

2 Typologie industrieller Produktionssysteme

- 2.1 Ausbringungsbezogene Produktionstypen
- 2.2 Einsatzbezogene Produktionstypen
- 2.3 Prozessbezogene Produktionstypen
 - 2.3.1 Natur-/ingenieurwissenschaftliche Prozesscharakteristika
 - 2.3.2 Stufigkeit und Vergenztypen
 - 2.3.3 Repetitions- und Anordnungstypen

In der Produktionswirtschaft werden Unternehmungen in ihrer Funktion als Produktionssysteme betrachtet. Die in ihnen ablaufenden Transformationsprozesse der Leistungserbringung werden in der Literatur oftmals als Input-Output-Prozesse oder auch als Input-Throughput-Output-Prozesse beschrieben (vgl. Bild 2.1).

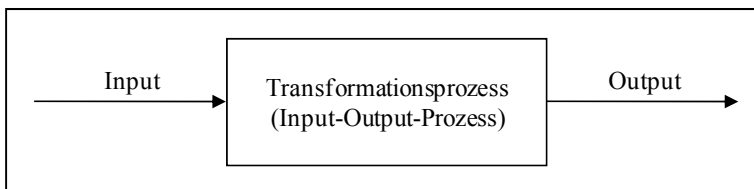


Bild 2.1: Produktionssystem bzw. -prozess als Input-Throughput-Output-Prozess

Die in dieser Lektion entwickelte Typologie industrieller Produktionssysteme orientiert sich an ausbringungsbezogenen Kriterien (Output), einsatzbezogenen Kriterien (Input) sowie prozessbezogenen Kriterien (Throughput). Diese werden systematisch unterschieden und hinsichtlich der bedeutsamen Kriterienausprägungen, auch anhand von Beispielen, diskutiert. Als Lernziel sollte der Leser nach Abschluss dieser Lektion in der Lage sein, Produktionssysteme der industriellen Praxis mittels der entwickelten Typologie voneinander abzugrenzen und wesentliche Kriterienausprägungen zu benennen.

2.1 Ausbringungsbezogene Produktionstypen

Der Zweck und damit die Leistung industrieller Produktionssysteme besteht hauptsächlich in der Hervorbringung bestimmter erwünschter Outputobjekte, die als Erzeugnisse bzw. Produkte oder präziser als (erwünschte) **Hauptprodukte** bezeichnet werden. Alle anderen Outputobjekte, die nicht Hauptprodukte sind, stellen **Nebenprodukte** dar. Während Hauptprodukte per Defini-

tion immer erwünscht sind, werden Nebenprodukte gemäß den Kategorien **Gut**, **Übel** und **Neutrum** in erwünschte, unerwünschte und neutrale Nebenprodukte unterschieden. In der produktionstheoretischen Literatur sind auch die Bezeichnungen Abprodukte für unerwünschte Nebenprodukte und Beiprodukte für neutrale Nebenprodukte verbreitet. Beispielsweise ist die Produktion von Stahlerzeugnissen, wie Blechen, Schienen, Rohren etc., in integrierten Hüttenwerken immer auch mit der Hervorbringung von Nebenprodukten verbunden. Während etwa Eisenhüttenschlacken erwünschte, d.h. gute Nebenprodukte sind, die in der Bauindustrie Erlös bringend abgesetzt werden können, bilden staub- und schlammförmige Reststoffe aus Gasreinigungsanlagen in der Regel Abprodukte. Trotz oftmals hoher Eisenanteile beinhalten diese nämlich auch Schwermetallfraktionen, wie Zink und Blei, so dass sie aufgrund umweltrechtlicher Vorschriften einerseits und technischer Prozessanforderungen andererseits zunächst verfahrenstechnisch aufbereitet werden müssen und damit zusätzlichen Aufwand verursachen, bevor sie als so genannte Sekundärrohstoffe wieder in der Eisen- und Stahlindustrie bzw. in Metallhütten der NE-Metallindustrie verwertet werden können.

Bezogen auf die Hauptprodukte wird unabhängig von der Anzahl entstehender Nebenprodukte die **Einproduktproduktion** von der **Mehrproduktproduktion** unterschieden. Bei hohem Verwandtschaftsgrad der Hauptprodukte, wie er etwa beim Brauen von Bier oder der Produktion von Waschmitteln vorliegt, spricht man von **Sortenproduktion**, ansonsten von **Artenproduktion**. Lässt sich das der Betrachtung zugrunde liegende Produktionssystem in voneinander unabhängige Subsysteme zerlegen, die jeweils nur ein einziges Hauptprodukt hervorbringen, so liegt eine **parallele** oder auch **unverbundene** Produktion vor. Im entgegengesetzten Fall handelt es sich um eine **verbundene** Produktion. Konkurrieren nun die im Rahmen einer verbundenen Produktion getrennt voneinander herstellbaren Hauptprodukte wenigstens teilweise um knappe Ressourcen, wie Rohstoffe oder Maschinen, so bezeichnet man diese Situation als konkurrierende oder **Alternativproduktion**.

