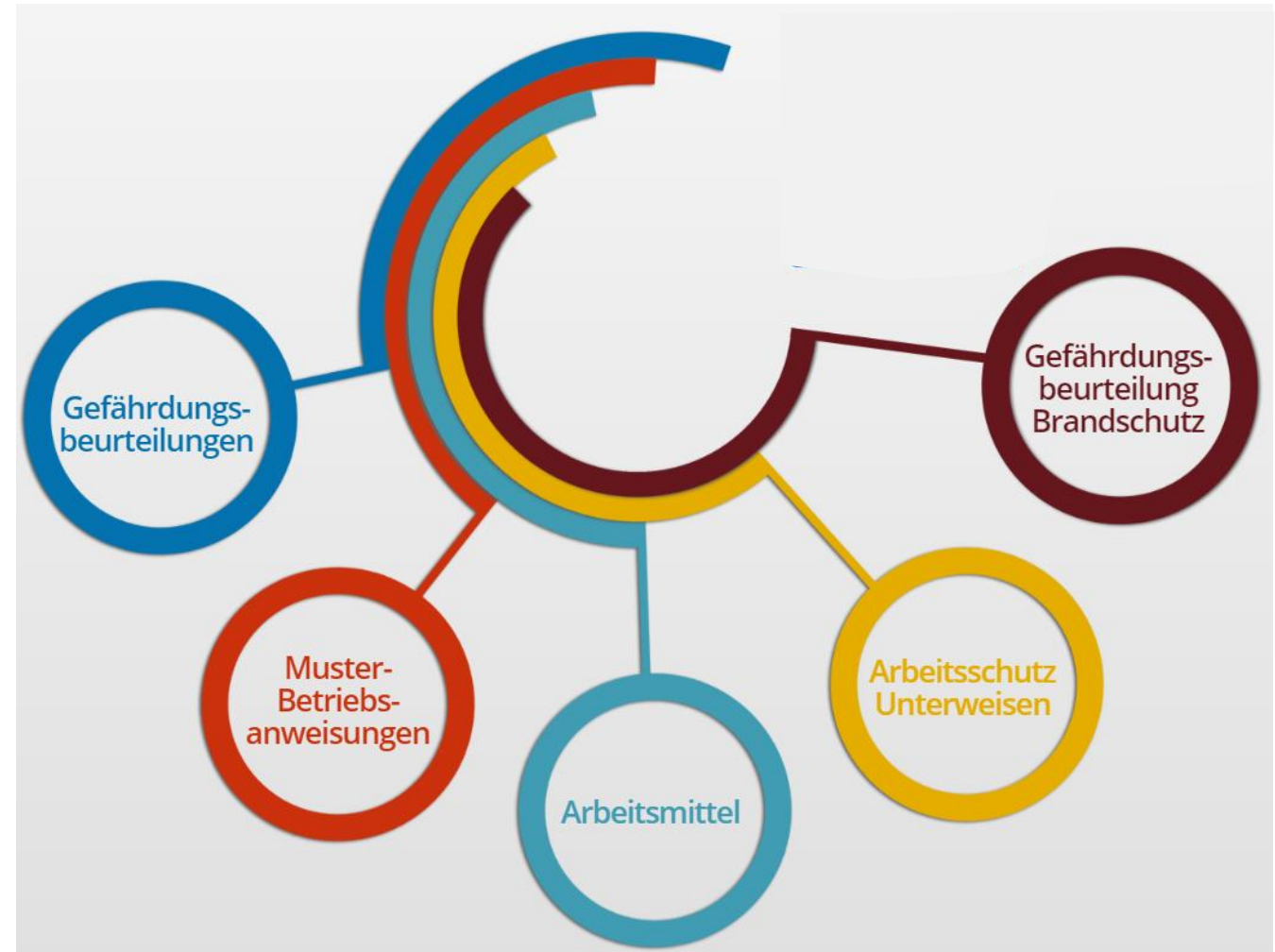
11 Sicherheitstechnik – Hintergrund sind die Schutzgüter



11 Sicherheitstechnik – Mensch

Der Arbeitsschutz hat eine zentrale Rolle **vgl. dazu Kapitel 7, Schulungen**

In der Sicherheitstechnik geht es im Schwerpunkt um die Anlage. Ist diese sicher, dann geht von ihr keine Gefährdung aus und der Mensch wird durch sie nicht gefährdet. Arbeitsschutz geht weiter, er beschäftigt sich auch mit den Gefährdungen, die vom Menschen ausgehen.



11 Sicherheitstechnik – Umwelt: Wasser

AwSV (VAwS); Bundesanlagenverordnung für wassergefährdende Stoffe

Ersetzt die 16 Länderregelungen.

Die AwSV enthält Anforderungen für den Umgang mit wassergefährdeten Stoffen. Betroffen sind die Betreiber von Anlagen.

Trat am 01.08.2017 in Kraft.

Einrichtungen die unter die Verordnung fallen werden von behördlicher Seite überprüft.



11 Sicherheitstechnik – Umwelt: Wasser

AwSV (VAwS); Bundesanlagenverordnung für wassergefährdende Stoffe

Stoffe

Änderungen gibt es bei der Einstufungssystematik – insbesondere bei festen Gemischen wie Abfall oder Baustoffen. Für sie ist nun auch eine Einstufung als "allgemein wassergefährdend" möglich. Dies gilt auch für bestimmte aufschwimmende, flüssige Stoffe (z. B. Pflanzenöl).

Die bekannten Einstufungen als "nicht wassergefährdend" sowie die drei Wassergefährdungsklassen gibt es weiterhin:

- 1 "schwach wassergefährdend,,
- 2 jetzt umbenannt in "deutlich wassergefährdend,,
- 3 "stark wassergefährdend"

Organisation

Die Vollständigkeit der Anlagendokumentation sowie die Abgrenzung der Anlage wird eingefordert. Für die meisten Anlagen wird eine Betriebsanweisung, u. a. auch mit Notfallplan, Pflicht.

Bestandteil der Antragsunterlagen ist nach AwSV regelmäßig eine Stellungnahme durch einen Sachverständigen. Die Beseitigung festgestellter Mängel wird direkt mit der AwSV verordnet. Für geringfügige Mängel werden 6 Monate Frist zur Beseitigung eingeräumt. Die bekannten Aufsichtspflichten beim Befüllen und Entleeren von Anlagen bestehen weiter. Betreiber sind dafür verantwortlich, den ordnungsgemäßen Zustand der Anlagen zu überwachen.

Fachbetriebe nach WHG

Aus- und Weiterbildung für die betrieblich verantwortliche Person
Mit Einführung der AwSV gelten nun einheitliche Grundlagen für die Überwachung und Zertifizierung als Fachbetrieb nach WHG.

Technik

Die AwSV beschreibt und regelt sog. besondere Anforderungen an die Rückhaltung. Die AwSV verlangt eine fachgerechte Planung von Anlagen als Grundlage für den späteren rechtskonformen Betrieb. Selbst bei der Instandsetzung von Anlagen oder Anlagenteilen ist ein Instandsetzungskonzept erforderlich.

Prüfpflichten

Das zweistufige Überwachungskonzept bleibt bestehen:
In Stufe 1 kontrolliert jeder Anlagenbetreiber regelmäßig die Dichtheit seiner Anlage und die Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen selbst.
In Stufe 2 lässt er die gesetzlich vorgesehenen Prüfungen innerhalb des vorgeschriebenen Zeitrahmens von einem nach AwSV anerkannten Sachverständigen durchführen.

11 Sicherheitstechnik – Umwelt: Luft

TA Luft; Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft

Hier ist geregelt, wie viel von welchen Substanzen in die Atmosphäre abgegeben werden können. Es sind die Werte g/h und mg/m³ einzuhalten.

Abgasanlagen können bei genehmigungspflichtig sein.

Sie werden von behördlicher Seite überprüft.



11 Sicherheitstechnik – Übergabe eines neuen Verfahrens in die Produktion

Es handelt sich um eine Reaktion von einer **hochgiftigen Flüssigkeit** (CMR-Stoff) und einem **organischen Feststoff** einem d_{50} von 10 μm in Anwesenheit eines **organischen Lösemittels**.

Die Reaktion ist laut Laborjournal sehr exotherm.

Die hochgiftige Flüssigkeit muss aus Gründen der Reinheit mit 1,1 eq. zugesetzt werden.

Bei der Reaktion entsteht eine Suspension mit erhöhter Viskosität. Diese Suspension wird über eine Zentrifuge geführt, wobei der Feststoff abgetrennt wird.

Im Produkt (im Feststoff) darf kein Rückstand einer anderen Chemikalie sein.

Basisequipment in der Anlage ist ein Rührkessel mit wahlweise Kühlwasser und Dampf im Mantel.

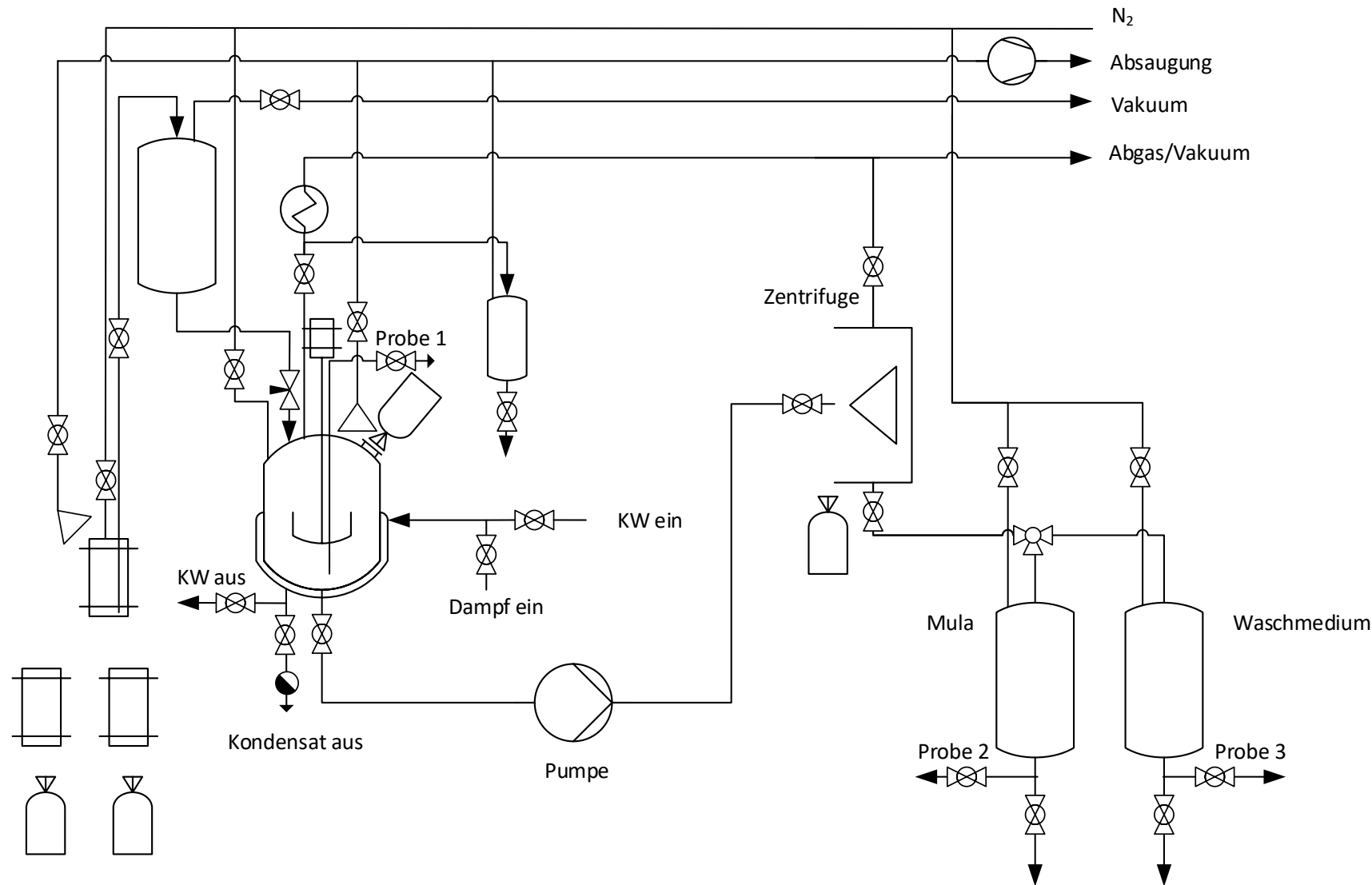
Aufgabe:

Vorschlag zur Prozessführung inkl. Abfüllung des Produkts und Entsorgung (Verfahrensfließbild)

Welche sicherheitstechnischen Kenndaten sind notwendig

Welche PSA schlagen Sie vor?

11 Sicherheitstechnik – Übergabe eines neuen Verfahrens in die Produktion



Fokus:

- Anlagenbelegung möglichst minimieren
- Hochgiftige Flüssigkeit möglichst am Einsatzort zerstören oder entfernen
- Kontamination Abgasweg abklären
- Funktion der Wäscher hinter Absaugung prüfen
- Vakuumpumpen in die Betrachtung einschließen
- Entsorgungsweg klären

11 Sicherheitstechnik – Übergabe eines neuen Verfahrens in die Produktion

Verfahrensbeschreibung (eine Idee)

- 1) Bereitstellen der erforderlichen Mengen an Chemikalien
- 2) Inertisieren der Vorlage und des Kessels
- 3) Inertisieren des Weges durch die Pumpe über die Zentrifuge
- 4) Vorlagen Zentrifuge und Zentrifuge inertisieren
- 5) Prüfung durch Sauerstoffmessung vor der Inbetriebnahme und bei Änderungen
- 6) Öffnen des Mannlochs unter Absaugung und Einfüllen des Feststoffes in den inertisierten Kessel
- 7) Verschließen des Mannloches; im Vorfeld prüfen, ob die Inertisierung im Kessel ausreicht, ggf. jetzt nochmals inertisieren
- 8) Fässer mit der erforderlichen Menge Lösemittel über die Vorlage einsaugen und im Kessel vorlegen, Ventil wieder schließen
- 9) Menge an hochgiftiger Flüssigkeit ebenso einsaugen
- 10) Kühlung einschalten
- 11) Dosierung beginnen und Geschwindigkeit über Reaktionstemperatur steuern

11 Sicherheitstechnik – Übergabe eines neuen Verfahrens in die Produktion

- 12) Umsatzkontrolle über Probenahmestelle 1 (Vorlauf nehmen)
- 13) Kühlung am Kondensator einschalten
- 14) Kühlwasser am Mantel des Kessels ablassen und Dampf einschalten
- 15) Anstrippen und hochgiftige Flüssigkeit mit Lösemittel entfernen
- 16) Erneute Probe aus Probenahmestelle 1 (Vorlauf nehmen)
- 17) Reaktionsmischung abkühlen lassen
- 18) Über Pumpe zur Zentrifuge leiten (Annahme: Zentrifuge fasst den ganzen Feststoff, Weg zum Mulabehälter öffnen)
- 19) Über die Vorlage und den Kessel mit Lösemittel nachspülen und waschen, Weg zum Waschmediumbehälter öffnen
- 20) Falls nicht über Destillation möglich; über Probenahmestelle 2/3 prüfen,
ob Ablauf frei von der hochgiftigen Flüssigkeit ist (ggf. muss zwischenentleert werden)
- 21) Entleeren des Feststoffes (lösemittelhaltig in einen Endlosliner), ggf. Weiterverarbeitung
- 22) Entleeren der Abfallströme und Zuführung zur Aufarbeitung oder zur Entsorgung
- 23) Anlage mit Lösemittel spülen und z. B. über Vakuum trocknen
- 24) Starten wieder mit Schritt 1)

11 Sicherheitstechnik – Übergabe eines neuen Verfahrens in die Produktion: Stoffdatenliste

Nr	Stoff	Trivial-name	CAS-Nr.	Reinheit	Gefahrstoff	CMR-Stoff	Neuer Stoff	Sicherheitsdatenblatt	Analysenzertifikat
1	LM (Dichlormethan)	Methylenchlorid	75-09-2	...		Ja → Liste	Ja/nein → Liste	Anhang	Anhang
2	Hochgift Liq.								
3	Feststoff								
4	Abfall								
5	Abwasser								
6	Abgas								
7	...								

Es kann sinnvoll sein, die Stoffe nach Rohstoff, Lösemittel, Abgas, Abwasser, Feststoffabfall, Produkt einzuteilen. Hier sind auch die GHS Symbole (mit Signalwort Achtung/Gefahr), die H- und P-Sätze sowie die AGW (Arbeitsplatzgrenzwert) einzutragen.

11 Sicherheitstechnik – Übergabe eines neuen Verf. in die Prod.: Sicherheitstechnische Kenndaten

Nr	Stoff	Trivialname	CAS-Nr.	FP	Zünd-temperatur	DSC	RC1	MZE	d ₅₀
1	LM (Dichlormethan)	Methylen- chlorid	75-09-2	Wert/ Anhang	Wert/ Anhang	Anhang	-	-	-
2	hochgift. Flüssigkeit			Wert/ Anhang	Wert/ Anhang	Anhang	-	-	-
3	Feststoff			-	-	Anhang		Anhang	Anhang
4	ausreagierte Reaktions- mischung			-	-	Anhang	-	-	-
5	Reaktions- mischung			-	-	Anhang	Anhang	-	-
6									

Klären, ob Mehrphasigkeit, hohe Viskosität, Gasbildung, Gasbildungsgeschwindigkeit, korrosive Medien, Zersetzungen durch bestimmte Materialkonstellationen vorliegen. Detaillierte Nachfragen zu Neben- und Folgereaktionen sind zu stellen und deren Energien sind zu bestimmen. Neben den Energien sind die Zeiten relevant, in der die Energie freigesetzt werden kann.

11 Sicherheitstechnik – Übergabe eines neuen Verf. in die Prod.: Basisangaben und Reaktionsdaten

- Vollständige Reaktionsgleichung, inkl. Lösungsmittel, Nebenprodukten, Folgeprodukten, Abfällen, Abgasen
- Einsatzmengen in [mol] und [kg] mit Überschüssen
- Massenbilanzen unter Berücksichtigung von Umsatz und Ausbeute

- Reaktionsdaten; dazu zählen:
- Maximale Reaktionstemperatur
- Maximale Zulaufgeschwindigkeit
- Maximaler Druck
- Maximale Haltezeit
- Welche zusätzlichen Energieeinträge in das Reaktionssystem sind möglich?
- ...

