

Neue Lösungen werden gesucht

- Bestehende betriebswirtschaftliche Forderungen
- Heutige IT-Lösungen MES und ERP
- Praxisbeispiele aus Automobil- und Elektronikindustrie

Betriebswirtschaftliche Effizienz bedeutet – vereinfacht – mehr Leistung und/oder weniger Kosten. Das ERP-System als führendes System bildet betriebswirtschaftliche Effizienz in Plänen ab. Das MES stellt das planerische Bindeglied zwischen technischem Ablauf in der Produktion und den Plänen des ERP dar. Hier erfolgt auch die Kontrolle durch eine – meist automatisierungstechnisch eingeschränkte – Auftragsverfolgung. Das ERP-System gibt Zielgrößen vor, die aus Wertgrößen Zeiten und Mengen ermittelt. Mit diesen arbeitet das MES, ohne selbst eine betriebswirtschaftliche Optimierung vornehmen zu können.¹

2.1 Zentralisierte Organisation, zentralisierte IT-Systeme

Das ERP als führendes, hierarchisch übergeordnetes IT-System plant die Produktion mit einem Planungshorizont von meist einem Jahr, übernimmt die Kommunikation zu unternehmensexternen Stellen und aggregiert Wertgrößen für das

¹Vgl. im Folgenden (Müller 2015, S. 17 ff., 69).

Management. Die ERP-Pläne werden in einer zentralisierten Organisation über das MES an die Produktion mit höherem Detailgrad und kürzerem Planungshorizont weitergegeben. Planerische Schwierigkeiten führen dazu, dass auf MES-Ebene Mengen als Ersatz für Leistungs- und Kostenziele herangezogen werden. Kontrollrückmeldungen aus der Produktion sind durch die Automatisierungspyramide über dem einzigen Informationsgeber – der Sensorik – ebenso eingeschränkt wie der Datenaustausch zwischen den Ebenen der Informationspyramide von MES und ERP. Beide Pyramiden, Zeichen eines hierarchischen Aufbaus von Automatisierungs- und IT-Systemen, werden von Industrie 4.0 infrage gestellt.

Das MES kann in der Regel im Sekundenbereich Produktionsdaten lesen und schreiben. Obwohl dies für den Maschinenbediener oder die Anlagenüberwachung Echtzeit bedeutet, entspricht dies nicht dem Millisekundenbereich, der Echtzeit in der Automatisierungstechnik darstellt. Ein MES bildet den Lauf des einzelnen Auftrags durch die Produktion ab. Es sammelt Produktionsdaten soweit es die Automatisierungspyramide zulässt, wertet sie aus und stellt sie in einem entsprechenden Monitoring oder Reporting dar. Es speichert diese Daten in eine zentrale Datenbank und stellt sie für ein ERP-System zur betriebswirtschaftlichen Nachkalkulation bereit.

► **Hauptaufgabenmodule der zentralen, sukzessiven ERP- und MES-Planung**

- langfristige *Produktionsprogrammplanung* im ERP mit einem Planungshorizont von drei bis 24 Monaten und einer Planungsfrequenz von ein bis zwölf Monaten,
- mittelfristige *Produktionsbedarfsplanung* im MES mit einem Planungshorizont von ein bis sechs Monaten und einer Planungsfrequenz von einer bis vier Wochen,
- kurzfristige *Produktionssteuerung* mit einem Planungshorizont von einer bis vier Wochen und einer Planungsfrequenz von ein bis fünf Tagen,
- *Datenverwaltung* und *Auftragsregelung* als Querschnittsaufgaben.

Es fehlt in den bestehenden MES an Algorithmen, die eine betriebswirtschaftliche Optimierung der Produktion in IT-technischer Echtzeit (Sekundenbereich) erlauben. Bei zunehmender Abweichung von der in der Realität vorliegenden Komplexität führen die Pläne des ERP spätestens auf der MES-Ebene der Produktionsbedarfsplanung zu Problemen. Insbesondere bei den stochastisch auftretenden Störungen müssen die mit hohem Aufwand errechneten Pläne bereits wenige Stunden nach der Planerstellung erneut im ERP berechnet werden. Die

hohe „Nervosität“ von SAP Advanced Planner & Optimizer [APO] bspw. wird immer wieder kritisiert. Geringe Datenänderungen lösen eine umfangreiche Planungsrevision aus, die an Symptomen und nicht an Ursachen ansetzt.