Unabhängig von der Unterscheidung in Haupt- und Nebenprodukte fallen bei der Durchführung industrieller Produktionsprozesse üblicherweise aufgrund technisch-naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten zwangsläufig mehrere verschiedenartige Haupt- bzw. Nebenprodukte an. Diese werden als **Kuppelprodukte**, der zugrunde liegende Produktionsprozess als **Kuppelproduktionsprozess** bezeichnet. Bekannte Beispiele sind etwa die Verhüttung von Eisenerzen im Hochofen, bei der neben dem Hauptprodukt Roheisen unvermeidbar immer auch die Nebenprodukte Hochofenschlacke, Gichtgas, Stäube und Schlämme aus der Gasreinigung sowie Abwärme und Kühlwasser anfallen und die Ursache für Umweltschädigungen sein können. Ebenso zählt die Raffination von Rohöl mit den bekannten Kuppelprodukten, wie schweres und leichtes Heizöl, Benzin etc., zu den Kuppelproduktionsprozessen. Eine

klare Unterscheidung der Kuppelprodukte in Haupt- und Nebenprodukte ist dabei oft schwierig und im Zeitablauf aufgrund von Innovationen und Marktveränderungen auch variierend. Aus rein physikalischer Sicht ist sogar jeder Produktionsprozess aufgrund des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik („Entropiegesetz“) zwangsläufig mit „Nebenwirkungen“, insbesondere der Entstehung von Abwärme und damit der Erhöhung der Entropie, verbunden. Die Kuppelproduktion stellt somit eigentlich den Regelfall dar. Aus diesem Grunde bezeichnet man in der Betriebswirtschaftslehre mit dem Begriff der **Kuppelproduktion im engeren Sinne** lediglich Produktionsprozesse, bei denen zwangsläufig mindestens zwei verschiedene Hauptproduktarten als Output anfallen.

Für die Gestaltung von Produktionssystemen sind noch weitere Merkmale des Outputs von großer Bedeutung. Nach dem Grad der Spezifizierung der Hauptprodukte durch die Kunden differenziert man **kundenindividuelle Erzeugnisse** und **standardisierte Erzeugnisse**. Während kundenindividuelle Erzeugnisse in der Regel auftragsgebunden produziert werden (**Bestellproduktion**, make-to-order), werden Standarderzeugnisse oftmals auf Lager produziert und dort bis zum Eingang von Kundenaufträgen auf Vorrat gehalten (**Lagerproduktion**, make-to-stock).

Tabelle 2.1: Ausbringungsbezogene Produktionstypen

Merkmale	Ausprägungen		
Leistungsbezug der Outputobjekte	(Haupt-)Produkte		Nebenprodukte
Erwünschtheit der Nebenprodukte	gute Nebenprodukte	Abprodukte	Beiprodukte
Anzahl der Hauptproduktarten	Einproduktproduktion		Mehrproduktproduktion
Verwandtschaftsgrad der Hauptproduktarten	Sortenproduktion		Artenproduktion
Verbundenheitsgrad	verbundene Produktion		parallele Produktion
Art der Verbundenheit	Kuppelproduktion		Alternativproduktion
Produktspezifizierung	kundenindividuelle Produktion		Standarderzeugnisproduktion
Auslösung der Produktion (Auftragstyp)	Bestellproduktion		Lagerproduktion
Charakter der Hauptprodukte	Sachleistungsproduktion		Dienstleistungsproduktion

Die bisher genannten Unterscheidungen der Outputs wurden historisch im Hinblick auf die Erzeugung von Hauptprodukten im Rahmen einer **Sachgüterproduktion** entwickelt. Eine **Dienstleistung**¹ als „Outcome“ einer Produktion ist demgegenüber eine der Wertschöpfung (Nutzenstiftung) dienende, aber nicht auf die unmittelbare Befriedigung eigener Bedürfnisse ausgerichtete Leistung, die Eigenschaften an einem vom Kunden eingebrachten externen Faktor ändert oder die Eintrittswahrscheinlichkeit solcher Ereignisse ändert, die den externen Faktor potenziell transformieren könnten. Beispiele sind die Frisur des Kundenkopfes oder der Brandschutz durch die Feuerwehr.

Bei der **Dienstleistungsproduktion** ist die Konkretisierung der Erzeugnisse sowie die Unterscheidung in Haupt- und Nebenprodukte aufgrund ihrer immanenten Immaterialität und Vielfalt nur schwer in den Griff zu bekommen und von daher in der Literatur umstritten. Hinzu kommt, dass selbst von Industrieunternehmen am Markt angebotene Produkte heutzutage oftmals nicht mehr reine Sachgüter sind, sondern über gekoppelte Serviceleistungen auch immaterielle Komponenten umfassen (Systemverkauf). Letztlich sind sogar bewegliche Dinge, wie Automobile, Fernseher oder Kühlschränke, nicht die eigentlichen Absatzobjekte, sondern vielmehr nur materielle Vehikel (Trägermedien), um dem Käufer bestimmte immaterielle Funktionen, wie Transport, Unterhaltung oder Kühlung, als Leistungen verfügbar zu machen. Tabelle 2.1 fasst die ausbringungsbezogenen Produktionstypen übersichtlich zusammen.

2.2 Einsatzbezogene Produktionstypen

Außer der Erzeugung erwünschter Outputobjektarten kommt als Leistungs- bzw. Sachziel industrieller Produktionssysteme auch die Umwandlung von Übeln in weniger üble, neutrale oder sogar erwünschte Objekte in Frage. Zweck und Leistung solcher Produktionssysteme ist demnach die **Reduktion** unerwünschter Objekte, die so den Input des Transformationsprozesses bilden. Häufig versucht man bei der Systemgestaltung aber auch die beiden Leistungskategorien der Reduktion und der Erzeugung miteinander zu verknüpfen, sofern dies unter stofflichen, energetischen und technischen Gesichtspunkten möglich erscheint (z.B. bei Müllheizkraftwerken). Steht bei der Leistungserbringung die Umwandlung unerwünschter Objektarten im Vordergrund, wie dies etwa bei thermischen Abfallbehandlungsanlagen der Fall ist, so werden diese Inputs als **Redukte** bezeichnet. Alle anderen Inputobjektarten stellen **Einsatzfaktoren** dar (z.B. Einsatz von Zusatzbrennstoffen zur Erhöhung des Heizwertes des Reduktes „Hausmüll“). Gleiches gilt auch im

¹ Definition in enger Anlehnung an RICHTER/SOUREN (2008).