11 Sicherheitstechnik – Übergabe eines neuen Verf. in die Prod.: Equipment-Liste

	Area on PID	Number	Equipment	Type	Comment	Existing	Level in building	ATEX classification	Comment
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									

Hier oder in einer anderen Tabelle müssen auch Daten über Behälter, Werkstoffe (auch Dichtungswerkstoffe), Durchmesser von Leitungen, ggf. K_v -Werte von Ventilen, Fördermengen, etc. mit erfasst werden.

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz



11 Sicherheitstechnik – Ex-Zoneneinteilung

	Zone 0	Zone 1	Zone 2
Gase	Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist. Anwendungsinterpretation: Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verwenden, das heißt, dass explosionsgefährdete Bereiche der Zone 0 zuzuordnen sind, wenn mehr als 50 % während der Betriebsdauer einer Anlage explosionsfähige Atmosphäre vorherrscht. Dies ist eigentlich nur im Inneren von Rohren und Behältern der Fall.	Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann. Anwendungsinterpretation: Überschreitet das Vorhandensein explosionsfähiger Atmosphäre eine Zeitdauer von etwa 30 Minuten pro Jahr oder tritt diese gelegentlich, zum Beispiel täglich, auf, ist aber kleiner als 50 % von der Betriebsdauer der Anlage, so liegt nach allgemeiner Meinung Zone 1 vor.	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährlich explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt. Anwendungsinterpretation: Unter vielen Experten besteht allgemeiner Konsens darin, dass der Begriff „kurzzeitig“ einer Zeitdauer von etwa 30 Minuten pro Jahr entspricht. Weiterhin wird ausgesagt, dass explosionsfähige Atmosphäre bei Normalbetrieb normalerweise nicht zu erwarten ist. Entsteht bereits einmal im Jahr kurzzeitig explosionsfähige Atmosphäre, so sollte der betroffene Bereich bereits in Zone 2 eingestuft werden.
	Zone 20	Zone 21	Zone 22
Stäube	Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.	Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub bilden kann.	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

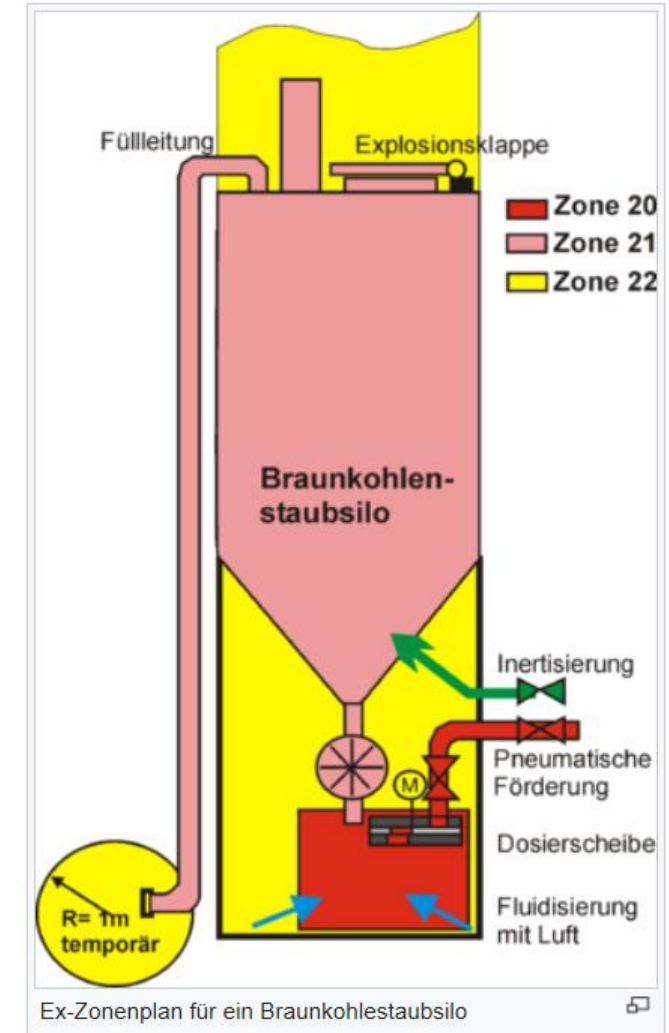
11 Sicherheitstechnik – Ex-Zoneneinteilung

Zoneneinteilung im Inneren von Apparaten

Im Inneren von Lagerbehältern, die zur Atmosphäre offen sind und in denen Flüssigkeiten gelagert werden, die sich häufig oberhalb des Flammpunktes erwärmen, muss die Explosionszone 0 angesetzt werden.

Die Ex-Zone kann zum Beispiel durch eine Inertisierung mit Druckregelung verringert werden. Die Zone 1 kann erreicht werden, wenn durch zusätzliche Überwachungseinrichtungen die Eintrittswahrscheinlichkeit für das Auftreten eines explosiven Gemisches entsprechend der Definition für Zone 1 herabgesetzt werden kann (gelegentliches Auftreten).

Apparate oder Rohrleitungen, die auch unter Berücksichtigung sehr selten auftretender Fehler immer ein Gasgemisch oberhalb der oberen Explosionsgrenze enthalten, sind keine explosionsgefährdeten Zonen. Hierunter fallen zum Beispiel Erdgasrohrleitungen oder Flüssiggasleitungen, da diese immer mit Überdruck gegenüber der Atmosphäre betrieben werden. Besondere Bedingungen werden aber gestellt, wenn diese Bauteile nach einer Entleerung wieder mit dem brennbaren Stoff gefüllt werden sollen. Die möglicherweise enthaltene Luft muss herausgespült oder die Apparatur muss vor dem Füllen inertisiert werden. Hierfür sind entsprechende Betriebsanweisungen erforderlich (siehe auch Explosionsschutzdokument).



11 Sicherheitstechnik – Ex-Zoneneinteilung

Zoneneinteilung in Räumen

Räume mit Apparaten oder Rohrleitungen, in denen sich Stoffe befinden, die mit der Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden können, müssen dann nicht als explosionsgefährdete Zonen betrachtet werden, wenn die Bauteile auf Dauer technisch dicht sind. Als technisch dichte statische Verbindung gelten geschweißte Ausführungen, Flanschverbindungen mit Nut und Feder oder Flachdichtflächen, wenn metallarmierte oder metallumfasste Dichtungen verwendet werden. Die genaue Definition einer „technisch dichten Verbindung“ enthält die TRBS 2152 Teil 2 Abschnitt 2.4.3.2.

Eine weitere potentielle Austrittsstelle explosionsfähiger Gase können dynamisch belastete Abdichtungen wie Wellendurchführungen darstellen. Bei einfachen Wellenabdichtungen muss eine explosionsgefährdete Zone ausgewiesen werden. Eine technisch dichte Ausführung wird bei magnetisch gekoppelten Pumpen oder Wellendurchführungen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung erreicht. An Spindeldurchführungen von Armaturen kann eine technische Dichtheit durch Abdichtung mittels Faltenbalg und Sicherheitsstopfbuchse oder Stopfbuchsenabdichtung mit selbsttätig nachstellenden Packungen erzielt werden.

Eine „auf Dauer“ technische Dichtheit einer Verbindung setzt voraus, dass geringe Undichtigkeiten frühzeitig erkannt werden. Daher muss durch infrastrukturelle Maßnahmen sichergestellt werden, dass in festgelegten Zeiträumen geeignete Dichtheitsprüfungen durchgeführt werden. Wird auf Dauer technische Dichtheit als Explosionsschutzmaßnahme gewählt, dann muss neben den materiellen Anforderungen auch eine regelmäßige Dichtigkeitsprüfung erfolgen.

11 Sicherheitstechnik – Ex-Zoneneinteilung

Zoneneinteilung in Räumen

In folgenden Fällen ist beim Umgang mit explosionsfähigen Stoffen eine Ex-Zoneneinteilung notwendig:

- Öffnen von Apparaten
- Umfüllen
- Versprühen
- Probennahme

Zur Festlegung von Zonen können die Informationen der Berufsgenossenschaften (BGI) hilfreich sein. Um einen Bereich der Zone 1 schließt sich meistens ein Bereich der Zone 2 an. Wenn der gesamte Raum der Zone 1 zugeordnet wird, dann muss ggf. der Türbereich zu einem benachbarten Raum als Zone 2 eingestuft werden

11 Sicherheitstechnik – Inertisierung mit Überdruckwechselverfahren (Sauerstoffberechnung)

$$Y_n = Y_0 \cdot \left(\frac{p_0}{p_g} \right)^{n/k}$$

$$Y_0 = 20,8 \text{ Vol. -\%}$$

$$p_0 = 1 \text{ bara}$$

$$p_g = 3 \text{ bara}$$

$$k = 1,4 \text{ (Adiabaten Exponent bei Luft-Stickstoff 1,4)}$$

$$Y_1 = 9,4 \text{ Vol. -\%}$$

$$Y_2 = 4,3 \text{ Vol. -\%}$$

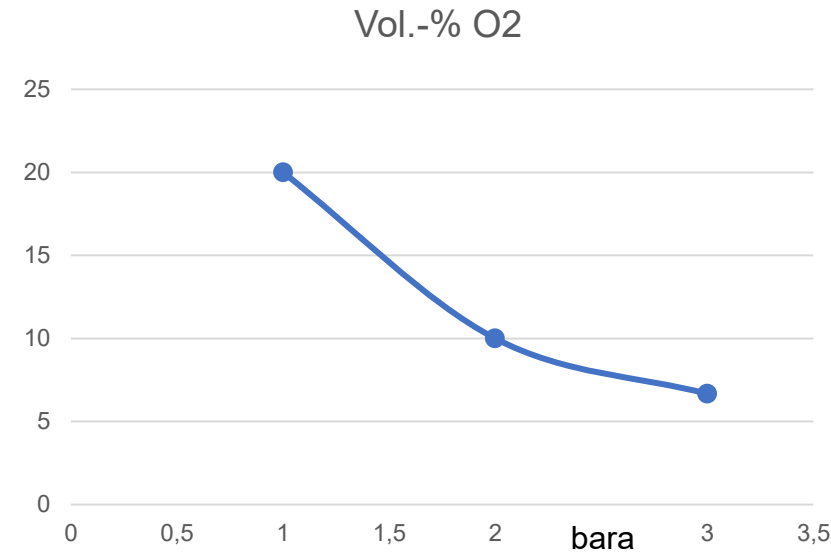
$$Y_3 = 2 \text{ Vol. -\%}$$

$$Y_{2,\text{gemessen}} = 6,4 \text{ Vol. -\%} \pm 50\%$$

Mögliche Probleme bei der Messung: Kondensation, Verstopfung, daher 50% Fehlerbeaufschlagung

$$Y_3 = 20,8 \text{ Vol. -\%} \cdot \left(\frac{1}{3} \right)^{3/1,4} = 2 \text{ Vol. -\%}$$

Adiabate Zustandsänderung



	N ₂	O ₂		O ₂	
1 bara	0,8	0,2	→	0,2	(20 Vol. -%)
2 bara	1,8	0,2	→	0,9 + 0,1	(10 Vol. -%)
3 bara	2,8	0,2	→	0,93 + 0,06	(7 Vol. -)%

11 Sicherheitstechnik – Inertisierung mit Unterdruckverfahren (Sauerstoffberechnung)

$$Y_n = Y_0 \cdot \left(\frac{p_i}{p_0} \right)^n$$

$$Y_1 = 20,8 \text{ Vol. -\%} \cdot \left(\frac{0,1}{1} \right)^1 = 2,1 \text{ Vol. -\%}$$

$$Y_0 = 20,8 \text{ Vol. -\%}$$

$$p_0 = 1 \text{ bara}$$

$$p_i = 0,1 \text{ bara}$$

$$Y_3 = 20,8 \text{ Vol. -\%} \cdot \left(\frac{0,1}{1} \right)^3 = 0,02 \text{ Vol. -\%}$$

Mögliche Schwierigkeiten:

- Je nach Leistung der Vakuumpumpe dauert der Vorgang lange
- Nicht alle Behälter sind vakuumfest!

11 Sicherheitstechnik – Inertisierung mit Spülinertisierung und Selbstinertisierung

- Die Spülinertisierung ist die einzige Variante für nicht druckfeste Behälter und Apparate
- mangelnde Durchmischung und mögliche Toträume können das Ergebnis beeinträchtigen, Testmessungen sind anzuraten
- Inerte Reaktionsgase können die Inertisierung sicherstellen
- Es ist auch Wasserdampf zum Inertisieren denkbar, bei Kondensation ist aber Unterdruckbildung und das mögliche Einströmen von Luft zu beachten, automatisch sollte Stickstoff nachgeführt werden.

11 Sicherheitstechnik – Zündquellen

Zündquelle	Ursache (Beispiel)
Heiße Oberflächen	Heizkörper, mechanische Vorgänge durch Reibung und Spanabhebung, Verlustwärme (Reibungskupplung und Bremsen)
Lichtbogen	Mechanisch erzeugte Funken (z.B. durch Reib-, Schlag- oder Abtragvorgänge), elektrische Funken, Schaltlichtbögen
Flammen und heiße Gase	Flammen und auch deren heißen Reaktionsprodukten wie heiße Gase oder glühende Feststoffpartikel können eine explosionsfähige Atmosphäre entzünden.
Mechanisch erzeugte Funken	Reib-, Schlag-, Abtragvorgänge, wie z. B. beim Schleifen; Werkzeuge wie etwa Schraubenschlüssel, Zange oder Hilfsmittel wie eine Leiter; Arbeiten an rostigen Bauteilen mit Alu-Werkzeug (Thermitreaktion)
Elektrische Anlagen	Öffnen und Schließen von elektrischen Stromkreisen, Ausgleichströme, elektromagnetische Felder, leitfähige Stäube <i>Hinweis: Schutzkleinspannung ist keine Explosionsschutzmaßnahme, da auch bei weniger als 50 V eine Zündung möglich ist!</i>
Kathodischer Korrosionsschutz	Rückströme zur Stromquelle, Induktion, Körper- oder Erdschluss
Statische Elektrizität	Entladung statischer Elektrizität

11 Sicherheitstechnik – Zündquellen

Zündquelle	Ursache (Beispiel)
Blitzschlag	-
Elektromagnetische Felder	Frequenzbereiche von 9×10^3 Hz bis 3×10^{11} Hz. Dazu gehören z. B. Hochfrequenzanlagen wie Funkanlagen oder Hochfrequenzgeneratoren.
Elektromagnetische Strahlung	Frequenzbereiche von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz und Wellenlängen von $1000 \mu\text{m}$ bis $0,1 \mu\text{m}$. Dazu gehört optische Strahlung wie Sonnenlicht, Laser, Blitzlichtquellen, Lichtbögen usw.
Ionisierende Strahlung	Entzündung durch Energieabsorption, die durch z. B. kurzwellige UV-Strahler, Röntgenröhren oder radioaktive Stoffe verursacht wird
Ultraschall	Entzündung durch Energieabsorption, die durch z. B. kurzwellige UV-Strahler, Röntgenröhren oder radioaktive Stoffe verursacht wird.
Adiabatische Kompression und strömende Gase	Durch die hohen Temperaturen, die durch Stoßwellen und bei adiabatischen Kompressionen auftreten, kann sich eine explosionsfähige Atmosphäre entzünden
Chemische Reaktion	Durch chemische Reaktionen, die eine Wärmeentwicklung verursachen (exotherme Reaktionen), erhitzen sich Stoffe und können zu einer Explosion führen.

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz

Primärer Explosionsschutz

Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre).

Sekundärer Explosionsschutz

Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen).

Tertiärer Explosionsschutz

Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (Konstruktiver Explosionsschutz).

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz

Ergänzung tertiärer Explosionsschutz

Nicht in allen Fällen ist es möglich, nur durch Auswahl geeigneter Betriebsmittel die Gefahr einer Explosion auf das geforderte Maß zu reduzieren. Es müssen dann zusätzliche Explosionsschutzmaßnahmen angewendet werden, um die Auswirkungen einer Explosion zu beherrschen und zu begrenzen, um so eine Personengefährdung auszuschließen. Der tertiäre Explosionsschutz wird angewandt, wenn die Maßnahmen des primären und sekundären Explosionsschutz nicht ausreichen.

- Verdichter für explosionsfähige Gasgemische, die als Zündquelle nicht auszuschließen sind,
- pneumatische Förderung explosionsfähiger Stäube,
- Silos und Bunker für explosionsfähige Stäube, in denen das Entstehen oder Einbringen von Glimmnestern möglich ist,
- zusätzliche Maßnahme in den Zonen 0 und 20.

Folgende Maßnahmen kommen in Frage:

- explosionsdruck- oder explosionsdruckstoßfeste Bauweise von Apparaten und Bauwerken, die dem Explosionsdruck standhalten (*konstruktiver Explosionsschutz*),
- Flammdurchschlagssicherungen, die eine Flammenfront soweit abkühlen, dass eine Explosion räumlich begrenzt bleibt,
- Wassertauchungen in Rohrleitungen, die ebenfalls eine Explosion unterbrechen (Flammensperre),
- automatische Schnellschlusseinrichtungen in Verbindung mit geeigneten IR-Detektoren, die mit einer ausreichend kurzen Reaktionszeit Ventile in angeschlossenen Rohrleitungen schließen,
- autark arbeitende Verschlussventile in Rohrleitungen für Gase („Ventex-Ventile“), die bei plötzlichem Druckanstieg Leitungsabschnitte absperren.
- Explosionsunterdrückungssysteme (z. B. automatische Schaumlöscheinrichtungen) ausgelöst durch geeignete IR-Detektoren oder Drucksensoren mit Auswertegeräten. Mit diesen Systemen wird eine explosive Reaktion erkannt und unterdrückt (gelöscht), bevor größerer Schaden durch unzulässigen Druckanstieg entsteht. Der Einsatz wird meistens mit anderen Explosionsschutzmaßnahmen kombiniert, beispielsweise Schnellschlusseinrichtungen, dynamische Flammensperren, um die Explosion räumlich zu begrenzen.
- Druckentlastungseinrichtungen (Druckentlastungsklappen, Berstscheiben), die den Explosionsdruck auf ein beherrschbares Maß begrenzen (zum Beispiel an großen Silos). Sicherheitsventile sind nicht geeignet, den Druckanstieg durch eine Explosion abzuführen, da hierzu große Entlastungsflächen erforderlich sind.