Industrie 4.0 möchte hingegen der betriebswirtschaftlichen Optimierung nahekommen, indem Rückmeldungen über Störungen aus der Realität eine schnelle Korrektur der ursprünglich optimalen Planung erreichen.² Im Sinne von Industrie 4.0 muss hier an die Stelle der Vorauskoordination einer Steuerung die Feedbackkoordination einer Regelung treten. Die Vorwegnahme von Störungen und deren Abwehr im Vorfeld wird ergänzt durch die schnelle Reaktion im Falle einer solchen. Die zu Zentralisierung führenden Informations- und Automatisierungspyramiden werden mit Industrie 4.0 ebenso wie die hierarchische Organisation infrage gestellt.

2.2 Dezentralisierung mit Industrie 4.0

Da die Produktivität nicht mit der IT Schritt gehalten hat (Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik), liegt der Schluss nahe, dass die zentralisierte, hierarchische Organisation den Kontroll- und Machtfaktor Information bei wachsender Prozesskomplexität und -dynamik nicht mehr vollständig beherrscht.³ Diese Überlegung entspricht dem *informationsökonomischen* Ansatz, der die Effizienz organisatorischer Regelungen aus deren Informationskosten heraus und Informationen als Daten mit Handlungsbezug zu erklären versucht.

Mit der *Dezentralisierung* geht eine Zerlegung des Produktionsprozesses in dezentrale Einheiten (Arbeitssysteme) einher, die zu lokaler Anpassung und Änderung ohne Störung des Gesamtsystems führen soll.⁴ Industrie 4.0 soll eine Kommunikation zwischen den Arbeitssystemen ermöglichen, sodass sie ein Netzwerk (unternehmensintern oder -extern) bilden. Die zentrale Instanz gibt nur noch Liefertermine und logistische Ziele vor. Entlang des Auftragsdurchlaufs stimmen die Arbeitssysteme sich danach untereinander ab.

Dem zeitlichen Aufwand für den Informationsaustausch zwischen Arbeitssystemen entsprechend entstehen Transaktions- oder Informationskosten (Anbahnungs-, Verhandlungs- und Abwicklungs- oder Kontroll- und Anpassungskosten).

²Vgl. (Bauernhansl 2014, S. 13).

³Vgl. (Schuh 2013).

⁴Vgl. (Frese 2000, S. 59 ff.), hier und im Folgenden ähnlich den Begriffen „internes Netzwerk“, „dezentrale Produktionsstrukturen“, „fraktales Unternehmen“, „Modularisierung“, „Produktionssegmentierung“, „Leitstände“, „Lean Production“.

