

Anwendungen in der Produktionstechnik

Diese Unterlage beschreibt die wichtigsten Automatisierungs - Anwendungen. Sie basiert größtenteils auf der Unterlage "Prozessleittechnik" von H. Heckmann.

Inhalt:

	Seite:
1 Produktionstechnik, Übersicht	1
2 Verfahrenstechnik (Prozessleittechnik)	
2.1 Struktur	2
2.2 Kontinuierlicher Prozess	3
2.3 Chargenprozess ("Rezeptursteuerung")	3
3 Kraftwerksleittechnik	7
4 Fertigungsleittechnik	
4.1 Flexible Produktion u. Fertigungsleitsysteme	8
4.2 Steuerungstechnik	9
4.3 Unternehmensmodell und Informationsfluss	11
4.4 Struktur und Kommunikation	11
4.5 Kommunikation in einer Fertigungszelle	12
5 CIM (Computer Integrated Manufacturing)	
5.1 Grundlagen	13
5.2 Begriffe und Definitionen	15
5.3 Lean Production	16
5.4 Objektorientierte Leittechnik	16

1. Produktionstechnik, Übersicht

Die Produktionstechnik lässt sich in folgende fundamentale Techniken einteilen:

- **Verfahrenstechnik:** Stoff - Umwandlung
- **Energietechnik:** Energieumwandlung,
- **Fertigungstechnik:** funktionale Formgebung.

Die **Verfahrenstechnik** ist sehr vielseitig, denn hier werden natürlich vorkommende Stoffe, Zwischen- und Abfallprodukte sowie Agrarerzeugnisse verarbeitet, und die Umwandlungsprozesse können physikalischer, chemischer oder biologischer Art sein. Trotzdem lassen sich die Prozesse auf eine relativ geringe Anzahl von Grund - Operationen zurückführen. So ist z.B. die Filtration als Grundoperation bei der Herstellung von Bier (Abtrennung von Trübstoffen) ebenso zu finden wie bei der Abwasserreinigung (Abtrennung gefällter Schwermetalle) und bei der Herstellung von z.B. Textilfarben. Aus den Grundoperationen sind alle Prozesse aufgebaut.

Moderne Verfahrenstechnik beschränkt sich aber nicht auf die Sezierung von Prozessen in Grundoperationen und deren Beschreibung und Auslegung. Sie versucht, Prozesse als Ganzes zu betrachten ("Prozesstechnik"), als Ganzes zu modellieren, zu steuern und zu optimieren. Auch das Zusammenspiel verschiedener Prozesse und die Berücksichtigung ihrer Auswirkungen auf Mensch und Umwelt werden immer wichtiger. So ist eine enge Verzahnung von Prozesstechnik mit Steuerungs-, Regelungs- und Sicherheitstechnik sowie Informatik nötig.

Die Verfahrenstechnik muss diesen Erfordernissen Rechnung tragen und außer einer vollständigen Realisierung komplexer Aufgaben in den einzelnen Prozessabschnitten übergeordnet den Gesamtprozess (oder sogar mehrere Prozesse) zusammenfassen. Dabei sind kontinuierliche und Chargen - Prozesse zu unterscheiden, weil sie unterschiedliche Anforderungen an die Leittechnik stellen.

In der **Energietechnik** sind die Kraftwerke für Automatisierungsaufgaben interessant. Hier geht es hauptsächlich um schnelles, optimales An- und Abfahren der Anlagen und um Unterbrechungen - lösen, gut an die Netz - Anforderungen anpassbaren Betrieb. Die Kraftwerksleittechnik ist daher mit der Verfahrenstechnik vergleichbar, nur werden hier wesentlich höhere Ansprüche an die Verfügbarkeit gestellt, was auch durch Redundanzen berücksichtigt wird. Der Automatisierungsgrad ist meist sehr hoch.

Die Prozesse der verschiedenen Kraftwerkstypen wie Wasser-, Pumpspeicher-, Gas- und Dampfkraftwerke sind verschieden komplex. Für die Automatisierung sind die thermischen Kraftwerke am interessantesten.