Fall der Erzeugung von Gütern (z.B. Einsatz von Erzen und Koks zur Roheisenproduktion im Hochofen).

Hinsichtlich der Erwünschtheit der Einsatzfaktoren in den Erzeugungs- bzw. Reduktionsprozess können diese weiter unterschieden werden in **Redukt(ions)faktoren**, sofern deren Einsatz als Übel erwünscht ist (z.B. Einsatz von Altreifen als Brennstoff in der Zementindustrie), **Produktionsfaktoren**, sofern deren Einsatz möglichst sparsam erfolgen soll (z.B. Eisenerz zur Erzeugung von Roheisen oder Stahlschrott zur Erzeugung von Rohstahl im Stahlwerk), oder **Beifaktoren**, sofern das Management deren Einsatz indifferent gegenübersteht (z.B. Erdaushub zum Deponiebau).

Während in der Volkswirtschaftslehre ursprünglich die Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital unterschieden wurden, sind in der Betriebswirtschaftslehre umfassendere Klassifikationen entwickelt worden. Zurückgehend auf GUTENBERG (1983) können Produktionsfaktoren zunächst in den dispositiven Faktor und die Elementarfaktoren eingeteilt werden.

Unter dem **dispositiven Faktor** wird originär das Management als leitende Tätigkeit (Geschäftsleitung) verstanden, welches derivativ bestimmten Managementfunktionen, wie Planung, Organisation, Kontrolle oder Personalführung, entspricht. Seine institutionellen Träger werden im vorliegenden Lehrbuch als Produzent oder allgemein als Produktionsmanager (z.B. Unternehmensvorstand, Betriebsleiter, Werksleiter, Werkstattmeister oder Anlagenführer) bezeichnet. Ihnen obliegt die zielgerichtete Planung und Steuerung des anvertrauten Leistungssystems.

Die **Elementarfaktoren** werden gemäß BUSSE VON COLBE/LABMANN (1991) weiter unterteilt in Potenzial- und Repetierfaktoren:

(1) Potenzialfaktoren

Potenzialfaktoren gehen qualitativ – mehr oder weniger – unverändert aus dem Produktionsprozess hervor. Sie sind damit als so genannte Gebrauchsobjekte gleichzeitig Input und Output des Prozesses. Zu den Potenzialfaktoren gehören das (unmittelbar) **leistungsbezogen** körperlich oder geistig **tätige Arbeitspersonal** und **Betriebsmittel** wie Grundstücke, Gebäude und Maschinen. Üblicherweise wird der Gebrauch der Potenzialfaktoren durch die Zeit gemessen, während der sie im Prozess eingesetzt werden, also etwa in Personenstunden für die menschliche Arbeitsleistung oder in Maschinenstunden für die genutzten Betriebsmittel. Während Maschinen und Arbeitskräfte aufgrund der Abgabe von Werkverrichtungen in den Produktionsprozess als **aktive Potenzialfaktoren** bezeichnet werden, spricht man bei Grundstücken, Gebäuden, allgemeinen Einrichtungsgegenständen, Spezialwissen sowie dau-

erhaften Rechten von **passiven Potenzialfaktoren**. Durch den Einsatz in der Produktion muss das Potenzial der herangezogenen Potenzialfaktoren nicht notwendigerweise abnehmen. Insbesondere bei neu eingestellten Arbeitskräften oder neu bereitgestellten Maschinen wird es aufgrund von Lern- und Einfahreffekten zunächst sogar zunehmen.

(2) Repetierfaktoren

Repetierfaktoren gehen als selbständige Objekte im Produktionsgeschehen unter oder verändern ihre Qualität derart, dass sie zu Objekten einer anderen Art bzw. zum Bestandteil der Outputobjektarten werden. Sie werden daher auch als Verbrauchsfaktoren bezeichnet und lassen sich weiter differenzieren danach, ob sie substanziell in die Hauptprodukte eingehen (direkte Verbrauchsfaktoren) oder nicht (indirekte Verbrauchsfaktoren). Zur Gruppe der **direkten Verbrauchsfaktoren** gehören **Arbeitsobjekte** wie Rohstoffe, Werkstoffe, Bauteile oder Hilfsstoffe. Zur Gruppe der **indirekten Verbrauchsfaktoren** gehören Betriebsstoffe, wie Schmierstoffe, Kühlmittel oder Energieträger.

Tabelle 2.2: Einsatzbezogene Produktionstypen

Merkmal	Ausprägungen		
Leistungsbezug der Inputobjekte	(Haupt-)Redukte		Einsatzfaktoren
Erwünschtheit der Einsatzfaktoren	Produktionsfaktoren	Reduktionsfaktoren	Beifaktoren
Veränderung der Qualität im Transformationsprozess	Potenzialfaktoren		Repetierfaktoren
Werkverrichtungen der Potenzialfaktoren	aktive Potenzialfaktoren		passive Potenzialfaktoren
Bezug der Repetierfaktoren zu den Hauptprodukten	direkte Verbrauchsfaktoren		indirekte Verbrauchsfaktoren
Autonomie der Disponierbarkeit	externe Faktoren		interne Faktoren
historische Gliederung	dispositive Faktoren	Elementarfaktoren	Zusatzfaktoren
Art der Elementarfaktoren	leistungsbezogene Arbeit	Betriebsmittel	Arbeitsobjekte