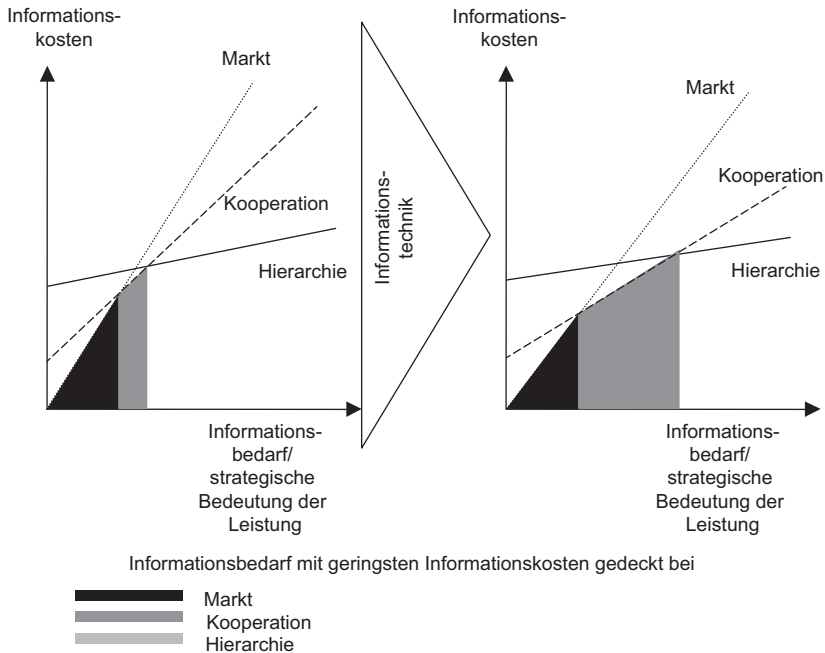


Abb. 2.1 Einfluss der Informationstechnik auf die Anwendung unterschiedlicher Organisationsformen. (Kostenverlauf in Anlehnung an Williamson, *The Mechanisms of Governance* 1996, S. 108, Achsenbezeichnungen in Anlehnung an Picot et al. 1996, S. 59)

Deren Höhe wird durch Industrie 4.0 so gesenkt, dass dezentralisierte Organisation häufiger infrage kommt (vgl. Abb. 2.1). Damit erklärt sich die mit Industrie 4.0 intensivierte Diskussion um die Reduzierung der Wertschöpfungstiefe und die Gestaltung von Kooperationen, insbesondere von Produktionsnetzwerken.⁵

Netzwerke bestehen aus multilateralen Kooperationen mit operativer Anpassungsfähigkeit durch Mehrfachbindung (Anzahl der Netzwerkunternehmen mindestens drei, Anzahl der Beziehungen untereinander mindestens zwei) und strategischer Flexibilität durch Wandelbarkeit (vertragliche Möglichkeit des Netzwerkein- und -austritts). Die in Abb. 2.2 dargestellte Netzwerktypisierung ist eine

⁵Vgl. z. B. (Picot 1991, S. 344).

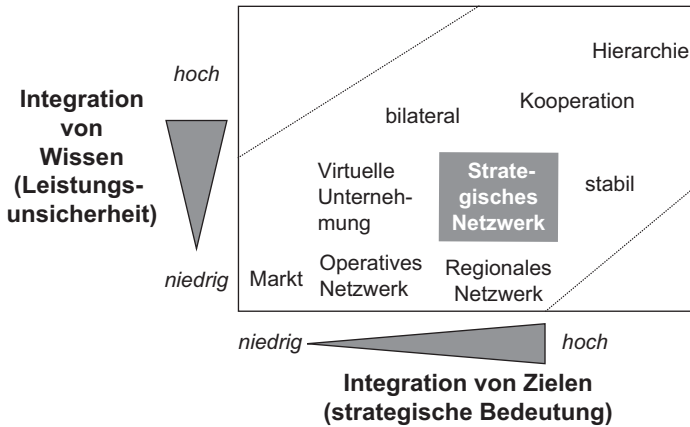


Abb. 2.2 Einordnungsschema für Netzwerke

Synthese aus der bestehenden Literatur über das Netzwerkphänomen und relativ kongruent mit anderen, weniger ausgeführten Typisierungen.⁶

► **Strategisches Produktionsnetzwerk** Das strategische Produktionsnetzwerk dient der kooperativen Leistungserstellung in der Produktion bei hoher Leistungsunsicherheit und hoher strategischer Bedeutung der zugehörigen Information.

Strategische Produktionsnetzwerke setzen eine hohe Bedeutung der Produktions- und Logistikeffizienz und damit der Anwendung von Industrie-4.0-Technologie voraus. In strategischen Netzwerken ist die Leistung komplex und variabel. Die häufige Transaktion spricht nicht für eine projektähnliche Einzelfertigung, sondern für eine *Serienproduktion mit kundenspezifischen Varianten*, für die Kundenaufträge in Form von Einzelbestellungen oder auf Basis von Rahmenaufträgen vorliegen. Erklärtes Ziel auch bei Industrie 4.0 ist die Losgröße 1 mit maximaler Variantentiefe. Das strategische Produktionsnetzwerk ist eine *mehrstufige Produktion* mit meist pyramidalem Aufbau, durch die Mehrfachbindung ähnlich einer Werkstatt- oder Gruppenfertigung. Ein fokales Unternehmen an der Spitze der Pyramide gibt ein gemeinsames strategisches Ziel im Hinblick auf die Produktion vor. Es ist meist das Unternehmen an der Schnittstelle zum Endkunden.