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz bei Stäuben

Die Zündung brennbarer Stäube kann dann erfolgen, wenn der Staub eine geringe Korngröße (in der Regel unter 0,5 mm Partikelgröße) aufweist. Voraussetzung für eine Explosion ist neben einer wirksamen Zündquelle eine ausreichende Dichteverteilung des Staubes in der Atmosphäre. Die hier angewandte untere Explosionsgrenze wird anhand der Staubbichte in der Luft (in g/m^3) angegeben. Eine Staubablagerung von weniger als einem Millimeter in einem Raum kann bei Aufwirbelung bereits eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre zur Folge haben. Wenn staubförmige Stoffe eine ausreichend feine Körnung aufweisen und in ausreichender Konzentration in der Atmosphäre vorliegen, dann besteht die Gefahr einer Staubexplosion und es müssen Explosionsschutzmaßnahmen ergriffen werden.

Kriterien für die Auswirkung einer Staubexplosion sind:

- Medianwert der Korngrößenverteilung,
- untere Explosionsgrenze,
- maximaler zeitlicher Druckaufbau pro Kubikmeter Volumen: K_{St} in bar m/s,
- maximaler Explosionsüberdruck,
- die Mindestzündenergie.
- Entsprechend den K_{St} -werten werden die Staubexplosionsklasse eingeteilt. Als Zündquellen kommen bei Stäuben
- heiße Oberflächen,
- statische Elektrizität,
- mechanisch erzeugte Funken,
- Glimmnester,
- Lichtbögen in Betracht.

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz: Einteilung der Geräte

Gruppen

Geräte, die für den Einsatz in explosionsgefährdeter Atmosphäre einsetzbar sind, werden in drei Gruppen eingeteilt. Bis zur Einführung der EN 60079-0/2009 für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel waren nur zwei Gruppen unterteilt.

Gruppe I

steht für schlagwettergefährdete Bergwerke (Kohlebergbau). Sie ist vom jeweiligen explosiven Stoff abhängig. Die Gefährdung nimmt von A nach C zu.

Gruppe II

steht für explosionsfähige Gase und wird bei einigen Zündschutzarten (Ex i, Ex d, Ex n) in die Untergruppen IIA, IIB und IIC unterteilt. Bei Ex d (Druckfeste Kapselung): Der Buchstabe gibt die Grenzspaltweite (Maximale Weite eines Spaltes einer Flammendurchschlagsicherung, durch den eine Zündung nicht mehr übertragen werden kann) des Gerätes wieder. Bei Ex i (Eigensicherheit) ist dies die Energie im eigensicheren Stromkreis. Bei Ex n ist dies differenziert, da dies von der jeweiligen Art abhängig ist: Ex nA oder Ex nL (Hinweis: Ex nL wird durch Ex ic ersetzt). Der Untergruppe A sind zum Beispiel Diesel, Benzin, Ethan, Methan, Kohlenmonoxid zugeordnet. Zur Untergruppe B gehören zum Beispiel Stadtgas, Schwefelwasserstoff und Ethylen. Die Untergruppe C fasst Wasserstoff, Acetylen und Schwefelkohlenstoff zusammen.

Gruppe III

Stäube, wobei hier unterteilt wird IIIA (Fasern), IIIB (nichtleitfähige Stäube) und IIC (leitfähige Stäube). In der Norm ist diese Gruppe eingeführt, die ATEX-Richtlinie 94/9/EG unterscheidet nur in Gruppe I und Gruppe II

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz: Gerätekategorien

Gerätekategorien in Europa

Entsprechend der ermittelten explosionsgefährdeten Zone, in der ein Gerät eingesetzt werden soll, wird die Gerätekategorie abgeleitet. Die Gerätekategorien sind in der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU bzw. deren bis Anfang 2016 noch anwendbare Vorläuferrichtlinie 94/9/EG definiert. International wird der Begriff „Equipment Protection Level“ (EPL) durch die IEC 60079-0 verwendet.

Explosionsgefährdete Bereiche außer Bergbau

Es werden nach der ATEX-Richtlinie 94/9/EG die Kategorien von 1 bis 3 eingeteilt. Der Buchstabe „G“ steht für Gas, „D“ steht für Staub. In der IEC 60079-0 für elektrische Komponenten und Geräte und somit bei Zulassungen nach dem IECEx Schema werden Equipment Protection Levels (EPL) (deutsch: Geräteschutzniveau) definiert.

Geräte der Kategorie 1G/1D bzw. EPL Ga/Da

sind so zu gestalten, dass sie ein sehr hohes Maß an Sicherheit gewährleisten. Geräte dieser Kategorie müssen auch bei selten auftretenden Störungen das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleisten. Auch beim Auftreten von zwei Fehlern am Gerät darf es nicht zu einer Zündung kommen. Sie dürfen in Zone 0 (Kategorie 1G) bzw. Zone 20 (Kategorie 1D) eingesetzt werden.

Geräte der Kategorie 2G/2D bzw. EPL Gb/Db

sind so zu gestalten, dass sie ein hohes Maß an Sicherheit gewährleisten. Geräte dieser Kategorie müssen bei häufigen oder üblicherweise zu erwartenden Störungen (Defekte am Gerät) das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleisten und Zündquellen vermeiden. Sie dürfen in Zone 1 (Kategorie 2G) bzw. Zone 21 (Kategorie 2D) eingesetzt werden.

Geräte der Kategorie 3G/3D bzw. EPL Gc/Dc

sind so zu gestalten, dass sie ein normales Maß an Sicherheit gewährleisten. Geräte dieser Kategorie müssen bei vorhersehbaren Störungen (Defekte am Gerät) das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleisten und Zündquellen vermeiden. Sie dürfen in Zone 2 (Kategorie 3G) bzw. Zone 22 (Kategorie 3D) eingesetzt werden.

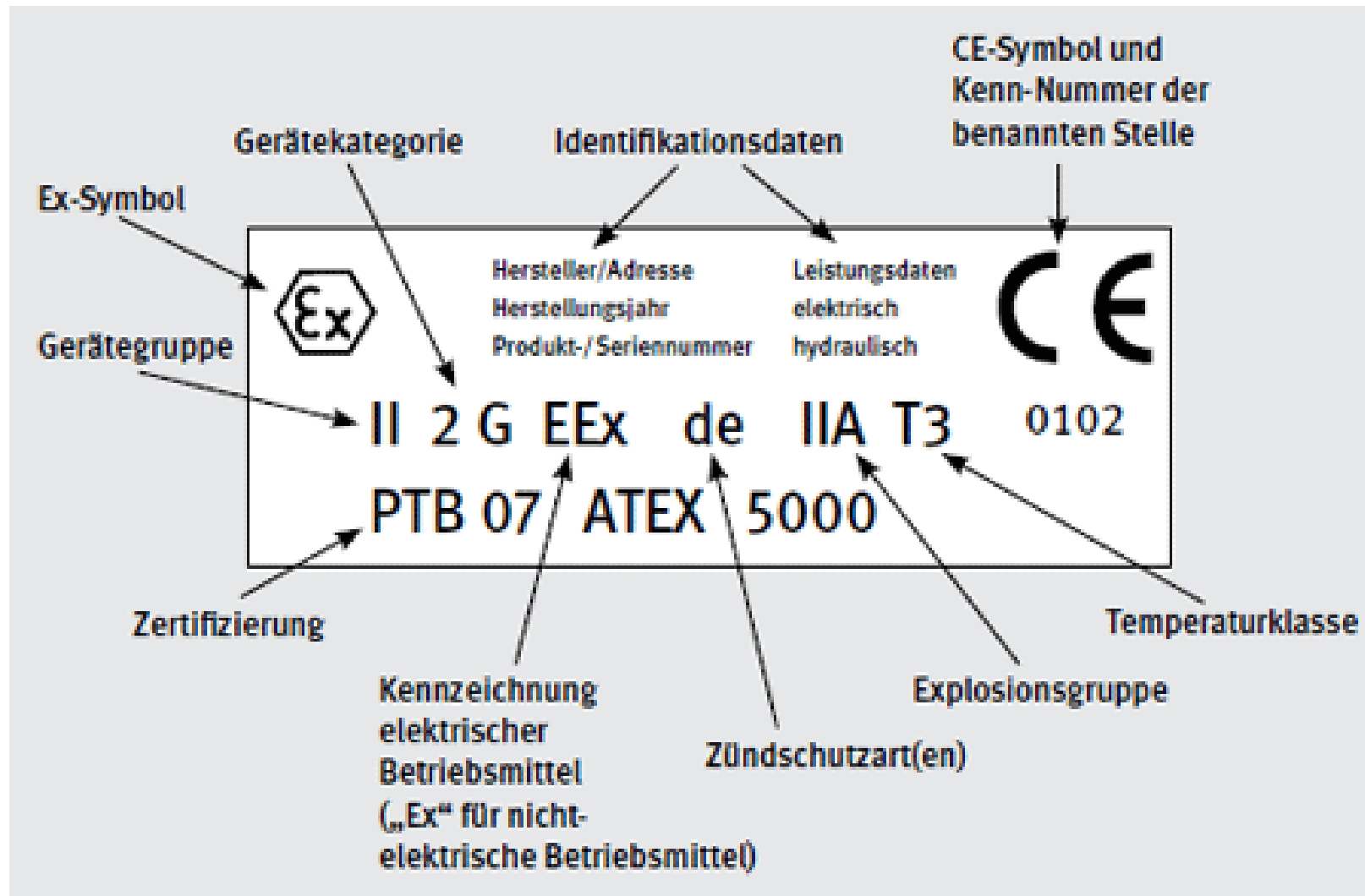
11 Sicherheitstechnik – Temperaturklassen

Temperaturklasse	Zündtemperatur der Gase/Dämpfe in °C	Beispiel	Max. Oberflächentemperatur am Gerät in °C
T1	> 450	Styrol, Aceton, Ammoniak, Toluol, Methanol	450
T2	> 300 bis 450	Ethylalkohol, n-Butan, n-Butylalkohol	300
T3	> 200 bis 300	Benzine, n-Hexan	200
T4	> 135 bis 200	Acetaldehyd, Ethylether	135
T5	> 100 bis 135	–	100
T6	> 85 bis 100	Schwefelkohlenstoff	85

11 Sicherheitstechnik – Zündschutzarten

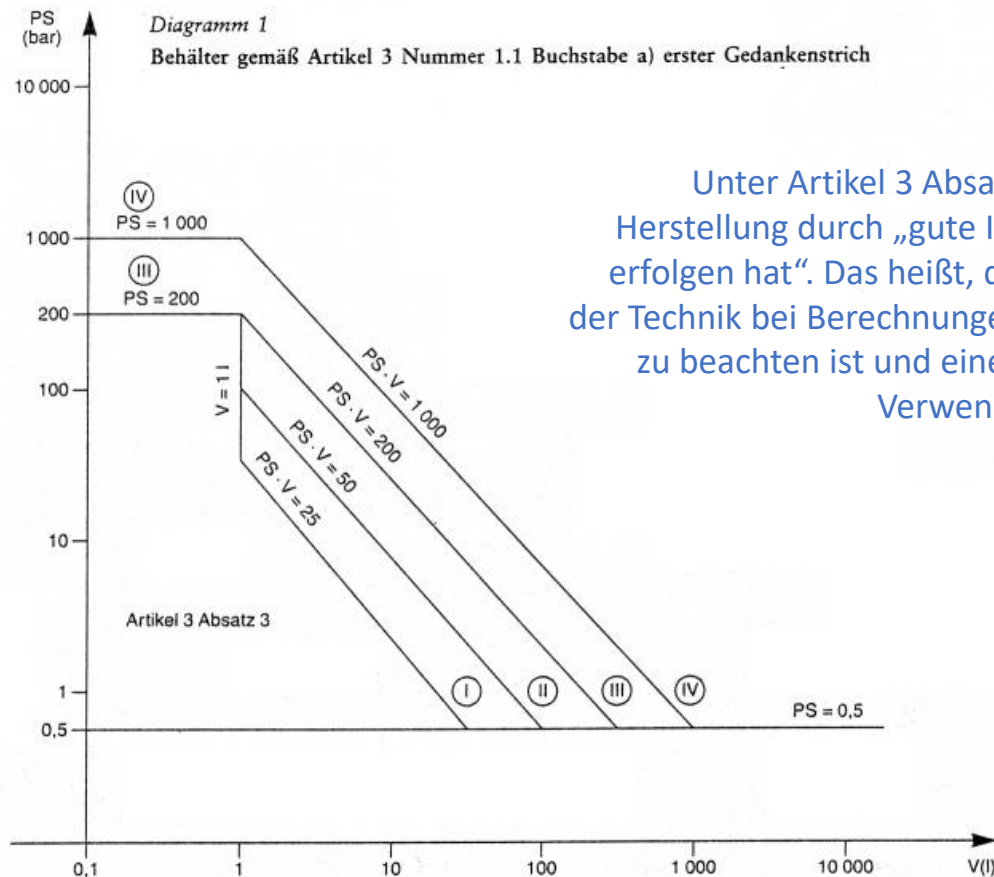
Zündschutzart		Beschreibung
c	Konstruktive Sicherheit	Zündschutzart nur für nichtelektrische Geräte. Die Geräte sind so konstruiert, dass sie bei Normalbetrieb keine Zündquellen aufweisen. Das Risiko des Auftretens von mechanischen Fehlern, die zum Entstehen von Zündquellen führen können, ist auf ein sehr geringes Maß reduziert.
d	Druckfeste Kapselung	Die Komponenten, die eine Zündung auslösen können, sind in ein Gehäuse eingebaut, das dem Explosionsdruck standhält. Die Öffnungen des Gehäuses sind so beschaffen, dass eine Übertragung der Explosion nach außen verhindert wird.
e	Erhöhte Sicherheit	Das Entstehen von Funken, Lichtbögen oder unzulässigen Temperaturen, die als Zündquelle wirken könnten, wird durch zusätzliche Maßnahmen und einen erhöhten Grad an Sicherheit verhindert.
p	Überdruckkapselung	Das Gehäuse der Geräte ist mit einem Zündschutzgas gefüllt. Es wird ein Überdruck aufrecht gehalten, so dass ein explosives Gasgemisch nicht zu den im Inneren des Gehäuses angeordneten möglichen Zündquellen gelangen kann. Gegebenenfalls wird das Gehäuse dauernd durchströmt.
i	Eigensicherheit	Die Versorgung der elektrischen Betriebsmittel wird über eine Sicherheitsbarriere geführt, die Strom und Spannung soweit begrenzt, dass die Mindestzündenergie und Zündtemperatur eines explosiven Gemisches nicht erreicht wird.
o	Flüssigkeitskapselung	Die Teile der elektrischen Betriebsmittel von denen eine Zündung ausgehen kann, sind in eine Schutzflüssigkeit (meistens Öl) getaucht.
p	Sandkapselung	Das Betriebsmittel ist mit feinkörnigem Sand gefüllt. Ein möglicher Lichtbogen wird soweit gekühlt, dass die Zündung eines explosiven Gemisches ausgeschlossen ist. Die Oberflächentemperatur darf den Grenzwert nicht überschreiten.
m	Vergusskapselung	Die Teile des elektrischen Betriebsmittels, die Zündquellen erzeugen können, sind in Vergussmasse eingebettet, so dass ein Lichtbogen nicht zu einem explosiven Gemisch außerhalb der Kapselung durchtreten kann.
n	Zündschutzmethode	Im Normalbetrieb und bei definierten Fehlern geht von dem elektrischen Betriebsmittel keine Zündgefahr aus.
b	Zündquellenüberwachung	Überwachung von potentiellen Zündquellen wie Vakuumpumpen, etc. durch Sensoren, um sich anbahnende gefährliche Bedingungen frühzeitig erkennen zu können

11 Sicherheitstechnik – Geräteangabe als Beispiel (es gibt verschiedene Normen)



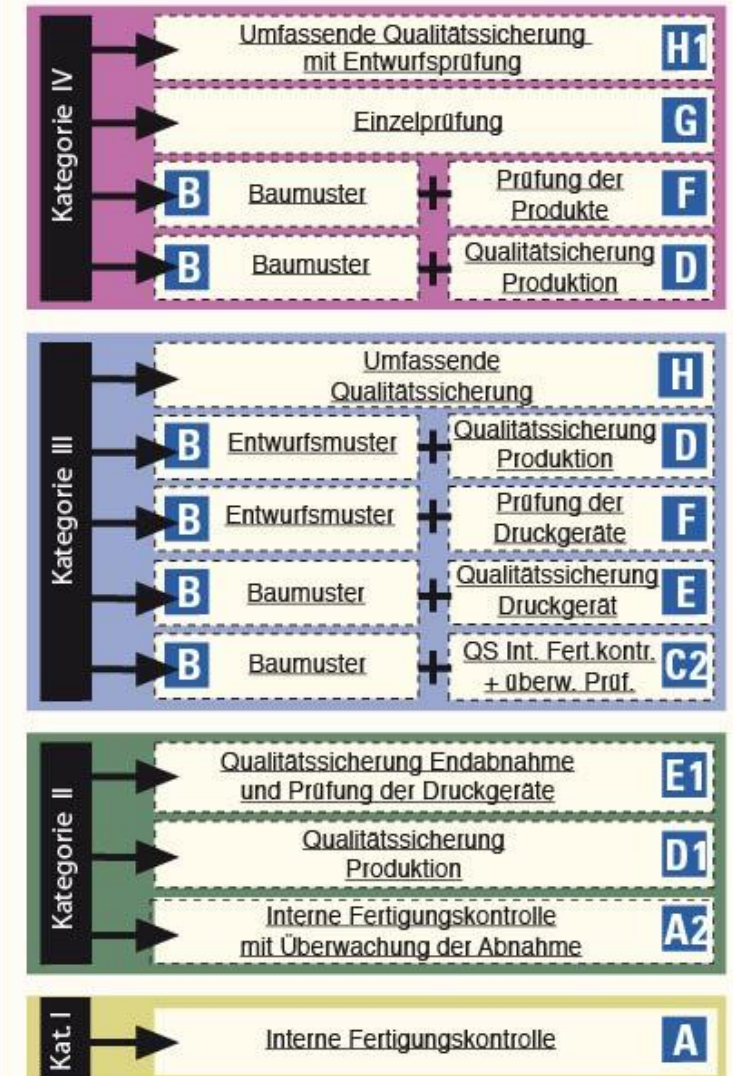
11 Sicherheitstechnik – mechanischer Explosionsschutz

- Druckgeräte (nach Druckgeräte-richtlinie;
betreiben von Apparaten nach Betriebssicherheitsverordnung)