Im Hinblick auf den Grad der Autonomie der Disponierbarkeit über die Inputobjektarten wird zwischen externen und internen Einsatzfaktoren unterschieden. Hierbei gehören **externe Einsatzfaktoren**, wie beispielsweise von Kunden „beigestellte“ Objekte, direkte Dienstleistungen Systemfremder oder die Beanspruchung der natürlichen Umwelt, nicht zum unmittelbaren Verfügungsbereich des Produzenten. **Interne Einsatzfaktoren** sind in der Regel vom Produzenten auf entsprechenden Märkten, wie Rohstoffmärkten, Investitionsgütermärkten oder Arbeitsmärkten, in der erforderlichen Ausprägung beschaffbar. Externe Faktoren, welche einerseits für die Produktion unverzichtbar, andererseits aber quantitativ kaum erfassbar oder abgrenzbar sind, werden nach BUSSE VON COLBE/LASSMANN (1991) auch als **Zusatzfaktoren** bezeichnet. Dies sind insbesondere Leistungen vom Staat, von Kommunen, Verbänden, Kreditinstituten und Versicherungen, für die Steuern, Gebühren, Beiträge, Zinsen, Prämien und Honorare zu zahlen sind. Besonders bei Steuern und Beiträgen stehen der Nutzung der externen Faktoren keine unmittelbar zurechenbaren Zahlungen gegenüber. Oft handelt es sich hierbei um so genannte **öffentliche Güter**, deren Nutzung grundsätzlich allen Mitgliedern der Gesellschaft möglich ist (z.B. öffentliche Straßen, Gebäude, die natürliche Umwelt, Allgemeinwissen etc.). Kennzeichen vieler aus der Natur bezogener externer Einsatzfaktoren ist darüber hinaus, dass sie entgeltfrei bezogen werden können; man spricht daher auch von **freien Gütern**. Tabelle 2.2 fasst die einsatzbezogenen Produktionstypen zusammen.

2.3 Prozessbezogene Produktionstypen

Während einsatz- und ausbringungsbezogene Produktionstypen auf die Außenbezüge eines Produktionssystems abstellen, ergeben sich prozessbezogene Charakteristika (Throughput) in erster Linie durch interne Einflussfaktoren. Allerdings ist eine strenge Abgrenzung zu Input und Output nicht immer möglich. Dies betrifft etwa die Abgrenzung zum Output beim prozessorientierten Dienstleistungsbegriff oder die Anschaffung neuer oder die Stilllegung alter Produktionsanlagen bei längerfristiger Betrachtung. Nicht zum Input oder Output zählende Objekte des Produktionssystems sowie sonstige Einwirkungen auf die Produktion werden als Prozessfaktoren bezeichnet.

Für die Charakterisierung des eigentlichen Transformationsprozesses spielt die Innenstruktur des Produktionssystems eine entscheidende Rolle. Sie ergibt sich wesentlich aus den **Produktiveinheiten** als Elemente des Produktionssystems. Eine Produktiveinheit ist in der Regel eine zeitlich-räumliche Einheit bestimmter Personen, Maschinen oder sonstiger Produktionsanlagen, die bestimmte Arbeitsgänge durchführt und damit zur Leistungserbringung durch die Erfüllung des Betriebszwecks des ganzen Systems beiträgt. Produktivein-

heiten sind durch Beziehungen in Form von Material-, Energie- und Informationsflüssen sowie durch Personen, Maschinen und Transporteinrichtungen miteinander verbunden und haben bestimmte Produktionsaufgaben zu lösen. Sie werden üblicherweise zu so genannten **Produktionssegmenten** zusammengefasst, die wiederum Subsysteme des betrachteten Produktionssystems darstellen. Diese Produktionssegmente unterscheiden sich aufgrund unterschiedlicher Aufgaben und Anforderungen durch eine Reihe technisch-organisatorischer Charakteristika, die als prozessbezogene Merkmale bezeichnet werden.

Für die nähere Beschreibung der Innenstruktur eines Produktionssystems spielen damit die folgenden Kriterien eine wichtige Rolle:

- Natur-/ingenieurwissenschaftliche Prozesscharakteristika
- Struktur des Materialflusses (Vergenztyp)
- Anzahl und Vernetzung der Produktionsstufen (Stufigkeit)
- Wiederholungsgrad der Produktion (Repetitionstyp)
- Räumliche Anordnung der Produktiveinheiten (Anordnungstyp)

2.3.1 Natur-/ingenieurwissenschaftliche Prozesscharakteristika

In den in Lektion 1 genannten Branchen des Produzierenden Gewerbes kommen viele unterschiedliche Produktionsprozesse zum Einsatz, die anhand naturwissenschaftlicher bzw. ingenieurwissenschaftlicher Prozesscharakteristika wie folgt eingeteilt werden können:

(1) Physikalische Produktionsverfahren

Physikalische Produktionsverfahren basieren auf physikalischen Wirkungsprinzipien und werden unterschieden in Verfahren der mechanischen, der kalorischen sowie der elektrotechnischen Produktion. **Mechanische** Verfahren umfassen formgebende Prozesse (Schmelztechnologie, Pulvertechnologie), spanlose und spangebende Umformungsprozesse (Schmieden, Ziehen, Walzen bzw. Bohren, Stanzen, Drehen, Fräsen), Oberflächenbehandlungsprozesse (Schutz gegen Verschleiß und Korrosion), Montage-/Demontageprozesse (Verbindungstechniken), Zerkleinerungsprozesse, Mischprozesse u.a.m. **Kalorische** Verfahren basieren auf Prozessen der thermischen Verfahrenstechnik (Wärmeübertragung, thermische Trennverfahren) und kommen etwa bei der Raffination, Rektifikation, Kristallisation, Trocknung, Destillation etc. zum Einsatz. **Elektrotechnische** Verfahren nutzen beispielsweise elektrische Felder zur Abscheidung stofflicher Fraktionen, wie etwa bei der Elektrolyse oder der Rauchgasreinigung mittels Elektroabscheider.