⁶Vgl. z. B. (Wüthrich et al. 1997, S. 47, 66 f., 89 f., 104).

Investitionen in IT im Sinne von Industrie 4.0 werden durch eine in Verträgen formalisierte, längerfristige Zusammenarbeit gerechtfertigt. Die durchgängig digitalisierte, vertikal und horizontal vernetzte Produktions-IT und OT (Operational Technology, Automatisierungstechnologie) werden im Industrie-4.0-Netzwerk als CPPS (Cyber-physikalisches Produktionssystem) bezeichnet.

► Dimensionen des Cyber-physikalischen Produktionssystems (CPPS)

- Digitale Durchgängigkeit des Engineerings für das gesamte Produktionsnetzwerk, für das die konsequente und automatisierte Verfolgung eines Auftrages („Traceability“) notwendig ist.
- Vertikale Integration in eine gemeinsame Datenbasis bei technischer Auflösung von Automatisierungs- und Softwarehierarchien
- Horizontale Koordination über marktliche Applikations-Kommunikation

2.3 Praxisbeispiele aus Automobil- und Elektronikindustrie

Auch wegen ihrer hohen wirtschaftlichen Bedeutung oft zitierte praktische Beispiele für eine unternehmensübergreifend gemeinsame strategische Ausrichtung im Bereich der Produktion sind die Netzwerke der Elektronikbranche oder der Automobilhersteller.⁷ Traditionell starke Arbeitsteilung, pyramidaler Aufbau, intensiver Leistungs- und Informationsaustausch zwischen den zusammenarbeitenden Unternehmen und ein komplexer Leistungserstellungsprozess prägen strategische Produktionsnetzwerke in diesen Branchen.

Gerade die Automobilindustrie lebt jedoch die gewünschte Dezentralisierung nicht. Der Automobilhersteller als fokales Unternehmen bestimmt die Planwerte für vorgehaltene Bestände oder Kapazitäten beim Zulieferer und übernimmt so die Planung für den Lieferanten. Der Zulieferer akzeptiert unmöglich oder zu teuer zu erreichende Qualitätsziele (bspw. 100 % Termintreue, JIT in Minuteengenauigkeit) und passt sich an. Dadurch entstehen hohe Kosten bei den Zulieferern, die wahrscheinlich mit höheren Gesamtkosten und niedrigerem Gewinn für das gesamte Netzwerk verbunden sind. Die Unzulänglichkeiten des Automobilherstellers selbst werden nicht offenbar. Sowohl die schlechte Planung als auch die

⁷Vgl. im Folgenden (Feierabend 1987, S. 79 f., 186 ff.).

geringe eigene logistische Leistung erzeugen keine direkten Kosten beim Hersteller und werden damit nicht behoben. Er reduziert im Ergebnis zwar seine eigenen Logistikkosten, muss aber erhöhte Materialkosten in Kauf nehmen. Die Optimierung der Automobilhersteller auf Kosten der Partner führt zusätzlich zu erheblichem Misstrauen auf der „Gegenseite“ und zu einem Scheitern der gemeinsamen Optimierung. Im Beispiel Automobilindustrie entsteht eine einseitige Verpflichtung des Zulieferers, die einer hierarchischen, zentralisierten Organisation und ihren Nachteilen nahe kommt.