Konformitätsbewertungsverfahren

Druckgeräte-richtlinie 2014/68/EU



11 Sicherheitstechnik – mechanischer Explosionsschutz

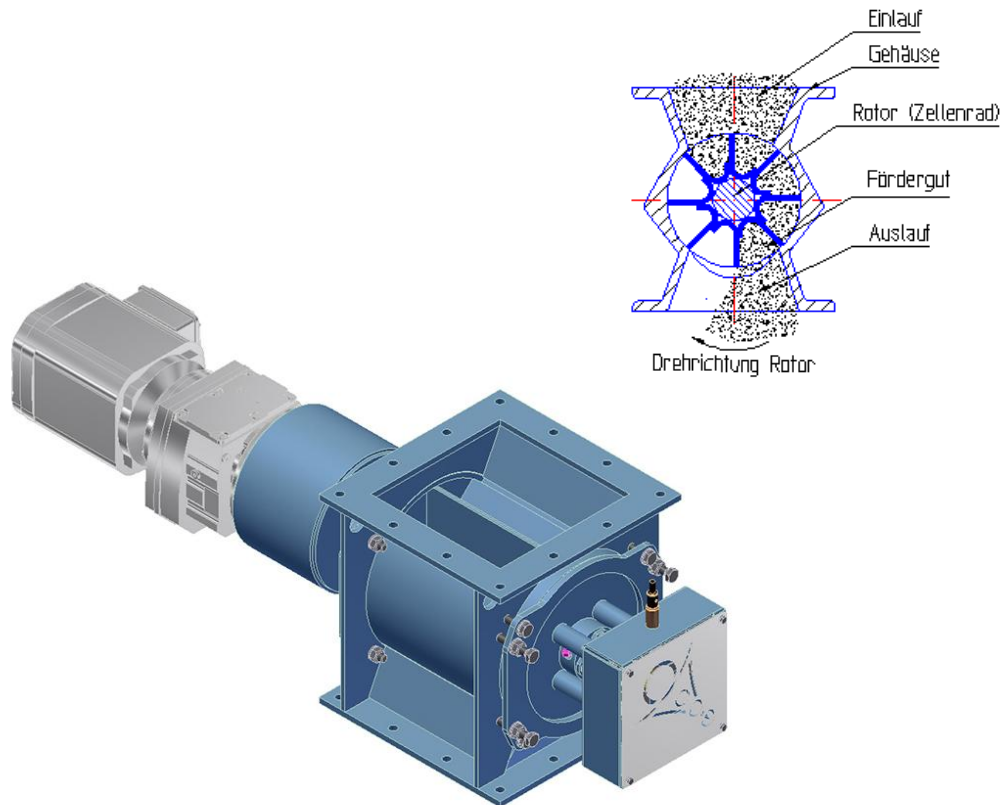
Berstscheibe-Sicherheitsventil – Kombination



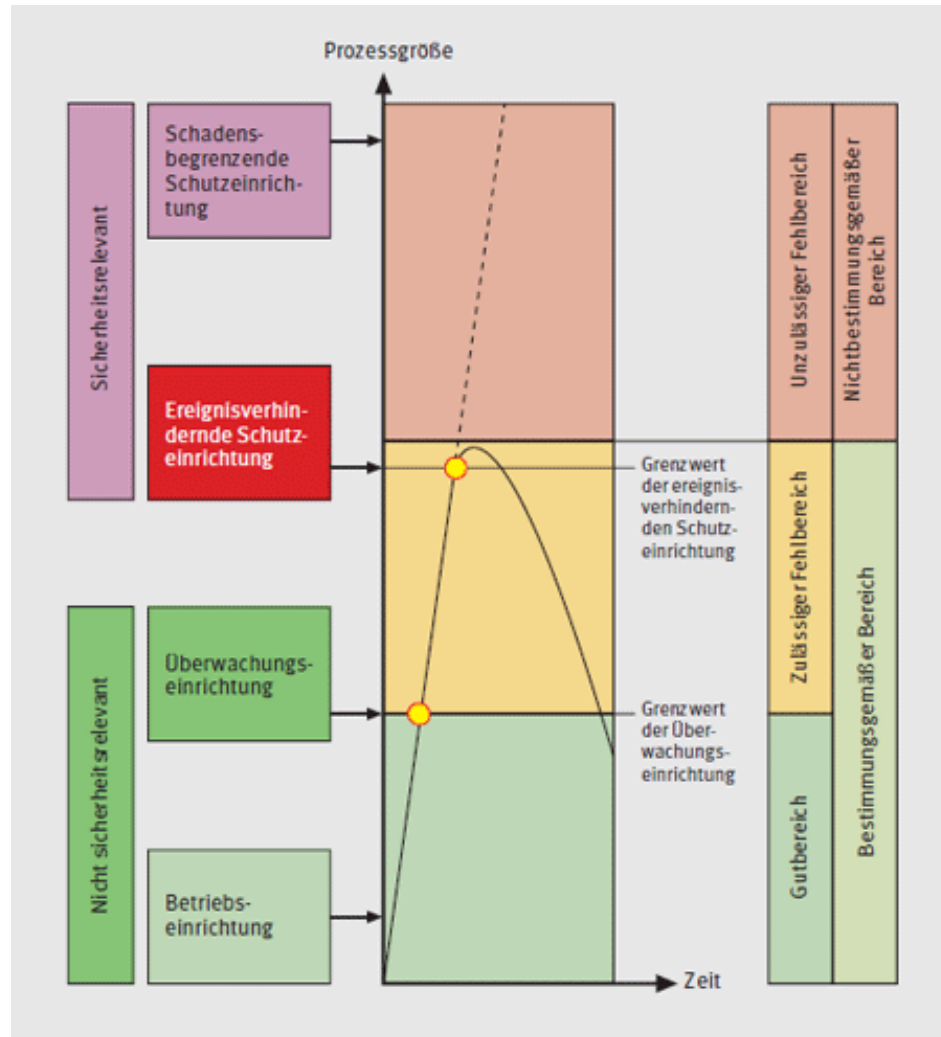
- Bei der Auslegung der Sicherheitsventile ist bei der Berechnung ein realistischer Fall anzunehmen.
- Die maximale Verdampfungsleistung des Heizdampfes zu berücksichtigen.
- Die maximale Wärmeproduktion bei Ausfall des Kühlmediums ist ein weiteres Kriterium.
- Weiterhin muss berücksichtigt werden, ob im Falle des Ansprechens der Armaturen mit einer Zweiphasenströmung zu rechnen ist.
- Der Durchmesser der Leitung nach dem Sicherheitsventil ist größer zu wählen. Zudem ist eine Druckberechnung im Leitungssystem nötig (www.druckverlust.de)

11 Sicherheitstechnik – mechanischer Explosionsschutz

Abgrenzung von druckfester Bauweise durch z. B. Zellradschleusen oder Schnellschlussschieber



11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz durch Prozessleittechnik (PLT)



Schadensausmaß

- S 1 leichte Verletzung einer Person oder kleinere schädliche Umwelteinflüsse, die z. B. nicht unter die Störfall-Verordnung fallen.
- S 2 schwere, irreversible Verletzung einer oder mehrerer Personen oder Tod einer Person oder vorübergehend größere schädliche Umwelteinflüsse, z. B. nach Störfall-Verordnung.
- S 3 Tod mehrerer Personen oder lang andauernde größere schädliche Umwelteinflüsse, z. B. nach Störfall-Verordnung.
- S 4 katastrophale Auswirkung, sehr viele Tote.

Aufenthaltsdauer

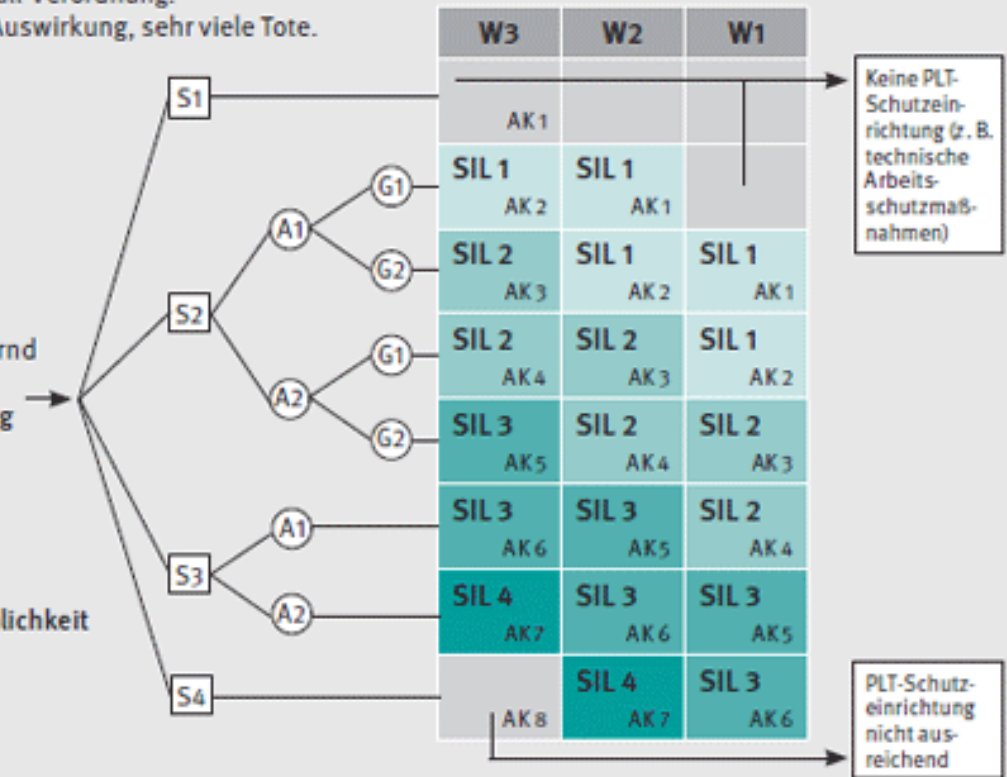
- A 1 selten bis öfter
- A 2 häufig bis dauernd

Gefahrenabwendung

- G 1 möglich unter bestimmten Bedingungen
- G 2 kaum möglich

Eintrittswahrscheinlichkeit

- W 1 sehr gering
- W 2 gering
- W 3 relativ hoch



11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz durch Prozessleittechnik (PLT)

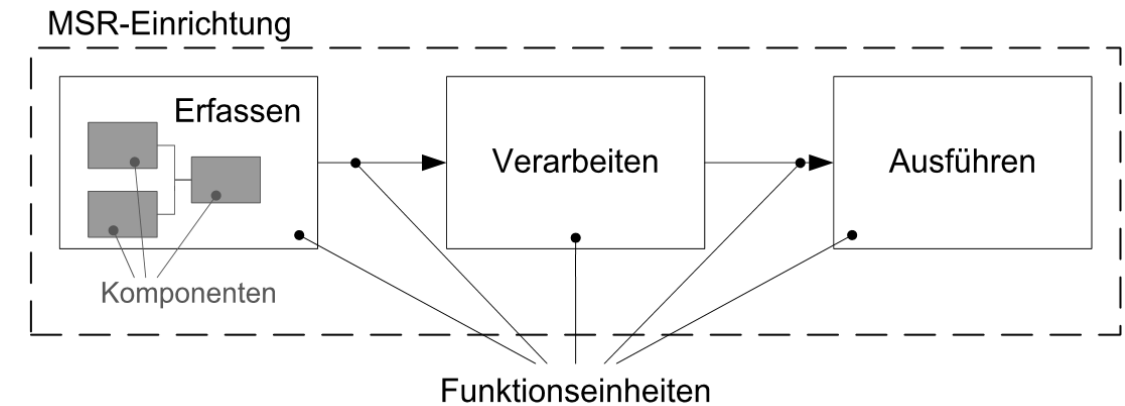
Technische Regeln für Gefahrstoffe	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regel- einrichtungen im Rahmen von Explosi- onsschutzmaßnahmen	TRGS 725
---	--	-----------------

Diese TRGS konkretisiert im Rahmen des Anwendungsbereichs die Anforderungen der der Gefahrstoffverordnung GefStoffV. Bei Einhaltung der Technischen Regel kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnungen erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
 - 2 Begriffsbestimmungen
 - 3 Ermittlung der Anforderungen an Ex-Vorrichtungen
 - 4 Ex-Vorrichtungen als Maßnahmen der Zonenreduzierung/Zündquellenvermeidung
 - 5 Ex-Vorrichtungen zur Reduzierung der Auswirkungen einer Explosion
 - 6 Umsetzung der Klassifizierungsstufen in ein Konzept der funktionalen Sicherheit
 - 7 Prüfung der MSR-Einrichtung mit Sicherheitsfunktion
- Anhang 1 Maßnahmen zur Erkennung, Vermeidung oder Beherrschung des Ausfalls der MSR-Einrichtung mit Sicherheitsfunktion
- Anhang 2 Maßnahmen zur Vermeidung oder Beherrschung des Ausfalls einer Überwachung – Anforderungen an MSR-Einrichtungen, welche nach dem Stand der Technik betriebsbewährt sind
- Anhang 3 Beispiel für die Anwendung der Methodik
- Anhang 4 Verzeichnis von Normen

Betriebsbewährte MSR-Technik liegt vor, wenn für die Funktionseinheiten ihre Eignung nach Anhang 2 für den Anwendungsfall nachgewiesen ist. Bei betriebsbewährten Funktionseinheiten hat sich in der Bewährungsphase gezeigt, dass eventuell vorhandene systematische Fehler weder in der Hardware noch in der Betriebssoftware die sicherheitstechnische Funktion der Funktionseinheit beeinträchtigen.



Maßnahmen

1. Zonenreduzierung und Zündquellenvermeidung durch Ex-Vorrichtungen nach dieser TRGS
2. Installation von geeigneten Geräten und Schutzsystemen gemäß der Richtlinie 2014/34/EU
3. Begrenzung der Explosionsauswirkungen durch Ex-Vorrichtungen nach dieser TRGS
4. Organisatorische Maßnahmen in Ergänzung einer technischen Maßnahme.

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz durch Prozessleittechnik (PLT)

Technische Regeln für Gefahrstoffe	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regelanrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen	TRGS 725
---	---	-----------------

Klassifizierungsstufe	Reduzierungsstufe
K1	1
K2	2
K3	3

Einfluss der Zoneneinteilung auf die Reduzierungsstufen

Zone	Zone 0/20	Zone 1/21	Zone 2/22	keine Zone
Zündquelle	Anzahl erforderlicher Reduzierungsstufen			
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	3	2	1	—
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	2	1	—	—
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltener Betriebsstörungen vorhanden	1	—	—	—
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	—	—	—	—

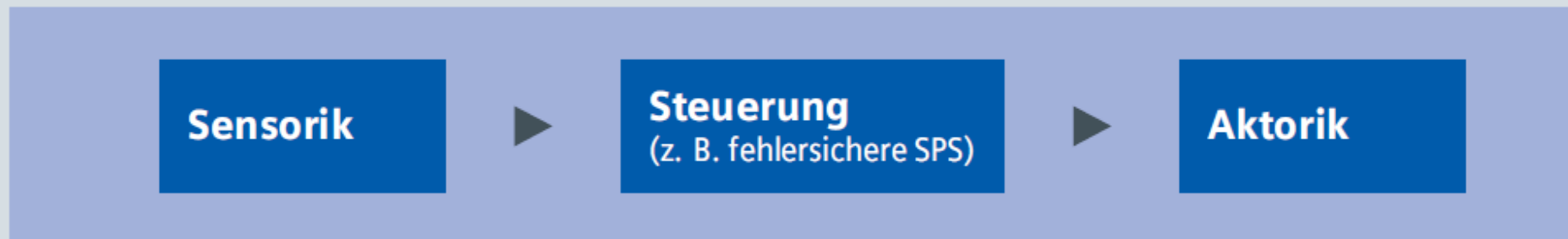
Klassifizierungsstufe	Safety Integrity Level (SIL oder SIL _{CL})
K1	SIL 1 oder SIL _{CL} 1
K2	SIL 2 oder SIL _{CL} 2
K3	SIL 3 oder SIL _{CL} 3

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz durch Prozessleittechnik (PLT): Safety Instrumented System (SIS)

Ein Safety Instrumented System (SIS) wird eingesetzt, um einen gefährlichen Prozess abzusichern und das Risiko eines Unfalls zu reduzieren.