(2) Chemische und biologische Produktionsverfahren

Chemische Verfahren sind stoffumwandelnde Verfahren und basieren auf den Gesetzmäßigkeiten der chemischen Reaktionstechnik. Grundsätzlich können Verfahren zur Stoffzerlegung und zur Stoffverbindung voneinander unterschieden werden. Verfahren zur Stoffzerlegung kommen etwa bei der Reduktion metallischer Erze oder der Wein-/Bierproduktion zum Einsatz. Verfahren der Stoffverbindung werden beispielsweise bei der Produktion von Kunstdünger, Schwefelsäure, Ammoniak, Kunststoffen etc. angewandt. **Bio-logische** Verfahren gewinnen in jüngster Zeit immer stärker an Bedeutung. Sie beinhalten neben landwirtschaftlichen Produktionsverfahren (Tierzucht, Obst-/Gemüseanbau) und der Produktion von Bio-/Klärgasen insbesondere auch moderne biotechnologische Prozesse, etwa in der Pharmaindustrie.

2.3.2 Stufigkeit und Vergenztypen

Die Stufigkeit von Produktionssystemen wird durch die Anzahl hintereinander geschalteter **Produktionsstufen**, die Prozesssegmente darstellen, definiert. Es werden **einstufige** von **mehrstufigen** Produktionssystemen unterschieden. Zur Bestimmung der Stufenzahl ist der längste Weg über einzelne Prozesssegmente zu bestimmen, die durch Materialflussbeziehungen miteinander verknüpft sind. Hierbei ist zu beachten, dass die zwischen den Produktionsstufen auftretenden **Zwischenprodukte** gleichzeitig Output der vorgelagerten und Input der nachgelagerten Produktionsstufe darstellen. Sowohl ein- als auch mehrstufige Produktionssysteme werden als **zyklisch** bezeichnet, wenn mindestens ein Outputobjekt einer Produktionsstufe gleichzeitig auch Inputobjekt der gleichen oder einer vorgelagerten Produktionsstufe ist. Zyklische Produktionssysteme liegen insbesondere in der chemischen Industrie vor, wo Inputobjekte in der Regel unvollständig umgesetzt und als Kuppelprodukte mit ausgebracht werden. Diese werden zur Ressourceneinsparung üblicherweise vom Hauptproduktstrom abgetrennt, geeignet aufbereitet und anschließend in vorgelagerte Produktionsstufen zurückgeführt. Gleiches gilt auch für Verschnitt und Ausschuss in einer Vielzahl weiterer Industriebranchen.

Unter **Vergenz** wird die Struktur der wesentlichen Materialflüsse innerhalb des Produktionssystems verstanden, die in **durchgängig** (glatt), **konvergierend** (synthetisch), **divergierend** (analytisch) und **umgruppierend** (austauschend) unterschieden wird (vgl. Bild 2.2).

Durchgängige Produktionssysteme finden sich etwa in der Teilefertigung bei der schrittweisen Bearbeitung von Werkstücken, wie Stanzen, Bohren, Fräsen etc. Konvergierende Produktionssysteme liegen üblicherweise bei Montage-

prozessen im Maschinenbau, der Automobilindustrie, der Elektrotechnik oder Bauindustrie vor. So werden beispielsweise bei der Automobilproduktion die in oftmals durchgängigen Produktionssystemen hergestellten Einzelteile in aufeinanderfolgenden Vor-, Modul- und Endmontageprozessen in einem konvergierenden Produktionssystem zum Endprodukt „Automobil“ zusammengebaut (vgl. Bild 2.3).

Divergierende Produktionssysteme herrschen etwa bei der Stoffzerlegung in der chemischen Industrie, der Zerlegung von Tierkörpern zur Fleischproduktion oder der Demontage komplexer Verbundprodukte (Elektro(nik)geräte, Automobile, ...) im Rahmen eines Produktrecyclings vor. Es handelt sich hierbei in der Regel um Kuppelproduktionsprozesse, die in Abhängigkeit der Einflussmöglichkeiten auf den quantitativen und qualitativen Anfall der Kuppelprodukte als **starr** oder **flexibel** bezeichnet werden. Beispielsweise kann bei der in Bild 2.4 dargestellten Demontage eines Mikrowellenherdes der Anfall der demontierten Baugruppen und Bauelemente durch Auswahl der durchzuführenden Demontageschritte gezielt beeinflusst werden. Umgruppierende Produktionssysteme sind typisch für die Prozessindustrie, in der aus mehreren Inputs in einem Reaktor gleichzeitig mehrere Outputs gewonnen und in nachfolgenden Prozessstufen zu verschiedenen Produkten weiterverarbeitet werden (z.B. Eisen- und Stahlindustrie).

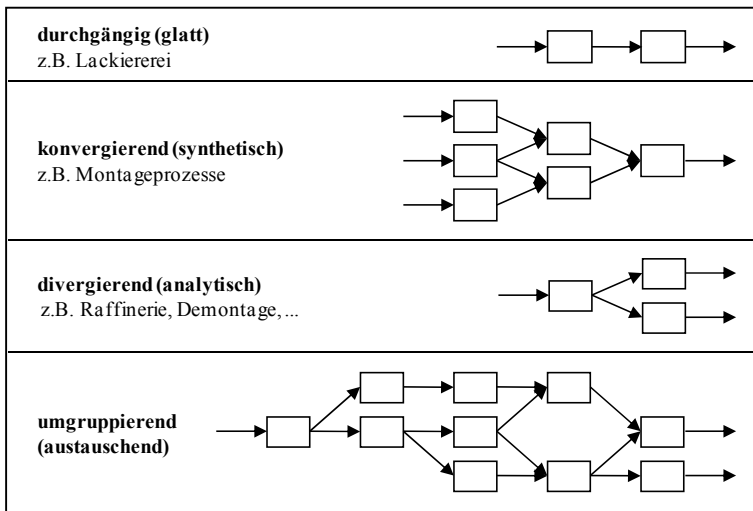


Bild 2.2: Struktur des Materialflusses

Wählt man die Systemgrenzen eines zu untersuchenden Produktionssystems groß genug, so dass verschiedene Produktionsstufen der betrachteten Wertschöpfungskette, z.B. „Rohstoffgewinnung – Rohstoffaufbereitung – Teilefer-