Die Macht des Automobilherstellers bewirkt, dass bei Störungen von Lieferantenseite hohe Vertragsstrafen gezahlt werden müssen. Folgeaufträge werden nicht mehr erteilt, was bei hoher ökonomischer Abhängigkeit des Lieferanten für diesen folgenreicher als die Vertragsstrafe ist. Der Lieferant hat somit den für das Netzwerk dysfunktionalen Anreiz, eine Störung so spät wie möglich an den Automobilhersteller zu melden, um die hohen Folgekosten eines Reputationsverlustes doch noch zu vermeiden. So benachrichtigen 6,3 % der Mercedes-Benz-Zulieferer erst dann, wenn die Pufferlager zur Neige gehen, 41,3 % erst bei Produktionsstillstand. Die Zulieferer schrecken davor zurück, Störungen zu melden, bis ein Bandstillstand beim Automobilunternehmer unmittelbar bevorsteht, um einen „schlechten Eindruck“ zu vermeiden. Oft werden Luftfracht und ähnlich teure Verfahren angewendet, um eine Störung zu verschleiern, die bei rechtzeitiger Ankündigung nur geringe Umplanungskosten verursacht hätte. Häufig muss der Automobilhersteller letztendlich sogar die Kosten logistischer Fehlleistungen auf Lieferantenseite selbst übernehmen, weil die Vertragsstrafe für einen Bandstillstand einen kleinen Zulieferer ruinieren würde. Durch die zu späte Meldung von Modifikationen oder Annullierungen werden Varianzeskalation und Durchlaufzeitensyndrom verschlimmert, die eigentlich durch die Dezentralisierung im Netzwerk verhindert werden sollten.

Die hierarchische Planung des fokalen Unternehmens und die dabei herrschende Terminunsicherheit führen dazu, dass Aufträge noch früher an die Lieferanten gegeben werden (Durchlaufzeitensyndrom) und sich die Konkurrenz unter den schon wartenden Aufträgen bei den Lieferanten erhöht. So erhöhen Hersteller durch überhöhte Planmengen die Kosten, um sich wiederum gegen mögliche Unterlieferungen der Lieferanten abzusichern. Andererseits ist das Abrufverhalten oft erratisch. Untersuchungen des Verbands der Deutschen Automobilindustrie (VDA) ergaben bei einigen Herstellern Schwankungen im kurzfristigen Bereich bis zu 60 %.⁸ Bei wartenden Aufträgen kommt es noch häufiger

⁸Vgl. (Ostertag 2008).

zu Terminverschiebungen und -vorverlegungen, sodass für Eilaufträge die Durchlaufzeit minimiert wird und für die wartenden Aufträge die Durchlaufzeit noch länger wird. Die Differenz zwischen kürzester und längster Durchlaufzeit wird folglich immer größer (Varianzeskalation). Der große Unterschied in den Durchlaufzeiten führt wiederum dazu, dass sich die Terminunsicherheit weiter verschärft. Ergebnis ist in jedem Fall eine suboptimale Lösung für das Gesamtnetzwerk, aber auch für das fokale Unternehmen, die dem Hierarchieergebnis sehr ähnlich ist. Die Effizienzpotenziale des Netzwerks und der Digitalisierung werden nicht gehoben.

Auch in der Elektronikindustrie gibt es – allerdings i. A. schlechter dokumentierte – strategische Produktionsnetzwerke mit fokalen Unternehmen (z. B. Chiphersteller). Die Verfolgung von Produkten und ihren Bestandteilen aufgrund der zunehmenden Anzahl und Komplexität elektronischer Bauteile in den Endprodukten hat ebenso hohe Bedeutung wie das Tracking der Karosse in der Automobilindustrie aus der Lean-Tradition heraus. Die Elektronikindustrie, mit 841.000 Mitarbeitern in Deutschland der zweitgrößte Wirtschaftszweig, gehört nach dem Maschinen- und Anlagenbau, aber noch vor der Automobilindustrie zu den drei Branchen, deren Interesse an Industrie 4.0 am höchsten ist.⁹ Der Elektronikindustrie werden neben dem Maschinen- und Anlagenbau die größten Wertschöpfungspotenziale bei der Umsetzung von Industrie 4.0 eingeräumt. Die Frage, wie diese Potenziale in der Elektronikbranche ausgeschöpft werden, wird in der Folge am Beispiel beantwortet.

⁹Vgl. (ZVEI 2013, S. 3).

Industrie 4.0 konkret

Ein Wegweiser in die Praxis

Jahn, M.

2017, XII, 62 S. 9 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-17769-0