Prozessinstrumente sind Bestandteil eines Safety Instrumented System. Dieses besteht aus den wesentlichen Komponenten einer gesamten sicherheitsrelevanten Prozesseinheit:

- Sensor
- fehlersichere Verarbeitungseinheit
- Aktor



11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz durch Prozessleittechnik (PLT): Safety Instrumented System (SIS)

SIL	Ausfallwahrscheinlichkeit bei Anforderung	Mittlerer Ausfallabstand in Jahren
1	$> 10^{-2}$ bis $< 10^{-1}$	10–100
2	$> 10^{-3}$ bis $< 10^{-2}$	100–1000
3	$> 10^{-4}$ bis $< 10^{-3}$	1000–10000
4	$> 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$	10000–100000

- PLT-Schutzeinrichtungen mit SIL-Einstufung müssen regelmäßig geprüft werden
- Ggf. kann eine SIL 3 Schutzeinrichtung durch 2 SIL 2 Schutzeinrichtungen ersetzt werden; das gesamte System muss dem geforderten Level entsprechen, verschiedene Ausfallgründe müssen berücksichtigt werden; 2 verschiedene Messverfahren (z. B. für Druck und Temperatur) können helfen

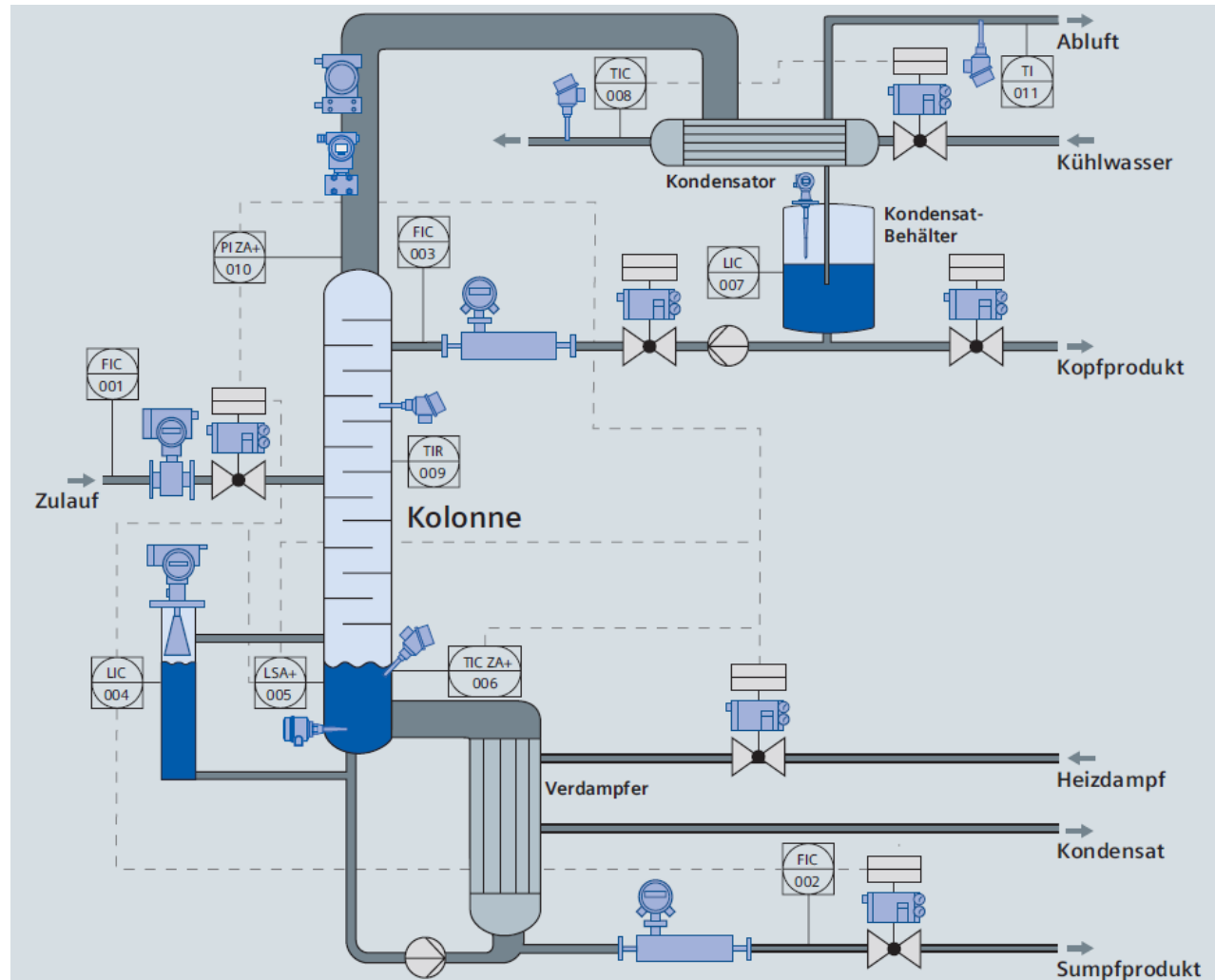
11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz durch Prozessleittechnik (PLT): Safety Instrumented System (SIS)

Temperaturüberwachung mit Abschaltung über Hahn DN25 in VA (hartverdrahtet)

▪ Betriebseinrichtung	4.500,-	
▪ Überwachungseinrichtung	5.000,-	
▪ PLT-Schutzzeineinrichtung SIL 1	10.000,-	TÜV wird nichtbenötigt
▪ PLT-Schutzzeineinrichtung SIL 2	16.000,-	inkl. TÜV
▪ PLT-Schutzzeineinrichtung SIL 3	21.000,-	inkl. TÜV

Bei mehreren gleichen Verschaltungen reduzieren sich die Kosten für die Planung leicht.
Dies ist eine Schätzung.

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz durch Prozessleittechnik (PLT): Beispiel



Beispiel,

wie es zu einer Einstufung eines SIL-Levels kommen kann. Da grundsätzlich mit dem Betrieb einer solchen Anlage eine Gefahr für Mensch und Umwelt ausgehen kann, müssen mögliche Risiken und Auswirkungen betrachtet und gegebenenfalls angemessene Schutzmaßnahmen in das Projekt einfließen. Exemplarisch soll hier als Anlagenteil eine Trennkolonne betrachtet werden.

Zum Betrachten der Sicherheitsrisiken, die durch den Betrieb der Trennkolonne ausgehen können, wird eine HAZOP Analyse (Hazard and Operability Study) erstellt – [folgt später in der Vorlesung](#).

Um möglichst viele unterschiedliche Aspekte des Sicherheitsrisikos der Anlage zu betrachten, wird die Betrachtung von den verschiedensten Experten, wie Verfahrenstechnikern, Betriebsingenieuren, Arbeitsschutzexperten, Technikern, Bedienpersonal, Betriebsleitung usw. erstellt. Gemeinsam wird von den jeweils verschiedenen Sichtweisen eine Gefahrenanalyse (Störungsbetrachtung) erstellt und daraus abgeleitet, welche Schutz- bzw. Gegenmaßnahmen erforderlich sind.

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz durch Prozessleittechnik (PLT): Beispiel

Nr.	Störung	Ursache(n)	Auswirkung(en)	Gegenmaßnahme(n)
1	Falsche oder verunreinigte Eingangsprodukte in die Kolonne	Änderung der Gemischzusammensetzung des Zulaufstroms aus vorgeschalteten Anlagen-teilen	Temperatur-/Druckanstieg in der Kolonne	➤ Änderungen in der Zulaufzusammensetzung geschehen nicht plötzlich sondern schleichend und werden bei den regelmäßigen Qualitätsanalysen bemerkt.
2	Stromausfall	Lokaler oder werksseitiger elektrischer Defekt	Ausfall Kühlung und Heizung sowie der Pumpen, ggf. Druck- und Temperaturanstieg	➤ Alle Armaturen gehen in Sicherheitsstellung. ➤ Die Kolonne geht selbsttätig in einen sicheren Zustand (wenn Heizung abgeschaltet und der Zulauf geschlossen wird).
3	Überfüllung im Kolonnen-sumpf	Versagen der Füllstandsregelung LIC 004	Fluten der unteren Kolonnenböden mit der Gefahr der Zerstörung der Böden	➤ Überfüllsicherung LSA+ 005 schließt Heizdampf- und Zulauf-Ventil
4	Überfüllung des Kondensat-Sammelbehälters	Versagen der Füllstandsregelung LIC 007	Fluten des Kondensators und Verlust der Kühlleistung, Anstieg der Temperatur in der Kolonne	➤ Siehe Temperatur in Kolonne zu hoch
5	Temperatur in Kolonne zu hoch	Ausfall des Kühlwassers am Kopfkondensator	Druckanstieg und Durchschlag des Leichtsiederdampfes in die Abluft, Fall A) Mit Sicherheitsventil: Ansprechen des Sicherheitsventils und Stofffreisetzung in die Umgebung Fall B) Ohne Sicherheitsventil: Überschreiten des maximal zulässigen Drucks der Kolonne mit Integritätsverlust	➤ Drucküberwachung PI ZA+ 010 schließt Heizdampf- und Zulauf-Ventile ➤ Viele Temperaturmessstellen zur schnellen Reaktion des Bedienpersonals bei ungewöhnlichem Temperaturanstieg.
6	Temperatur im Sumpf zu hoch	Regelungsfehler in der Heizdampfzufuhr	Überhitzung des Sumpfproduktes über die maximal zulässige Temperatur, Zersetzungsreaktion mit Gasproduktion, Druckanstieg über den maximal zulässigen Behälterdruck	➤ Temperaturüberwachung TIC ZA+ 006 schließt Heizdampf

Als Sicherheitsrelevant wurde die Messstelle Drucküberwachung am Kolonnenkopf (010) und die Temperaturüberwachung am Kolonnenboden (006) identifiziert. Dabei wurde insbesondere noch auf das Vorhandensein eines Sicherheitsventils der Drucküberwachung eingegangen. Nach VDI 2180 bzw. TRGS 725 wird das SIL Level ermittelt:

Hier nach VDI 2180:

Drucküberwachung
mit Sicherheitsventil **SIL 2**
Ohne Sicherheitsventil **SIL 3**

Temperatur **SIL 2**

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz durch organisatorische Maßnahmen

- Geschulte Mitarbeiter (Nachweis der Schulung und deren Wirksamkeit)
 - 4-Augenprinzip und doppelte Unterschrift
- ➔ Bei Abweichungen vom Vorgehen in der Vorschrift Betriebsleitung informieren

11 Sicherheitstechnik – Explosionsschutz: Symbole



Markierung eines Bereiches mit Explosionsgefahren in einem Chemiewerk



Explosionsschutzkennzeichen für Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen, nach Richtlinie 2014/34/EU



11 Sicherheitstechnik – Typische Messgrößen für Prozess und Sicherheit



Druckaufnehmer



Coriolis-
Massendurchflussmesser

Temperaturfühler



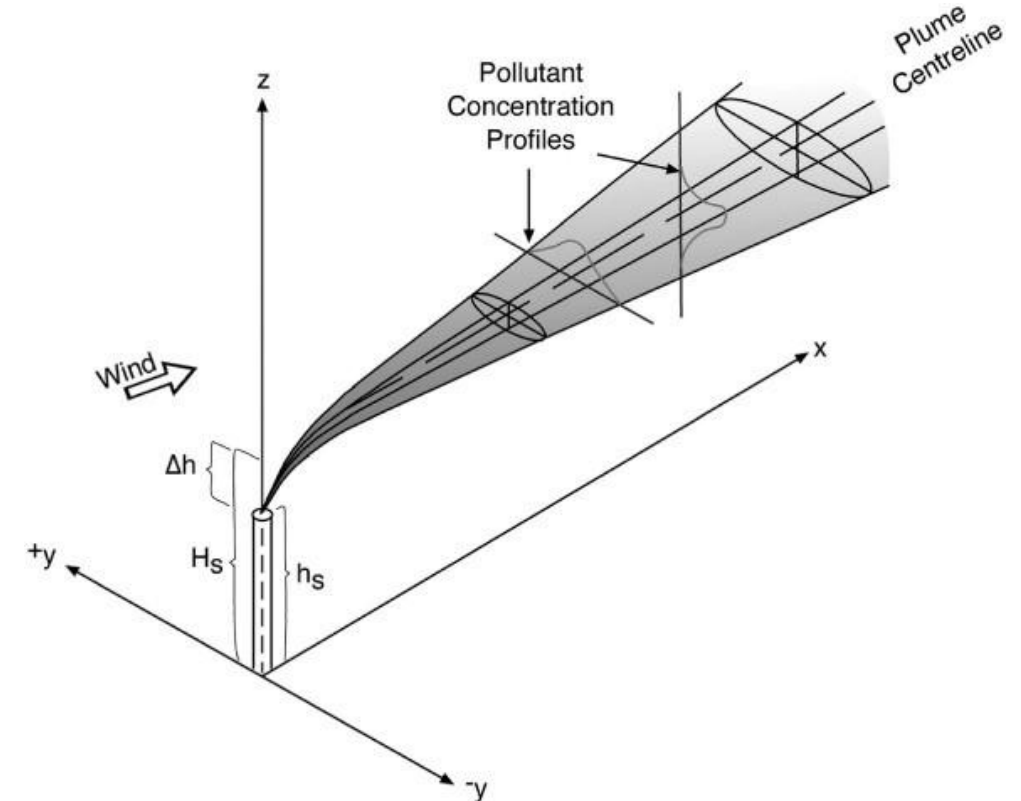
11 Sicherheitstechnik – Ausbreitung von Abgasen

Bei der Ausbreitung von Gasen im Falle z. B. des Öffnens eines Sicherheitsventils, werden folgende Daten berücksichtigt:

- Zusammensetzung des Gases
- Massenstrom am Austritt
- Dichte des Gases, weg des Verhältnisses zur Dichte der Umgebungsluft
- Wetterverhältnisse (Inversionswetterlagen, Windgeschwindigkeit)
- Bebauung in der Umgebung

Ergebnisse sind:

- In welchem Radius oder in welcher Entfernung ist mit einer gesundheitsgefährdenden Konzentration zu rechnen?
- In welchem Radius oder in welcher Entfernung ist mit einer Explosionsgefährdung zu rechnen?



Ebenso kann es auf Grund der Ausbreitung in Bodennähe zur Gefährdung von Leib und Leben kommen:

Daher werden die ERPG (Emergency Response Planning Guidelines) bzw. AEGL-Werte (Acute Exposure Guideline Level) bestimmt.

11 Sicherheitstechnik – Ausbreitung von Abgasen

Definition der ERPG und AEGL-Werte (es gibt weiter Beurteilungswerte, z. B. TEEL (Temporary Emergency Exposure Limits) und IDHL (Immediately Dangerous to Life and Health))

AEGL-1

AEGL-1 ist die luftgetragene Stoffkonzentration, ausgedrückt in [ppm] oder (mg/m³), ab der vorhergesagt wird, dass die Allgemeinbevölkerung ein spürbares Unwohlsein erleiden kann. Luftgetragene Stoffkonzentrationen unterhalb des AEGL-1-Wertes bedeuten Expositionshöhen, die leichte Geruchs-, Geschmacks- bzw. andere sensorische Reizungen oder leichte Irritationseffekte (d. h. beispielsweise leichte Reizung an Augen und/oder Nase) hervorrufen können.

AEGL-2

AEGL-2 ist die luftgetragene Stoffkonzentration ausgedrückt in [ppm] oder (mg/m³), ab der vorhergesagt wird, dass die Allgemeinbevölkerung irreversible oder andere schwerwiegende, lang andauernde Gesundheitseffekte erleiden kann oder bei der die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigt sein kann. Luftgetragene Stoffkonzentrationen unterhalb des AEGL-2- aber oberhalb des AEGL-1-Wertes bedeuten Expositionshöhen, die spürbares Unwohlsein hervorrufen können.

AEGL-3

AEGL-3 ist die luftgetragene Stoffkonzentration ausgedrückt in [ppm] oder (mg/m³), ab der vorhergesagt wird, dass die Allgemeinbevölkerung lebensbedrohliche oder tödliche Gesundheitseffekte erleiden kann. Luftgetragene Stoffkonzentrationen unterhalb des AEGL-3- aber oberhalb des AEGL-2-Wertes bedeuten Expositionshöhen, die irreversible oder andere schwerwiegende, lang andauernde Gesundheitseffekte hervorrufen oder die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigen können.

ERPG-Werte (Emergency Response Planning Guidelines) der AIHA

Hierbei handelt es sich wie bei den AEGL-Werten um drei Gefahrenniveaus mit ähnlichen festgelegten Kriterien. Im Unterschied zu den AEGL-Werten werden sie jedoch nur für eine Expositionszeit von einer Stunde berechnet. Die ERPG-Werte werden, sobald AEGL-Werte festgelegt sind, durch diese ersetzt.

ERPG-1 Wert

Der ERPG-1 Wert beschreibt die maximale luftgetragene Konzentration unterhalb derer angenommen wird, dass Individuen dieser bis zu einer Stunde ausgesetzt werden können und diesen keine anderen als leichte, vorübergehende Gesundheitseffekte oder nur nicht erkennbare Geruchsbelästigungen widerfahren.

ERPG-2 Wert

Der ERPG-2 Wert beschreibt die maximale luftgetragene Konzentration unterhalb derer angenommen wird, dass Individuen dieser 1 Stunde ausgesetzt werden können, ohne dass ihnen irreversible oder andere gravierende Gesundheitseffekte widerfahren, die ihre Fähigkeit beeinträchtigen können, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

ERPG-3 Wert

Der ERPG-3 Wert beschreibt die maximale luftgetragene Konzentration von der angenommen wird, dass Individuen dieser 1 Stunde ausgesetzt werden können, ohne dass lebensbedrohende Gesundheitseffekte auftreten oder sich entwickeln können.

11 Sicherheitstechnik – Wärmeabfuhr am Beispiel einer dosiertkontrollierten isotherm gefahrenen Reaktion

Bei schnellen und stark exothermen Reaktionen entscheidet die Dosiergeschwindigkeit über die pro Zeiteinheit freigesetzte Wärmemenge.

Sie ist so zu steuern, dass eine gefahrlose Kühlung möglich ist.

Beim halbkontinuierlichen Rührkessel steigt im Verlauf der Dosierung mit der Wärmeaustauschfläche die Kühlkapazität des Kessels (die pro Zeiteinheit abführbare Wärmemenge) an.

Daraus leiten sich zwei Möglichkeiten für eine isotherme Reaktionsführung ab:

- Regelung der Dosiergeschwindigkeit bei konstanter Kühlmitteltemperatur oder
- Regelung der Kühlmitteltemperatur bei konstanter Dosiergeschwindigkeit (hier nicht weiter betrachtet)

Grundlage zur Berechnung der optimalen Dosierzeit und des zeitlichen Verlaufs der Kühlmitteltemperatur bzw. der Dosiergeschwindigkeit ist die Wärmebilanzgleichung:

$$\frac{d(V_R \cdot \rho \cdot c_p \cdot T_R)}{dt} = V_R \cdot (r)_{V_R} \cdot (-\Delta_R H) + \rho_{\text{dos}} \cdot c_{p,\text{dos}} \cdot \dot{V}_{\text{dos}} \cdot T_{\text{dos}} + k_W \cdot A \cdot (\bar{T}_W - T_R)$$

Ersetzt wird das Volumen bzw. den Volumenstrom durch die Masse bzw. den Massestrom

$$m_R = V_R \cdot \rho$$

$$\dot{m}_{\text{dos}} = \frac{dm_R}{dt} = \dot{V}_{\text{dos}} \cdot \rho_{\text{dos}}$$

$$c_p \cdot \frac{d(m_R \cdot T_R)}{dt} = V_R \cdot (r)_{V_R} \cdot (-\Delta_R H) + \frac{dm_R}{dt} \cdot c_{p,\text{dos}} \cdot T_{\text{dos}} + k_W \cdot A \cdot (\bar{T}_W - T_R)$$

Für dosierkontrollierte Reaktionen wird der durch die chemische Reaktion entstehende Wärmefluss durch die Dosiergeschwindigkeit bestimmt:

$$V_R \cdot (r)_{V_R} \cdot (-\Delta_R H) = \dot{n}_{\text{dos}} \cdot (-\Delta_R H)$$

Nach Substitution des Molenstromes durch den Massestrom und der Einbeziehung des Stöchiometrikoeffizienten des dosierten Reaktanden folgt für den Wärmefluss durch chemische Reaktion:

$$\dot{n}_{\text{dos}} \cdot (-\Delta_R H) = \frac{\dot{m}_{\text{dos}}}{M_{\text{dos}}} \cdot \frac{(-\Delta_R H)}{\nu_{\text{dos}}} = \frac{dm_R}{dt} \cdot \frac{(-\Delta_R H)}{M_{\text{dos}} \cdot \nu_{\text{dos}}}$$

11 Sicherheitstechnik – Wärmeabfuhr am Beispiel einer dosiertkontrollierten isotherm gefahrenen Reaktion

Setzt man den Ausdruck der auf den dosierten Reaktanden bezogenen Enthalpie in folgender Weise

$$\frac{(-\Delta_R H)}{M_{\text{dos}} \cdot v_{\text{dos}}} = (-\Delta_R h)_{\text{dos}}$$

in die Wärmebilanzgleichung ein, ergibt sich:

$$c_p \cdot \frac{d(m_R \cdot T_R)}{dt} = \frac{dm_R}{dt} \cdot (-\Delta_R h)_{\text{dos}} + \frac{dm_R}{dt} \cdot c_{p,\text{dos}} \cdot T_{\text{dos}} + k_W \cdot A \cdot (\bar{T}_W - T_R)$$