tigung – Montage“, enthalten sind, so umfasst das System in der Regel sowohl divergierende als auch durchgängige und konvergierende Produktionssegmente. Im allgemeinen Fall liegen demnach umgruppierende Produktionssysteme vor, welche sich modular aus durchgängigen, divergierenden, konvergierenden und umgruppierenden Produktionssegmenten zusammensetzen. Jedes Produktionssegment kann dabei wiederum modular aus gleichartigen oder verschiedenen Produktiveinheiten bestehen. Sind sämtliche Produktionssegmente einer Unternehmung am gleichen Standort angesiedelt, so spricht man von einem **betrieblichen Produktionssystem**; im gegenteiligen Fall spricht man von einem standortübergreifenden oder **überbetrieblichen** Produktionssystem.

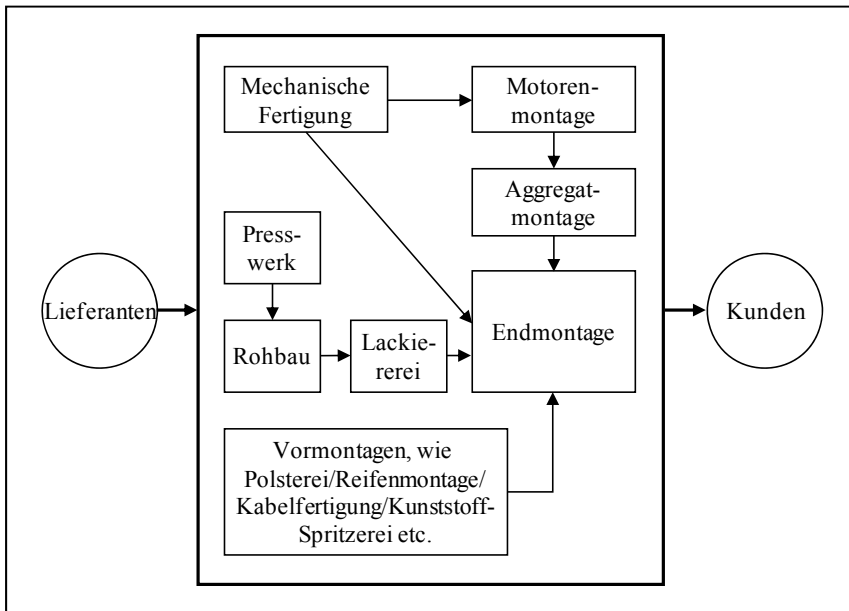


Bild 2.3: Durchgängige und konvergierende Prozesse in der Automobilindustrie (nach ZÄPFEL (2001), Abb. A.1.3)