Die Zerlegung des Produktes in Differentialquotienten, ergibt:

$$\frac{d(m_R \cdot T_R)}{dt} = T_R \cdot \frac{dm_R}{dt} + m_R \cdot \frac{dT_R}{dt}$$

Bei isothermer Reaktionsführung entfällt der Term

$$m_R \cdot \frac{dT_R}{dt} = 0$$

$$\frac{d(m_R \cdot T_R)}{dt} = T_R \cdot \frac{dm_R}{dt}$$

Nach Einsetzen dieses Ausdrucks, Einführung einer mittleren Wärmekapazität und Umstellen folgt:

$$0 = \frac{dm_R}{dt} \cdot [(-\Delta_R h)_{\text{dos}} + \bar{c}_p \cdot (T_{\text{dos}} - T_R)] + k_W \cdot A \cdot (\bar{T}_W - T_R)$$

Die Wärmeaustauschfläche steigt im Verlauf der Umsetzung und damit auch die Kühlkapazität des Rührbehälters. Für einen zylindrischen, mantelgekühlten Rührbehälter wird die Fläche nach folgender Gleichung berechnet:

$$A = \pi \cdot r_P^2 + 2\pi \cdot r_P \cdot h$$

Die Füllhöhe hängt mit dem Reaktionsvolumen

$$V_R = \pi \cdot r_P^2 \cdot h = \frac{m_R}{\rho}$$

bzw. der Reaktionsmasse wie folgt zusammen:

$$h = \frac{m_R}{\rho \cdot \pi \cdot r_P^2}$$

Nach Einsetzen ergibt sich der Zusammenhang zwischen Wärmeaustauschfläche und Reaktionsmasse:

$$A = \pi \cdot r_P^2 + \frac{2 \cdot m_R}{\rho \cdot r_P}$$

Nach Einsetzen erhält man:

$$0 = \frac{dm_R}{dt} \cdot [(-\Delta_R h)_{\text{dos}} + \bar{c}_p \cdot (T_{\text{dos}} - T_R)] + \pi \cdot r_P^2 \cdot k_W \cdot (\bar{T}_W - T_R) + \frac{2 \cdot k_W \cdot (\bar{T}_W - T_R)}{\rho \cdot r_P} \cdot m_R$$

11 Sicherheitstechnik – Wärmeabfuhr am Beispiel einer dosiertkontrollierten isotherm gefahrenen Reaktion

Stellt man nach dm_R/dt um, ergibt sich:

$$\frac{dm_R}{dt} = \dot{m}_{dos} = \frac{\mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W) \cdot \pi \cdot r_P^2}{(-\Delta_R h)_{dos} + \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} + \frac{2 \cdot \mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W)}{\rho \cdot r_P \cdot (-\Delta_R h)_{dos} + \rho \cdot r_P \cdot \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} \cdot m_R$$

In der Differentialgleichung werden Wärmekapazität und Dichte als konstante Größen während der Dosierung angenommen. Für den Wärmedurchgangskoeffizienten wird der kleinste Wert für das Reaktionsendprodukt eingesetzt und so der ungünstigste Fall für den Wärmedurchgang berücksichtigt. Für die Berechnung des zeitlichen Verlaufs der Dosiergeschwindigkeit mit konstanter Temperaturdifferenz zwischen Reaktionsraum und Mantel, differenziert man nach der Zeit und erhält:

$$\frac{d\dot{m}_{dos}}{dt} = \frac{2 \cdot \mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W)}{\rho \cdot r_P \cdot (-\Delta_R h)_{dos} + \rho \cdot r_P \cdot \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} \cdot \dot{m}_{dos} \quad \text{Trennung der Variablen und Integration} \quad \int_{\dot{m}_{dos}^0}^{\dot{m}_{dos}} \frac{d\dot{m}_{dos}}{\dot{m}_{dos}} = \frac{2 \cdot \mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W)}{\rho \cdot r_P \cdot (-\Delta_R h)_{dos} + \rho \cdot r_P \cdot \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} \cdot \int_0^t dt$$

führen zum Zusammenhang zwischen Dosiergeschwindigkeit und Dosierzeit: $\dot{m}_{dos} = \dot{m}_{dos}^0 \cdot e^{\frac{2 \cdot \mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W)}{\rho \cdot r_P \cdot (-\Delta_R h)_{dos} + \rho \cdot r_P \cdot \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} \cdot t}$

Die Dosiergeschwindigkeit zu Beginn der Dosierung berechnet sich: $\dot{m}_{dos} = \frac{\mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W) \cdot \pi \cdot r_P^2}{(-\Delta_R h)_{dos} + \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} + \frac{2 \cdot \mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W)}{\rho \cdot r_P \cdot (-\Delta_R h)_{dos} + \rho \cdot r_P \cdot \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} \cdot m_R$

mit Hilfe der Masse des im Rührbehälter vorgelegten Reaktanden: $\dot{m}_{dos}^0 = \frac{\mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W) \cdot \pi \cdot r_P^2}{(-\Delta_R h)_{dos} + \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} + \frac{2 \cdot \mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W)}{\rho \cdot r_P \cdot (-\Delta_R h)_{dos} + \rho \cdot r_P \cdot \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} \cdot m_R^0$

Einsetzen ergibt die Berechnungsgleichung für die zeitliche Abhängigkeit der Dosiergeschwindigkeit:

$$\dot{m}_{dos} = \left(\frac{\mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W) \cdot \pi \cdot r_P^2}{(-\Delta_R h)_{dos} + \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} + \frac{2 \cdot \mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W)}{\rho \cdot r_P \cdot (-\Delta_R h)_{dos} + \rho \cdot r_P \cdot \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} \cdot m_R^0 \right) \cdot e^{\frac{2 \cdot \mathbf{k}_W \cdot (T_R - \bar{T}_W)}{\rho \cdot r_P \cdot (-\Delta_R h)_{dos} + \rho \cdot r_P \cdot \bar{c}_p (T_{dos} - T_R)} \cdot t}$$

11 Sicherheitstechnik – Wärmeabfuhr verallgemeinert

- Überhitzungen können zu Neben- und Zersetzungsreaktionen führen
- In der Folge kann es nicht nur Qualitätsprobleme geben, sondern auch zu Druckaufbau können
- Letzteres wiederum kann zu unkontrollierbaren Zuständen kommen

Für weitere Abweichungen von der gewünschten Fahrweise hier der Verweis auf das Thema HAZOP

Anmerkung:

Für die Berechnung der Wärmeabfuhr verschiedener Reaktoren sei auf den VDI Wärmeatlas verwiesen. Ein Versuch mit einer Modellflüssigkeit im realen System sei empfohlen, wenn es möglich ist. Fouling-Effekte, die den Wärmeübergang im System verringern sind im Vorfeld zu berücksichtigen.

11 Sicherheitstechnik – FMEA

Teilbereich	Arbeits- oder Prozessschritt	Versagensmodus	Schwere der Auswirkung	S E V	Mögliche Ursachen und Frequenz	O C C	Schutzsysteme und Detektionsmöglichkeit	D E T	R P N	Empfohlene Maßnahmen	Umsetzung durch	Umgesetzte Maßnahmen	S E V	O C C	D E T	R P N
	Was ist die Tätigkeit?	Wie kann das System, Subsystem oder der Arbeitsschritt eine Störung aufweisen, aus der ein Sicherheitsrisiko entsteht?	Was ist die Auswirkung auf die Sicherheit?	Wie schwerwiegend ist die Auswirkung?	Welche Ursachen kann diese Störung haben?	Mit welcher Wahrscheinlichkeit tritt das	Mit welchen existierenden Vorkehrungen, Prozeduren oder Schutzeinrichtungen kann der Fehler erkannt werden, bzw. die Gefahr abgewendet werden?	Mit welcher Wahrscheinlichkeit wird die	Risikozennzahl (>200 Maßnahme erforderlich)	Welche Maßnahmen können die Risiko wirksam reduzieren?	Wer setzt um und bis wann?	Was wurde umgesetzt? Anschließend Risikokennzahl rechts prüfen				
				3		6		6	✓ 108				3	4	6	✓ 72
				6		8		2	✓ 96							✓ 0
				9		8		4	✗ 288				5	7	4	✓ 140

11 Sicherheitstechnik – FMEA

RATING	DEGREE OF SEVERITY	PROBABILITY OF OCCURRENCE			ABILITY TO DETECT	
			FREQUENCY (1 in ...)	Cpk		Detection Certainty
1	USG-Auswirkung nicht signifikant; Anlagenfahrer wird diesen Effekt nicht wahrnehmen	Entfernte Möglichkeit des Auftretens	1.000.000	> 1.67	Fehler wird sicher erkannt und Gefahr kann abgewendet werden	100%
2	USG-Auswirkung ist klein; Anlagenfahrer wird diesen Effekt wahrnehmen	Geringe Auftretenswahrscheinlichkeit, Eintritt wird erfasst	20.000	1,33	Fehler wird sehr wahrscheinlich erkannt und Gefahr kann abgewendet werden.	99%
3	Kleinere Auswirkungen auf USG, geringfügige Stofffreisetzung möglich, z.B. durch Reste. Anlagenfahrer wird dies als störend empfinden.	Geringe Auftretenswahrscheinlichkeit, Eintritt wird nicht erfasst	5.000	approx. 1.0	Fehler wird wahrscheinlich nicht erkannt, bevor eine Gefahr eintritt	95
4	Auswirkungen auf USG, geringfügige Stofffreisetzung möglich, z.B. durch Leckagen, Spritzer. Stressfaktor für Anlagenfahrer, ggf. Frustration.	Sporadisches Auftreten	2.000	< 1.0	Fehler wird wahrscheinlich nicht erkannt, ein Schutzsystem kann diesen ggf. abfangen	90
5	Nennswerte Auswirkung auf USG. Mehr als eine Person betroffen oder Personalbindung durch Aufräumarbeiten oder Zutrittsrestriktionen.	Gehäufte Auftretenswahrscheinlichkeit, mit Erfassung	500		Fehler wird sehr wahrscheinlich nicht erkannt, ein Schutzsystem kann diesen abfangen	85
6	Erhebliche Auswirkung auf USG. Anlagenschäden oder Dekontaminationsaufwand abzusehen. Ohne Anlagenschaden Produktionsstopp möglich. Einbindung von QA erforderlich.	Gehäufte Auftretenswahrscheinlichkeit, ohne Erfassung	100		Fehler wird sehr wahrscheinlich nicht erkannt, ein Schutzsystem kann möglicherweise nicht abfangen	80
7	Erhebliche Auswirkung auf USG. Anlagenschäden oder Dekontaminationsaufwand abzusehen. Ohne Anlagenschaden Produktionsstopp möglich. Umarbeitung erforderlich oder Produktverlust (Abfall).	Hohe Auftretenswahrscheinlichkeit mit Erfassung	50		Fehler wird wahrscheinlich nicht erkannt und Gefahrenabwehr durch Schutzsystem nicht wahrscheinlich	70
8	Starke Auswirkung auf Anlagensicherheit oder Umwelt oder Gesundheit. Ansprechen von Schutzsystemen zu erwarten. Aufräum, Reinigungs und Reparaturarbeiten erforderlich. Medizinische Betreuung der MA erforderlich.	Hohe Auftretenswahrscheinlichkeit ohne Erfassung	20		Fehler wird sicher zu spät erkannt	60
9	Starke Auswirkung auf Anlagensicherheit oder Umwelt oder Gesundheit. Unangekündigter Anlagenausfall. Lieferverzug oder - unfähigkeit. Rettungsdienstinsatz.	Auftreten ist als sicher anzusehen aufgrund von Spezifikationen oder Tests	10		Fehler wird wahrscheinlich gar nicht erkannt oder die Gefahr sicher nicht abgewehrt	50
10	Schwerste Auswirkungen auf USG. Anlagenverlust, Mitarbeiter in Gefahr. Verletzung von gesetzlichen Vorgaben.	Fehler wird sicher eintreten aufgrund von Spezifikation oder Tests	2		Der Fehler kann nicht detektiert werden	< 50

11 Sicherheitstechnik – HAZOP/PAAG

Das PAAG-Verfahren ist ein Verfahren der Sicherheitstechnik und dient der Untersuchung der Sicherheit von technischen Anlagen. PAAG steht für: **Prognose, Auffinden der Ursache, Abschätzen der Auswirkungen, Gegenmaßnahmen.**

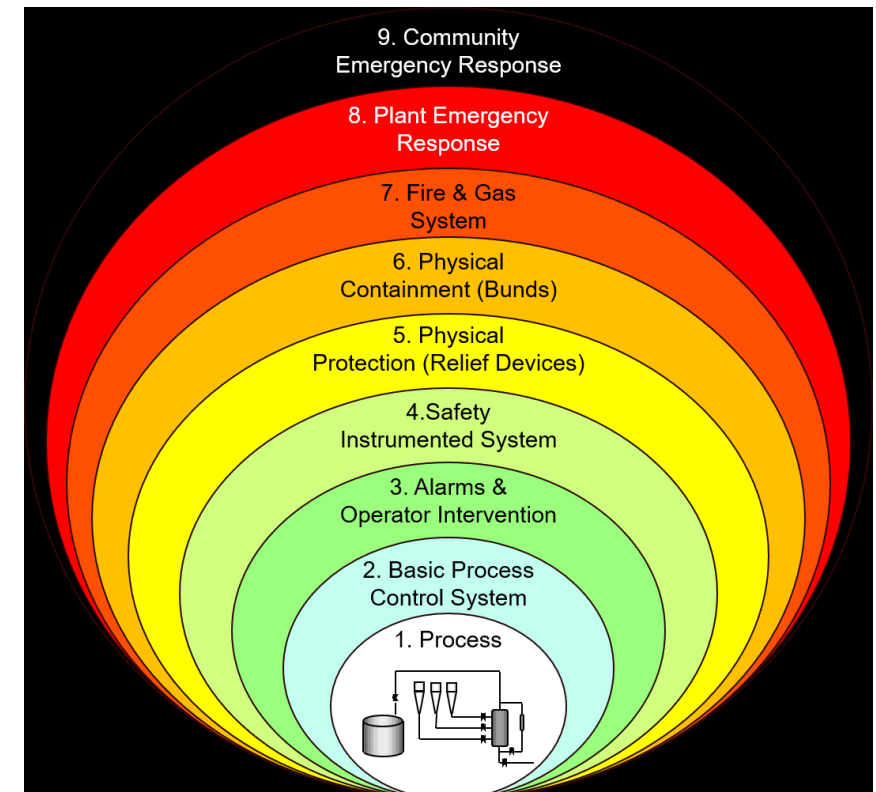
Ein Expertenteam aus verschiedenen Fachgebieten unter Leitung eines Moderators untersucht in Besprechungen alle Teile einer Anlage durch systematische Analyse.

PAAG: Berufsgenossenschaft Chemie

HAZOP: ICI (Imperial Chemical Industries) in Großbritannien
entwickeltes Verfahren (**Hazard and Operability**)

Zusätzlich gibt es noch das HAZID-Verfahren (**Hazard Identification**),
ein generelles Abschätzen von Gefahren und Maßnahmen zur deren Kontrolle,
oder das LOPA-System (**Layers of Protection Analysis**).

Für das Durchführen sind Teams nötig, der
Process Owner (z. B. der Betriebsleiter), ein
Sicherheitsexperte, der Anlageningenieur und
i. d. R. ein geschulter Moderator sind nötig.



11 Sicherheitstechnik – HAZOP/PAAG

Typische Prozessabweichungen:

- Temperatur (auch Neben- und Folgereaktionen)
- Druck
- Durchfluss
- Füllstand/Überfüllung
- Viskosität
- pH-Wert
- Falsche Chemikalien (Verwechslung)
- Mengen falsch
- Konzentrationen falsch
- Verunreinigungen
- Falsche Stabilisierung, z. B. von Monomeren
- Katalytische Effekte
- Not-Aus
- Ausfall Stickstoff
- Ausfall Strom (auch Ausfall Rührer)
- Ausfall Steuerluft
- Elektrostatik
- ...

Leitwort-Methode

- Nein, nicht Sollfunktion erfolgt nicht oder wird negiert
- Mehr Quantitativer Zuwachs, es geschieht zu viel
- Weniger Quantitative Abnahme, es geschieht zu wenig
- Sowohl als auch Zusätzlich passiert etwas anderes
- Teilweise Sollfunktion erfolgt unvollständig
- Umkehrung Es geschieht das Gegenteil
- Anders als Substitution: Sollfunktion erfolgt nicht, dafür aber etwas anderes

11 Sicherheitstechnik – HAZOP/PAAG

Leitwort	Abweichung	Mögliche Ursachen	Folgen	Notwendige Maßnahmen
KEIN	Kein Durchfluss	Kein Kohlenwasserstoff mehr im Vorratstank Die Treibstoffpumpe fällt aus (Motorschaden, Stromausfall, Korrosionsschäden etc.)	Der Reaktor erhält keinen Nachschub wie oben	1) Sicherstellen, dass die Kommunikation zwischen Reaktor und Vorratstank funktioniert. 2) Einrichtung eines Alarms bei niedrigem Tankfüllstand. abgedeckt von 2)
MEHR	Mehr Durchfluss	Kontrollventil für den Füllstand versagt und bleibt dauerhaft offen oder das Kontrollventil für den Füllstand wird fälschlich überbrückt	Der Zwischentank läuft über.	3) Einrichtung eines Alarms bei hohem Tankfüllstand. 4) Überprüfung der Größe des Überlaufs 5) Einrichtung eines automatischen Schließmechanismus für die ungenutzte Überbrückung des Kontrollventils für den Füllstand
	Mehr Druck	Das Trennventil oder das Kontrollventil für den Füllstand ist geschlossen, während die Pumpe aktiviert ist	Die Leitung wird dem vollen Druck der Pumpe ausgesetzt	6) Einrichtung einer Rückschlagsicherung an der Pumpe
	Mehr Hitze	Die Temperatur des Zwischentanks ist hoch	Der Druck in der Übertragungsleitung und dem Zieltank erhöht sich	7) Einrichtung eines Alarms bei hoher Temperatur im Zwischentank
...	...	...	...	...