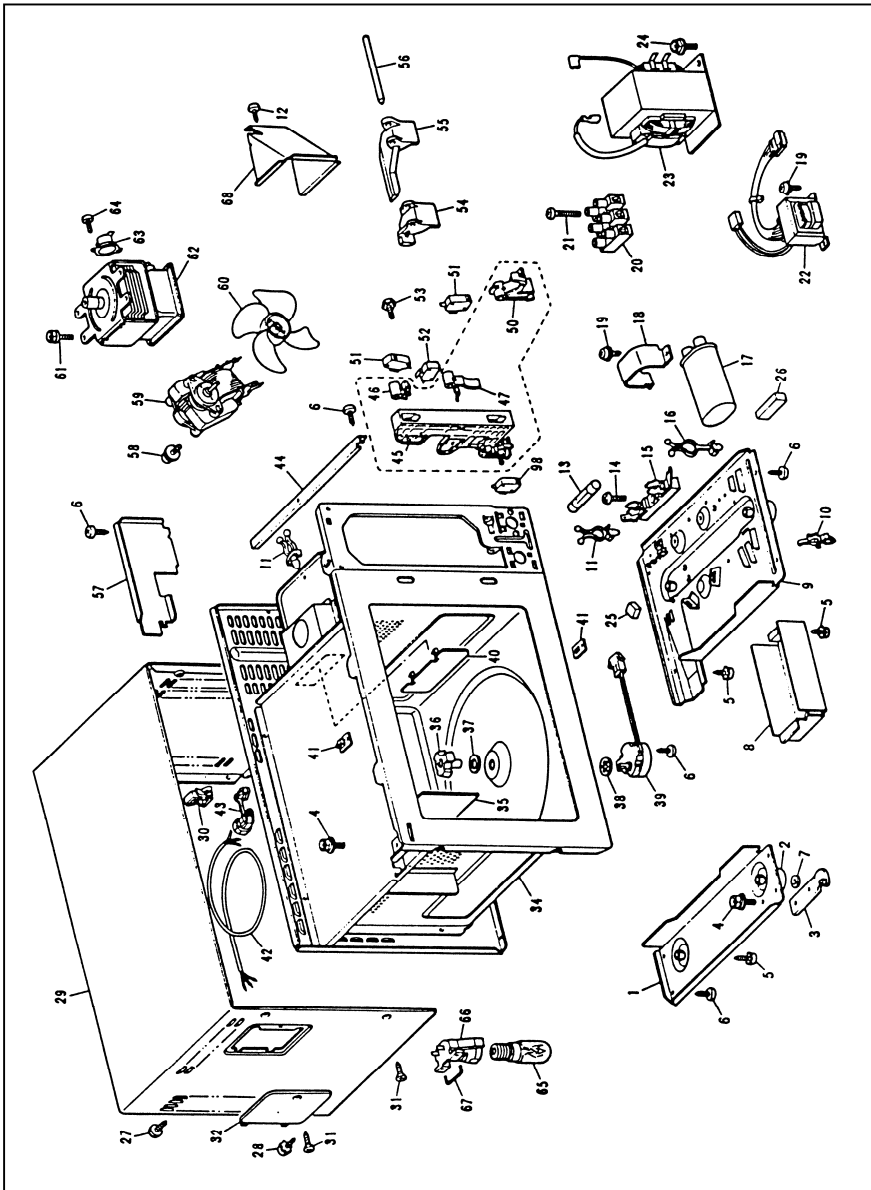


Bild 2.4: Explosionsdarstellung zur Demontage eines Mikrowellenherdes (Quelle: SPENGLER (1998), Abbildung 3-11)

2.3.3 Repetitions- und Anordnungstypen

Repetitionstypen der Produktion unterscheiden sich hinsichtlich der Häufigkeit, mit der eine spezielle Produktart in einem gegebenen Planungszeitraum produziert wird. Üblicherweise unterscheidet man die **Einzelproduktion**, die **Serienproduktion** und die **Massenproduktion**. Einzelproduktion liegt vor, wenn Erzeugnisse jeweils einzeln hergestellt werden. Oft handelt es sich um Unikate, welche nach Kundenwünschen individuell produziert werden. Die Serienproduktion kennzeichnet dagegen die Herstellung größerer Stückzahlen einer Produktart, die in einem gegebenen Planungszeitraum ohne Unterbrechung hergestellt werden. Die so produzierte Stückzahl bezeichnet man als Serie oder **Los**, wobei zwischen zwei Losen verschiedener Produktarten in der Regel eine Umstellung des Produktionssystems, eine so genannte **Umrüstung**, durchgeführt werden muss. Typische Vertreter der Serienproduktion sind etwa die Automobilindustrie oder die Reifenindustrie, sofern eine Produktiveinheit gleichzeitig immer nur ein einziges oder eine begrenzte Anzahl gleichartiger Produkte herstellen kann und daher zu bestimmten Zeitpunkten immer wieder umgerüstet werden muss. Produziert man über einen längeren Zeitraum lediglich eine einzige Produktart in hohen Stückzahlen, so geht die Serienproduktion in die Massenproduktion über, die etwa bei der Herstellung standardisierter elektronischer Bauelemente oder bei der Herstellung chemischer Grundstoffe vorherrschend ist.

In Abhängigkeit vom Repetitionstyp eines Produktionssegments sind zur Gewährleistung eines reibungslosen Produktionsablaufs die Produktiveinheiten räumlich geeignet anzuordnen, wobei zwischen dem **Verrichtungs-** und dem **Objektprinzip** unterschieden wird.

Beim Verrichtungsprinzip werden diejenigen Produktiveinheiten, die gleichartige Arbeitsgänge durchführen können, räumlich in einer Werkstatt zusammengefasst. Diese so genannte **Werkstattproduktion** umfasst in der Regel mehrere verschiedene Werkstätten, z.B. zum Stanzen, Bohren, Drehen und Fräsen. Die Werkstücke müssen zur Bearbeitung in einer technisch determinierten Reihenfolge, welche durch einen so genannten **Arbeitsplan** vorgegeben ist, zu den einzelnen Werkstätten transportiert werden. Typische Beispiele für die Werkstattproduktion sind etwa die Teilefertigung im Maschinenbau oder die diskontinuierliche Produktion in Rührkesselreaktoren in der chemischen Industrie. Dem Vorteil der Flexibilität im Hinblick auf die Produktion einer großen Anzahl verschiedenartiger Produkte stehen gravierende Nachteile hinsichtlich der Materialflusstruktur und der Ablaufplanung zur Vermeidung unnötiger Leer- und Wartezeiten gegenüber. Die Vorteile der Werkstattproduktion kommen daher insbesondere bei der Einzel- und Kleinserienproduktion zur Geltung.

Das Objektprinzip orientiert sich bei der Anordnung der Produktiveinheiten an den Arbeitsplänen der zu bearbeitenden Erzeugnisse. Bei **Fließproduktionsystemen** sind die Produktiveinheiten entsprechend ihrer Position im Arbeitsplan linear hintereinander angeordnet. Werden die den Produktiveinheiten jeweils zur Verfügung stehenden Arbeitszeiten in Form so genannter **Taktzeiten** identisch vorgegeben und erfolgt eine starre Kopplung des Materialflusses, etwa durch Transportbänder, so liegt eine **Fließbandproduktion** oder auch **Transferstraße** vor. Verzichtet man stattdessen auf eine starre Kopplung und führt zwischen den einzelnen Produktiveinheiten **Puffer** zum kurzfristigen Ausgleich unterschiedlicher Bearbeitungszeiten vor- und nachgelagerter Produktiveinheiten (Arbeitsstationen) ein, so liegt eine **Reihenproduktion** vor. Produktionssegmente zur Großserien- und Massenproduktion sind oftmals als Fließproduktionssysteme ausgestaltet.

Die Vorteile eines transparenten Materialflusses und einer hohen Produktivität müssen allerdings durch Nachteile im Hinblick auf hohe Anlageninvestitionen und geringe Flexibilität bei der Produktvielfalt erkaufte werden. Durch die **Zentrenproduktion** sollen die Vorteile der Werkstattproduktion hinsichtlich einer hohen Flexibilität bei der Produktvielfalt mit den Vorteilen der Fließproduktion hinsichtlich einer hohen Produktivität kombiniert werden. Die Zentrenproduktion zeichnet sich durch räumliche Konzentration der für eine Gruppe ähnlicher Arbeitsobjekte notwendigen Produktiveinheiten aus, wodurch eine Entflechtung des Materialflusses und damit eine Erhöhung der Transparenz und Produktivität erzielt werden soll, und zwar ohne gravierende Einbußen an Flexibilität. Je nach Automatisierungsgrad werden **Produktionsinseln** und **Flexible Fertigungssysteme (FFS)** voneinander unterschieden. Produktionsinseln bestehen aus teilautonomen Arbeitsgruppen, die mit geringem Planungs- und Koordinationsaufwand auskommen. Sie werden als wesentlicher Bestandteil schlanker Produktionsstrukturen (lean production) angesehen. Im Gegensatz dazu sind Flexible Fertigungssysteme durch einen hohen Automatisierungsgrad, sowohl hinsichtlich der Produktionsprozesse als auch der eingesetzten Materialflusssysteme, gekennzeichnet. Üblicherweise werden mehrere numerisch gesteuerte Bearbeitungszentren durch **Fahrerlose Transportsysteme (FTS)** miteinander verbunden.

Sonderfälle stellen schließlich die **Werkbankproduktion** und die **Baustellenproduktion** dar. Insbesondere bei Einzelfertigung in kleinen Handwerksbetrieben erfolgen oftmals sämtliche Arbeitsgänge an einer Werkbank, an der alle benötigten Arbeitsgeräte (Werkzeuge) verfügbar sind. Kennzeichen der Baustellenproduktion ist der feste Standort des Arbeitsobjekts, der als Baustelle bezeichnet wird. Sämtliche Arbeitsschritte finden dabei, ähnlich wie bei der Werkbankproduktion, auf der Baustelle statt, so dass alle benötigten Arbeitsgeräte dort bereitgestellt werden müssen. Die Baustellenproduktion ist vorherrschender Anordnungstyp im Hoch- und Tiefbau sowie im Anlagen-

bau. In den zurückliegenden Jahren hat jedoch auch speziell in der Bauindustrie die industrielle Vorfertigung standardisierter Einzelteile und Module stark an Bedeutung gewonnen, so dass oftmals nur noch die „Endmontage“ von Anlagen oder anderen Bauwerken auf der Baustelle stattfindet. In der industriellen Vorfertigung kommen jedoch andere, oftmals am Objektprinzip ausgerichtete Produktionssegmente zum Einsatz. Zusammenfassend gibt Tabelle 2.3 einen Überblick über die hier vorgestellten prozessbezogenen Produktionstypen.

Tabelle 2.3: Prozessbezogene Produktionstypen

Merkmal	Ausprägungen				
natur-/ingenieurwissenschaftliche Prozesse	physikalische Verfahren		chemische und biologische Verfahren		
Struktur des Materialflusses (Vergenztyp)	glatt	konvergierend	divergierend	umgruppierend	
Anzahl und Vernetzung der Produktionssegmente (Stufigkeit)	einstufig		mehrstufig	zyklisch	
Wiederholungsgrad (Repetitionstyp)	Einzelproduktion/Projektproduktion		Serienproduktion	Massenproduktion	
räumliche Anordnung der Produktiveinheiten (Anordnungstyp)	Werkstattproduktion	Zentrenproduktion	Fließproduktion	Werkbankproduktion	Baustellenproduktion

Die dargestellte Typologie industrieller Produktionssysteme stellt eine wichtige Voraussetzung für die Analyse von Leistungsprozessen einerseits und für das darauf basierende Produktionsmanagement andererseits dar. Wie diese beiden grundlegenden Aufgaben der Produktionswirtschaft aufeinander aufbauen und wie sich diese in einen geeigneten entscheidungstheoretischen Rahmen einfügen lassen, ist Gegenstand der folgenden Lektion 3.

Hinweise zum vertieften Studium

- 1) Ausführliche Beschreibungen und Erörterungen von Produktionstypen aus betriebswirtschaftlicher Sicht bieten neben einschlägigen Hand(wörter)büchern die Lehrbücher von HAHN/LABMANN (1999), KERN (1992) und CORSTEN/GÖSSINGER (2009) sowie die Monografien von DYCKHOFF (1994), GROBE-OETRINGHAUS (1974) und RIEBEL (1963).

- 2) Zur vertieften Beschäftigung insbesondere mit den Prozesstypen sind verstärkt auch naturwissenschaftliche und technische Lehrbücher zu empfehlen, beispielsweise bezüglich der chemischen Verfahrenstechnik VAUCK/MÜLLER (2001).
- 3) Darüber hinaus gib es zu den einzelnen Produktionstypen eine umfangreiche Literatur; einen Einstieg findet man bspw. über folgende Quellen:
 - Kuppelproduktion: RIEBEL (1955), OENNING (1997), BAUMGÄRTNER (2000)
 - Dienstleistungsproduktion: CORSTEN/GÖSSINGER (2007), GÖSSINGER (2005)
 - Reduktion: DYCKHOFF (1994), SPENGLER (1994), SOUREN (1996).
- 4) Historische Einblicke in die Entwicklung der Produktion einiger Industriezweige geben FANDEL/DYCKHOFF/REESE (1994).

Übungsaufgaben

DYCKHOFF/AHN/SOUREN (2004): Übungsaufgabe 1.4



<http://www.springer.com/978-3-642-13683-2>

Produktionswirtschaft

Eine Einführung

Dyckhoff, H.; Spengler, Th.S.

2010, XIII, 313 S. 96 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-642-13683-2