HAZOP Manager V7.0 - [Example1.hdf]

File Edit View GoTo Record Analyse Utilities Window Help

NODE: 1.0 COMPRESSOR C-58301, SUCTION AND DISCHARGE THROUGH

DRAWINGS: P&ID Screw Compressor, OGC-1001-675-1, Rev. B1

DEVIATION	CAUSE	CONSEQUENCE	SAFEGUARDS	ACTION
Flow More	Compressor capacity control malfunction.	Reduced pressure in V-40123 upstream, resulting in low NPSH to Pump P-4098 taking suction from that vessel, with possible cavitation and damage.	PAL-4845 on the local panel.	Provide a Central Control Room low pressure alarm from pressure controller PC-4916.

5

N(N)-

FREQUENCY: 2

CATGRY: 2

SEVRTY: 2

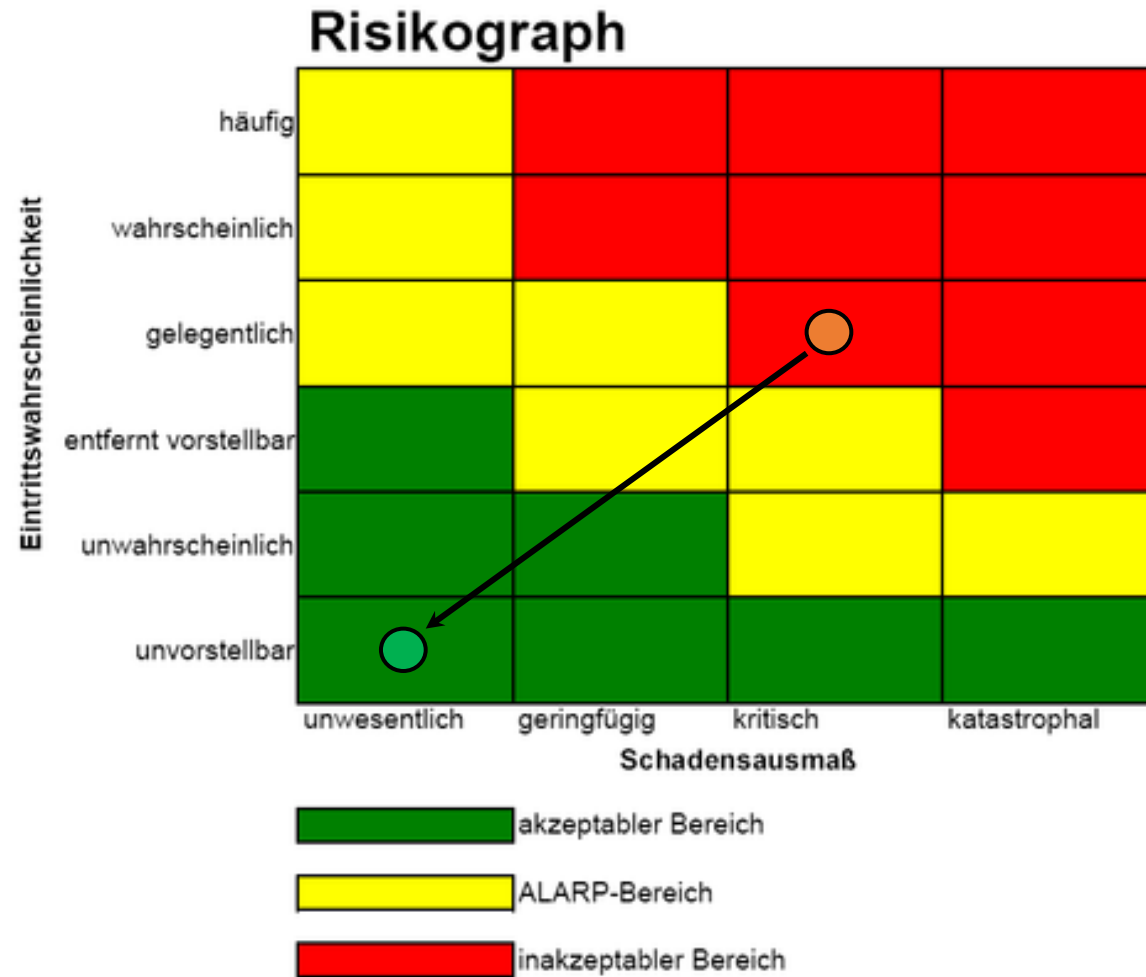
RISK: 2R

ACTION NO: [REF] ASSIGNED TO: RESPOND BY: TYPE:

2 M Anderson - Process 22 MAY 2020 DC

Es sind Softwaretools verfügbar, mit denen der Prozess durchgeführt werden kann, oft werden Excel-Tabellen verwendet.

11 Sicherheitstechnik – HAZOP/PAAG



Ergreifen von Maßnahmen, um in den grünen Bereich zu kommen.

11 Sicherheitstechnik: Lernkontrolle

1. Bestimmen Sie die Explosionszonen in einem Kessel, in dem brennbares Lösungsmittel mit niedrigem Flammpunkt und ein staubförmiger Feststoff gehandhabt werden.
Geben Sie die Abstufung außerhalb des Kessels ebenso an.
2. Was sind Zündquellen?
3. Was ist primärer, sekundärer und tertiärer Explosionsschutz?
4. Wovon hängt die Temperaturklassen ab?
5. Was ist die Funktion einer Überwachungs- und einer Schutzeinrichtung?
6. Was gibt das SIL an?
7. Was können organisatorische Maßnahmen zu Minimierung von Gefahren sein?
8. Wofür sind Ausbreitungsrechnungen nötig?
9. Was muss sichergestellt sein, damit die Reaktionswärme sicher abgeführt werden kann?
10. Welche Tool/Methoden können Sie verwenden, um die Sicherheit bei der Übertragung vom Labor oder der Pilotanlage in die Produktion zu beurteilen?
11. Beschreiben sie das Vorgehen bei der HAZOP an einem Beispiel.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

12 Digitalisierung – Anwendungsbeispiele Industrie 4.0 aus der Produktion



Die Ausgangssituation:

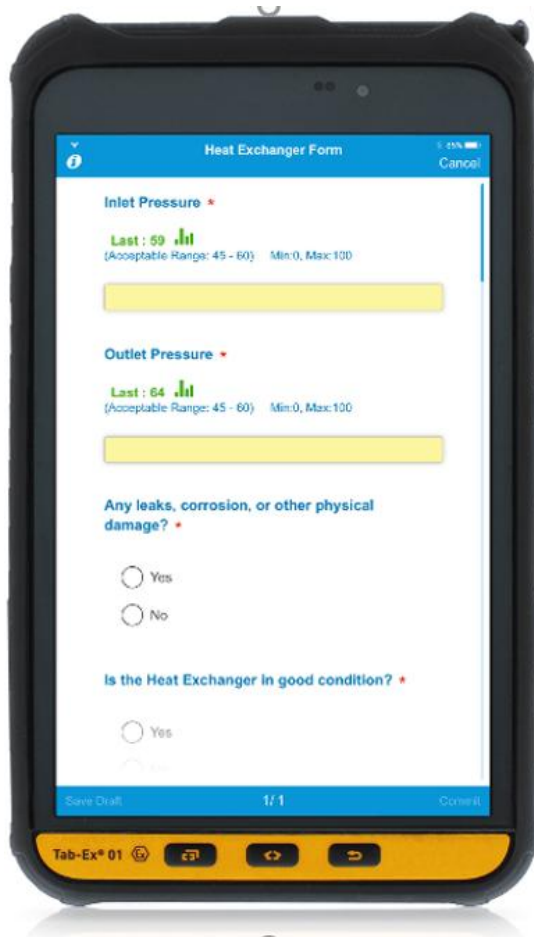
- Viele Anlagen sind viele Jahrzehnte alt
- Oftmals fehlt eine durchgehende Automatisierung
- Investitionsgelder sind knapp, werden häufig für strategisches Wachstum und sog. Compliance-Themen (Einhalten von Gesetzen, Verordnungen, Regelwerken) ausgeben
- Gleichzeitig ist Digitalisierung in aller Munde und wird nicht selten zur Taskforce

12 Digitalisierung – Systeme

Wichtige Systeme sind (keine Vollständigkeit):

- SAP: Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung
- MES: Manufacturing Execution System
- PLS: Prozessleitsystem
- LIMS: Labor Information Management System
- PIMS: Production Information Management System

12 Digitalisierung – Anwendungsbeispiele Industrie 4.0 aus der Produktion



Ideen zu Beiträgen bezüglich Digitalisierung „Big Data“:

- Die automatische Erfassung von Lagerbeständen spielt eine zentrale Rolle; es wird zum einen „händisch“ zum anderen „in voll automatisierten Lagern und Hochregallagern“ eingelagert; die Erfassung von Vorräten auf der Rohstoff und der Produktseite gibt Aufschluss auf die Nachbestellmengen, die automatisch gestartet werden können; dabei spielen Barcode-Systeme eine wichtige Rolle
- Ein Verschieben von Produktionsmengen an andere Standorte abhängig von der Marktlage ist möglich, wenn die Produktion am anderen Standort dieses Produkt herstellen kann
- Ein Zugriff auf Produktionsdaten (z. B. PIMS) ermöglicht fortlaufende Optimierung und ermöglicht die Reduzierung von Produktionsabweichungen (siehe OEE)
- Die digitale Erfassung von Daten aus Rundgängen ermöglicht eine bessere Auswertung und reduziert Suchaufwand z. B. bei Audits und die Papiermenge
- Die digitale Erfassung von Ereignissen, Unfällen und sog. Near Misses ermöglicht eine bessere Sichtbarkeit für andere Bereiche (auch globale Produktionsstandorte) und damit ein besseres „Lernen aus Vorkommnissen“

12 Digitalisierung – Kleiner Exkurs zur digitalen Ethik

Link zu einer technisch
brillanten Entwicklung und
Einladung zum Diskurs



12 Digitalisierung: Lernkontrolle

1. Was verstehen Sie unter der Digitalisierung in der Prozessindustrie?
2. Welche Regeln sollten eingehalten werden?
3. Nennen Sie Beispiele für Anwendungen in Bestandsanlagen und bei neuen Anlagen.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ziel der Vorlesung
- 2 Geschichtliche Entwicklung
- 3 Äußere Organisation eines Unternehmens
- 4 Betriebliche Organisation
- 5 Produktion und deren Optimierung
- 6 Finanzziele
- 7 Personalführung
- 8 Schnittstellen zu anderen Bereichen
- 9 Wartung und Instandhaltung
- 10 Investitionen
- 11 Sicherheitstechnik
- 12 Digitalisierung
- 13 Arbeitswelt in der Zukunft

13 Arbeitswelt in der Zukunft – agile Methoden

Agilität als Ansatz zur Personalführung mit dem Ziel, selbst organisierende Teams zu entwickeln und zu fördern, vgl. auch Kapitel 7.

Die Arbeitswelt wird immer dynamischer, Menschen übernehmen mehrere Aufgaben, aus Kostengründen steht die Anzahl der FTE immer auf dem Prüfstand, es ist erforderlich, dass Menschen sich weiterbilden und damit ihren Wert für das Unternehmen erhöhen, ein Großteil der Arbeitnehmer wird Mitdenken und mitgestalten, in der Vergangenheit wurde eher hierarchisch geführt und Aufgaben wurden abgearbeitet. Selbstorganisiertes Arbeiten wird in den Vordergrund rücken und etwa die Hälfte aller Mitarbeiter hat die Voraussetzung das auch zu tun.

Der Wunsch „Wir wollen agiler werden.“ ist ebenso wie „Wir stecken X Mio. € in die Digitalisierung.“ nur eine Worthölse, solange nicht klar ist, was genau gemeint ist und was das Unternehmen davon hat.

Der „Mindset“ (also „Verstand“ und „Einstellung“) sollte klar zu den Unternehmenszielen, den Werten und der Vision passen.

13 Arbeitswelt in der Zukunft – agile Methoden

Klassisch	Agil
Anforderungen zu Beginn bekannt	Anforderungen zu Beginn unscharf
Änderungen von Anforderungen während Projektverlauf schwierig	Änderungen an Anforderungen während Projektverlauf eingeplant
Hohe Kosten für späte Anforderungsänderungen	Mäßige Kosten für späte Anforderungsänderungen
Anforderungsbeschreibung aus technischer Sicht (Features)	Anforderungsbeschreibung aus Kundensicht (Anwendungsfälle)
Sequenzieller Entwicklungsprozess	Iterativer Entwicklungsprozess
Starrer Projektmanagementprozess	Fortlaufende Prozessverbesserungen
Kunde sieht nur Endergebnis	Kunde bewertet Zwischenergebnisse
Wenn es eng wird, eher Meilensteine schieben	Wenn es eng wird, eher Aufwand verringern
Große Teams möglich	Relativ kleine Teams nötig
Klare Hierarchie	Selbstorganisierte Teams
Viele Spezialisten im Team	Viel gemeinsame Verantwortung
Team sitzt verteilt und ist in mehreren Projekten tätig	Team sitzt zusammen und hat Fokus auf ein Projekt
Aufgaben von oben zuteilen	Aufgaben selbstständig übernehmen
Viel Kommunikation über Dokumente und Meetings	Viel informelle Kommunikation und Standup-Meetings
Aufwandsschätzung durch Projektleiter oder Experten	Aufwandsschätzung gemeinsam im Team

Es heißt nicht, dass die klassischen Methoden ausgedient haben. Es ist immer zu prüfen, wann und mit wem welches Tool Verwendung finden kann. Die neuen Methoden können aber als Bereicherung und durchaus erfolgsversprechend sein.

13 Arbeitswelt in der Zukunft – agile Methoden

Was also ist Agilität?

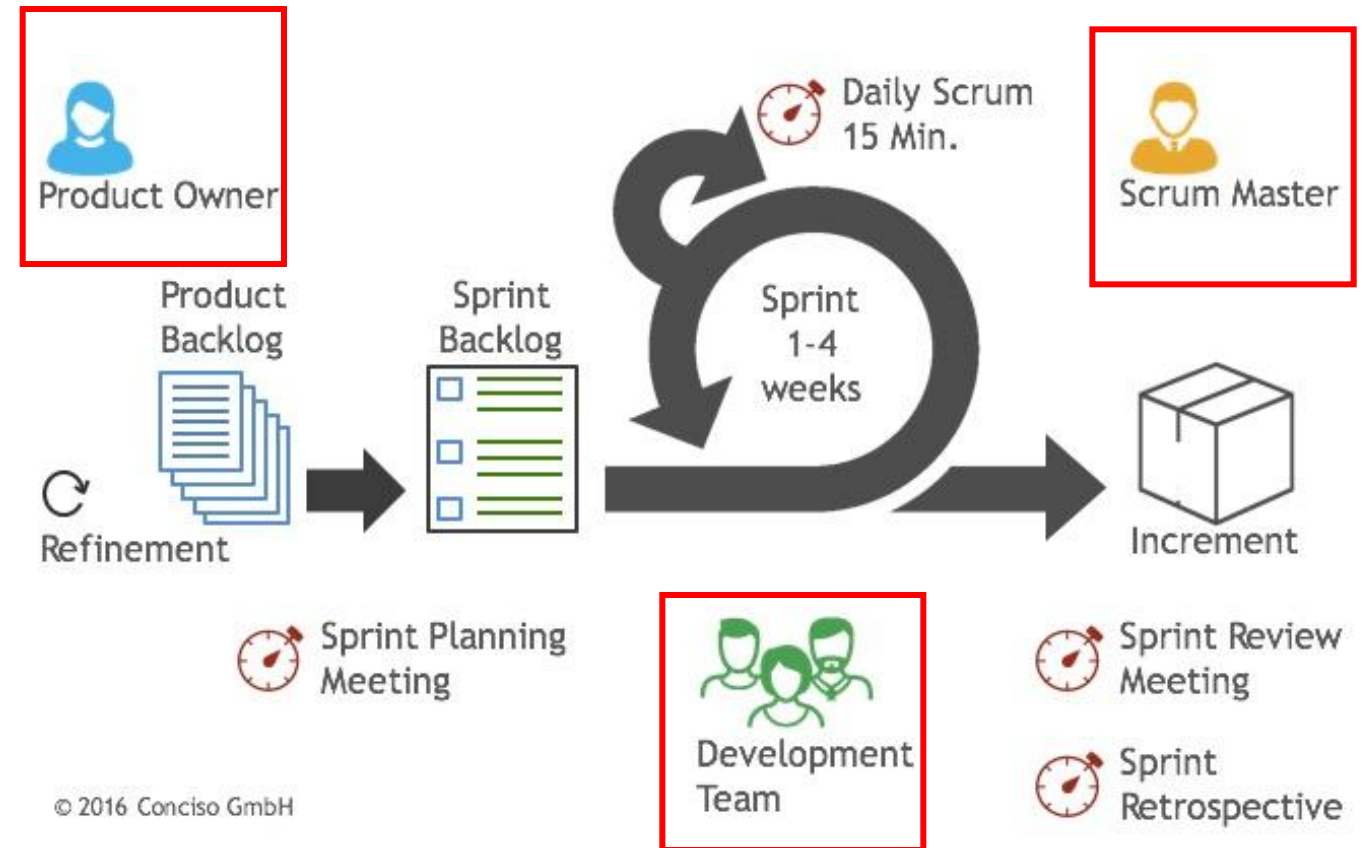
- Agilität ist die Fähigkeit einer Organisation, Veränderungen wahrzunehmen und dynamisch, d. h. schnell und flexibel darauf zu reagieren, Chancen, Risiken, Stärken und Schwächen zu erkennen und damit umgehen zu können.
- Um das Leben zu können müssen Prozesse so aufgesetzt sein, dass dies ermöglicht wird. Das erfordert Kommittent, Feedback, Lernen und vor allem Vertrauen.
- Dieses Vorgehen wird nicht von allen Führungskräften gelebt, unterstützt, Entscheidungen werden nicht getroffen oder vertagt und es stellt sich Handlungsunfähigkeit ein.
- Um möglichst nah am Optimum arbeiten zu können ist es wichtig, die Mitarbeiter ihren Fähigkeiten nach einzusetzen, daher sollten Performance der Mitarbeiter und die Anforderungen an die Stelle regelmäßig überprüft werden.
- Bekannte Kommunikationsmethoden müssen selbstredend weiterhin bestehen bleiben, z. B. gewaltfreie Kommunikation.

Beispiele:

- 15 minütiges Meeting am Stehtisch beim Kaffee, um den Tagesablauf und die Aufgaben zu besprechen (Produktionsmeeting mit Agenda)
- Wöchentliches Treffen am Obeya-Board oder im Obeya-Room

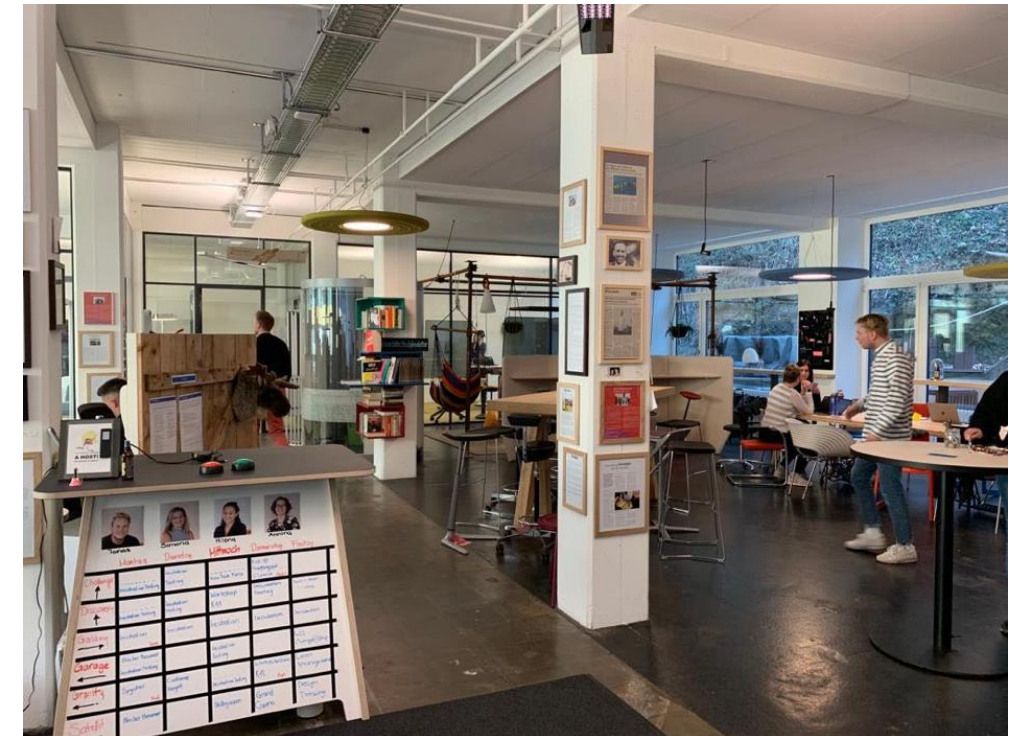
13 Arbeitswelt in der Zukunft – agile Methoden: SCRUM

- Ist eine Methode um sehr schnell zu Ergebnissen zu kommen.
- Stammt aus der Software-entwicklung und wird dort seit den 1990er Jahren eingesetzt. Das Basisprogramm wird z. B. entwickelt und dann kommen in Sprints immer weitere Funktionalitäten dazu, dem Owner liegt somit immer ein (Teil-)Ergebnis vor.
- Das Thema ist in aller Munde, jedoch benötigt man ein passendes Thema, damit die Methode zum Einsatz kommen kann. Nachhaltigkeit und Reduzierung der Abweichungsgründe bei OEE sind Beispiele aus der Produktion, bei denen SCRUM Einsatz finden kann.
- SCRUM ist eine agile Methode, vgl. auch Kapitel 13.



13 Arbeitswelt in der Zukunft – agile Methoden

- Kernidee der Agilität ist die Selbstorganisation von hochmotivierten Teams
- im Team müssen die nötigen Kompetenzen vorhanden sein, d. h. die Vorgesetzten müssen vertrauen
- Gerade bei kreativen Köpfen anwendbar, z. B. in der Produktentwicklung oder beim überarbeiten von Abläufen und Prozessen
- Es werden „OpenSpaces“ oder „LivingLabs“ eingerichtet, in denen auch mehrere Tage am Stück verbracht werden können
- Solche Angebote gibt es nicht nur bei Start-Up Unternehmen sondern auch in großen Konzernen



13 Arbeitswelt in der Zukunft – flexible Zeitmodelle

Jobsharing

- Auf der Kostenstelle steht weiterhin eine Person, die z. B. mit 2 Mal 50 % verrechnet wird
- In welchen Bereichen ist das möglich (im Labor, auf Leitungsebene, in Arztpraxen)

Urlaub / Gleittage

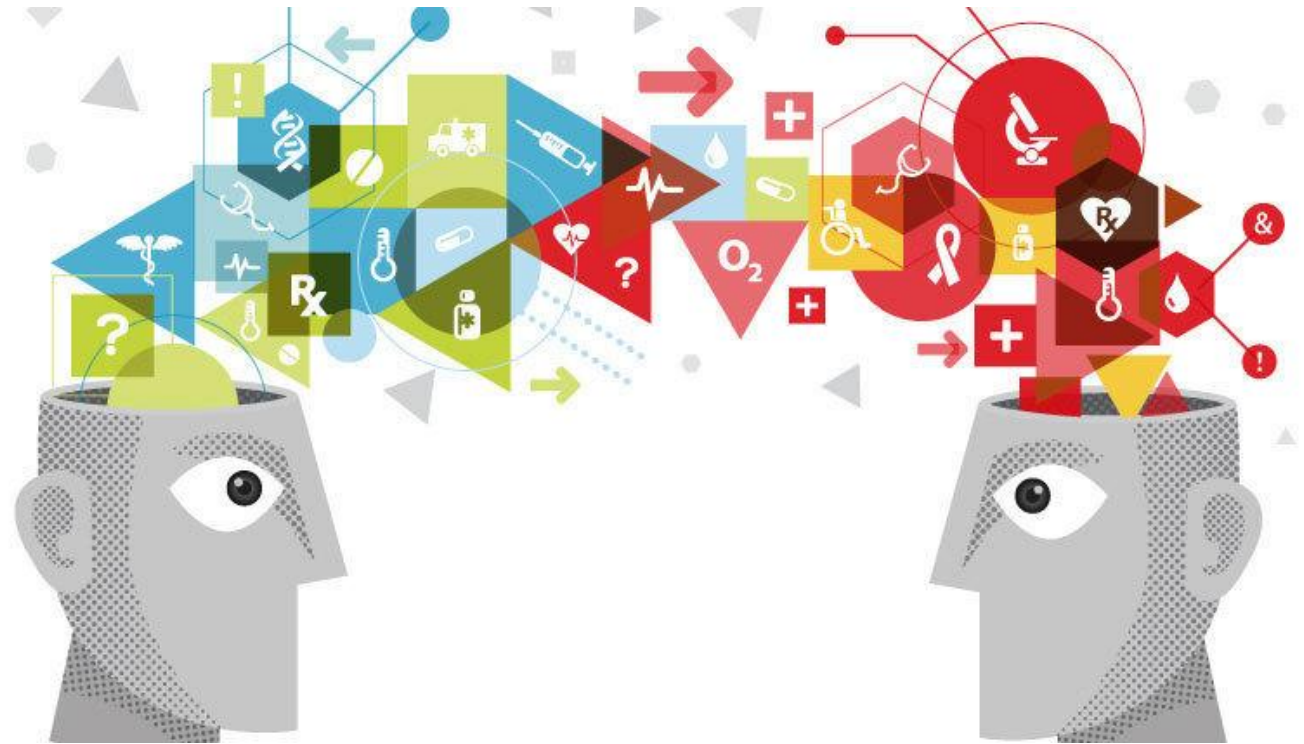
- AT MA bis zu 42 Tage Urlaub, damit auch „Gleittage“ abgegolten
- AT MA sogenannte Leistungsbarometer, bei dem dann bei sehr hoher Auslastung (Ampelfarbe gelb oder rot) Gleittage genommen werden können

Homeoffice

- Diese Flexibilität kann auch bei hoher Arbeitsbelastung die Zufriedenheit der MA fördern
- Hier ist aber nicht ratsam, zu übertreiben

Betriebs-Kita

- Weitere Flexibilität schafft eine Kita in der Nähe, die es Eltern ermöglicht, zeitnah nach der Geburt des Kindes wieder zu arbeiten
- Leider selten anzutreffen, vermutlich auf Grund der Primärkosten





13 Arbeitswelt in der Zukunft – Kommunikation

Facebook
Twitter
Teams
Sharepoints
IBM Connections
Clouds

E-Mail
Ordnerstrukturen
auf Laufwerken
SMS

Briefe
Ordner
Telefon
FAX



Es gibt sehr viele Entwicklungen und die Vielzahl der Möglichkeiten hat für jeden etwas parat. Aber wie bewegt man sich zwischen den vielen Kommunikationsmedien – möglichst sicher?

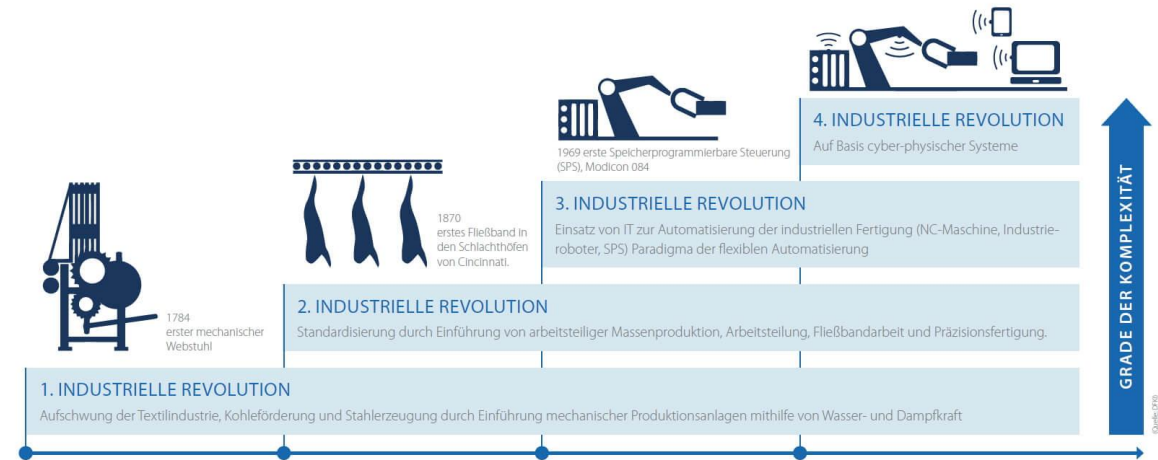
13 Arbeitswelt in der Zukunft – Kommunikation

- **Es ist sehr sinnvoll im Team zu klären, welche Dokumente es gibt, wie sie verschickt werden und wo sie dann abgelegt werden und was sinnvolle Dateinamen sind. Das ermöglicht die Wiederauffindbarkeit und reduziert die Suche.**
- **Auf Grund von Datensicherheit sollte jedem MA klar sein, welche Art von Dokumenten und Inhalten über welche Medien verteilt oder wo sie gespeichert werden können (Verweis auf die jeweiligen IT-Security Abteilungen).**
- **Digital, aber gut (Die Zeit)**
Algorithmen sind nicht nur Nullen und Einsen, sie haben auch eine soziale Dimension, die Frage ist, was die Menschen damit machen. Es geht also um gute Methodik, und das Einbeziehen der nicht nur wirtschaftlichen Folgen, sondern auch der sozialen Folgen (blicken wir auf das Wegfallen von Jobs oder das Verbreiten von Nachrichten in immenser Geschwindigkeit)

13 Arbeitswelt in der Zukunft – Industrie 1.0 bis 4.0, und was kommt dann? KI als Industrie 5.0?

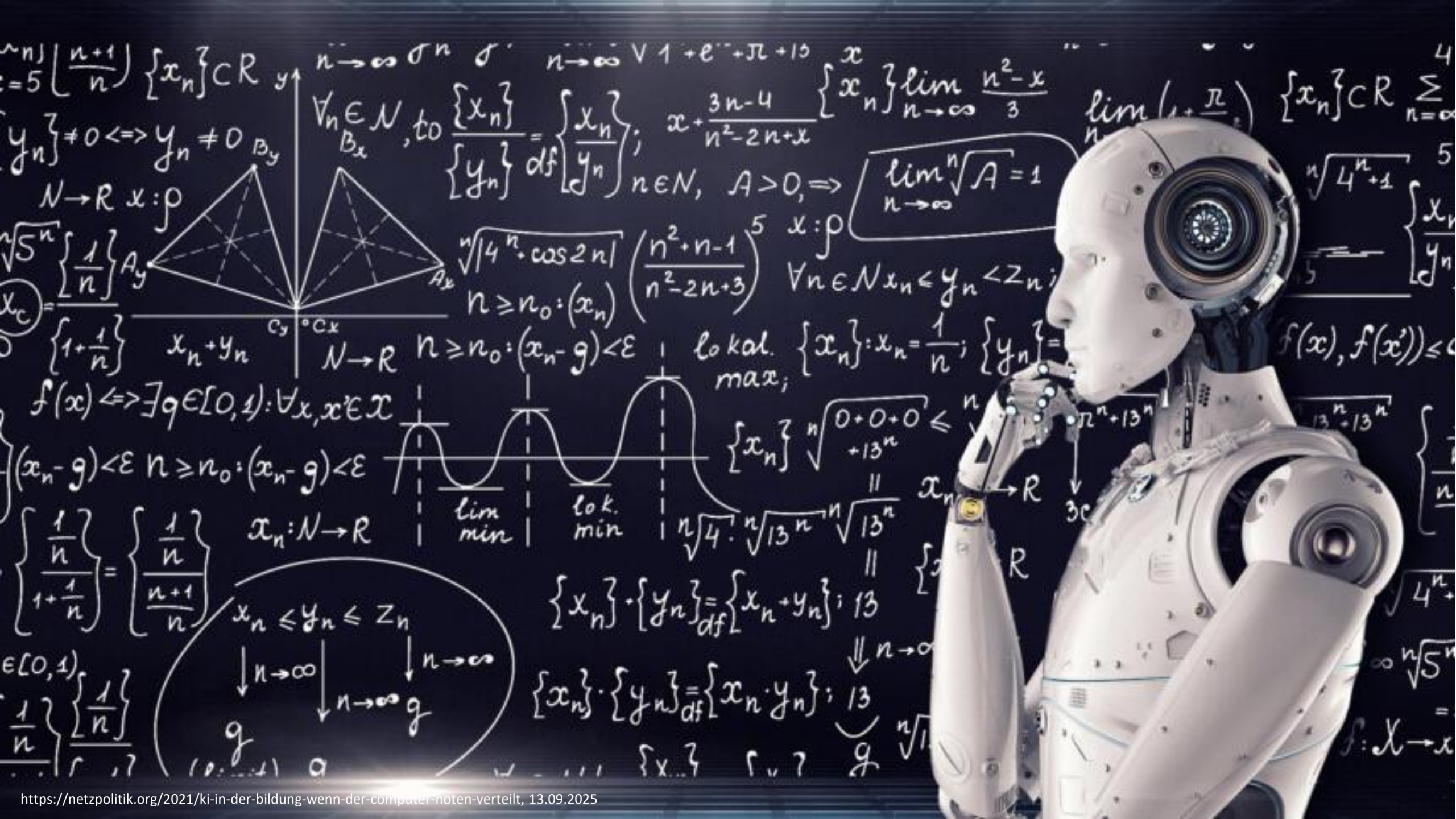
Die künstliche Intelligenz (KI) ist auch in der Produktion auf dem Vormarsch. Basierend auf neuronalen Netzen werden datenbasierte selbstlernende Systeme geschaffen. Die Teildisziplin der Informatik ist nicht neu, aber gewinnt durch immenses Angebot von Speicherkapazität und hohen Geschwindigkeiten bei der Datenverarbeitung stetig an Bedeutung:

- **Medizin:** Erstellen von Krebsdiagnosen
- **Kommerz:** Steuerung des Kaufverhaltens
- **Verkehr:** autonomes Fahren
- **Logistik:** optimierte Logistikketten
- **Produktion:** optimierte Steuerung von z. B. chemischen Reaktionen
- u. v. m.



Aber: Welche Berufe werden ggf. weniger oder wegfallen?
Telefonist / Call-Center Mitarbeiter | LKW-Fahrer | Taxi-Fahrer

Auch hier ist das Einbeziehen nicht nur der wirtschaftlichen Folgen, sondern auch der sozialen Folgen ein wichtiger Aspekt.



13 Arbeitswelt in der Zukunft – Industrie 5.0

- Manche mögen KI als Bedrohung empfinden. Wer sich aber verschließt, wird wohl abgehängt
- Vernetzte Systeme sind noch keine KI!!!
- Durch Lernen werden sie in die Lage versetzt, eigene Ergebnisse zu produzieren – in wahnsinniger Geschwindigkeit (Filme, Musik, Diagnostik)
- Sicher sind Regeln wichtig, da der KI Empfindungen und Werte nicht in die Wiege gelegt sind, wir haben über 100000 Jahre für unsere Entwicklung gebraucht und die Reichweite ist enorm, daher ist auch der mögliche Schaden enorm.
- Gut wäre, wenn der Mensch das macht was er kann und die Maschinen repetitive, kraftraubende Arbeiten übernehmen (auch das ist nicht einfach, das unterstellt auch, dass alle Menschen Kopfarbeiter sind).
- Der Mensch wird in der Industrie 5.0 wieder das Schlüsselement, in dem die Stärken seiner Intelligenz wie Kreativität, Einfühlungsvermögen, Erfahrung, komplexe Entscheidungsfindung mit der großen Rechenleistung der KI kombiniert werden – zumindest bleibt das zu hoffen...
- Glaubt man zahlreichen Berichten, werden wir in 10 Jahren in einer anderen Welt leben...

13 Arbeitswelt in der Zukunft – Industrie 5.0: eine Brücke zur Fa. Neuralink

- Die Firma Neuralink (von Elon Musk) entwickelt eine Gehirn-Computer-Schnittstelle (BCI), um das Gehirn direkt mit einem Computer zu verbinden. Anwendungen betrifft u.a. die Kommunikation von Personen mit der Außenwelt mit massiven neurologischen Defiziten, ohne das das periphere Nervensystem zum Ansteuern von Muskeln benötigt wird. Aber hier wird es vermutlich zeitnah Dual-Use-Anwendungen geben. Über Auswirkungen kann man nur mutmaßen (z.B. auch Dual Use).
- Zwölf Menschen tragen schon einen Chip.

13 Arbeitswelt in der Zukunft: Lernkontrolle

1. Was können „agile Methoden“ sein?
2. Was könnten Wege weg vom klassischen Büro und weg von der Laborbank sein? Wo ergibt das Sinn, wo nicht?
3. Was könnte Flexibilisierung der Arbeitszeit bedeuten?
4. Wie kommunizieren wir sachlich richtig, ethisch korrekt?
5. Wie sehen Sie das Thema Dokumentenmanagement?
6. Wie schätzen Sie das Thema KI ein?



impossible