In der Energieverteilung wird die Netzleittechnik eingesetzt, die jedoch andere Aufgaben als die Produktionsleittechnik hat und daher hier nicht beschrieben ist.

Die **Fertigungstechnik** muss meist flexibel ausgelegt, d.h. zur Fertigung unterschiedlicher Produkte geeignet sein. Die Struktur der Fertigungsleittechnik muss sich an die Gliederung des Fertigungsprozesses in "Zellen" und "Funktionen" anpassen und leicht auf die jeweils herzustellenden Produkte anpassbar sein. Auch in der Fertigungsleittechnik ist heute der Automatisierungsgrad recht hoch.

Ausserdem ist insbesondere in der Fertigungstechnik eine Auftrags - bezogene Steuerung der Fertigung nötig, was an die Kommunikation der Fertigungsleittechnik mit höheren Betriebsebenen hohe Anforderungen stellt.

2. Verfahrensleittechnik

2.1 Struktur

Bild 2.1.1 zeigt die typische Struktur der leittechnischen Aufgaben in der Verfahrenstechnik. Dies ist *keine* genaue Darstellung der HW - Anordnung. Nachfolgend werden die Ebenen und Funktionalitäten erläutert.

Produktionsleitebene (oberhalb Systembus):

Hier gibt es keine strengen Echtzeitanforderungen. Die Aufgaben sind:

- Bestandsführung von Einsatzstoffen und Fertigungsprodukten,
- Bestandsdisposition mit Reservierungen aufgrund von eingegangenen Aufträgen,
- Lagerverwaltung mit Ein/Auslagerungen und Inventur,
- Produktionsplanung mit Kapazitäts- und Einsatzstoffbedarf,
- Bedarfsdisposition mit der Festlegung von Anforderungen an die Produktionssteuerung und
- Produktionssteuerung.

Die Produktionssteuerung unterstützt die Schnittstelle zur Prozessleittechnik und konzentriert sich im wesentlichen auf Anstoß, Durchführung und Überwachung der Produktion hinsichtlich Menge, Qualität und Termin. Auf der Grundlage der von der Bedarfsdisposition ermittelten Anforderungen werden die Grundrezepturvarianten zugeordnet, welche die Kerndaten zur Ermittlung der Produktionskapazitäten und die Einsatzstofflisteninformation enthalten.

Während des Herstellvorgangs liefert die Prozessleittechnik Ereignis- und Zeit- gesteuert aktuelle, für die Auftragsverfolgung und -Abrechnung relevante Informationen wie Apparate- und Auftragsstatus, ggf. Chargendaten wie Isteinsätze oder Störungen, sowie Prozess - begleitende Produkteigenschaften, die über Prüfaufträge im Labor entstanden sind. Nach Beendigung des Auftrages werden Verbräuche und Ausbeuten ermittelt und die Menge Chargen - bezogen abgerechnet, die Bestände aktualisiert. Damit gilt der Produktionsauftrag als abgeschlossen, der Zyklus der Produktionssteuerung kann von neuem beginnen.

Im Einzelnen sind folgende Funktionen üblich:

Prozeßleitung:

Die Komponenten der Prozessleitung übernehmen über den Systembus alle über die Verfahrensabschnitte hinweg erforderlichen Koordinierungs- und Auswertungsfunktionen. sie sammeln wichtige Meldungen über Ereignisse und Störungen und speichern Historien von Prozeßgrößen Ereignis- oder Zeit - gesteuert, um sie einer geeigneten Protokollierung oder Auswertung zuzuführen. Statistik in Bezug auf bessere Prozesserkennung wird normalerweise "off line", z.B. mit Hilfe von PCs in einem Nebenraum und nicht in der Meßwarte betrieben, so daß die Auswertungskomponenten in der Regel nur die Erfassung und Versuchs - spezifische Verdichtung enthalten.

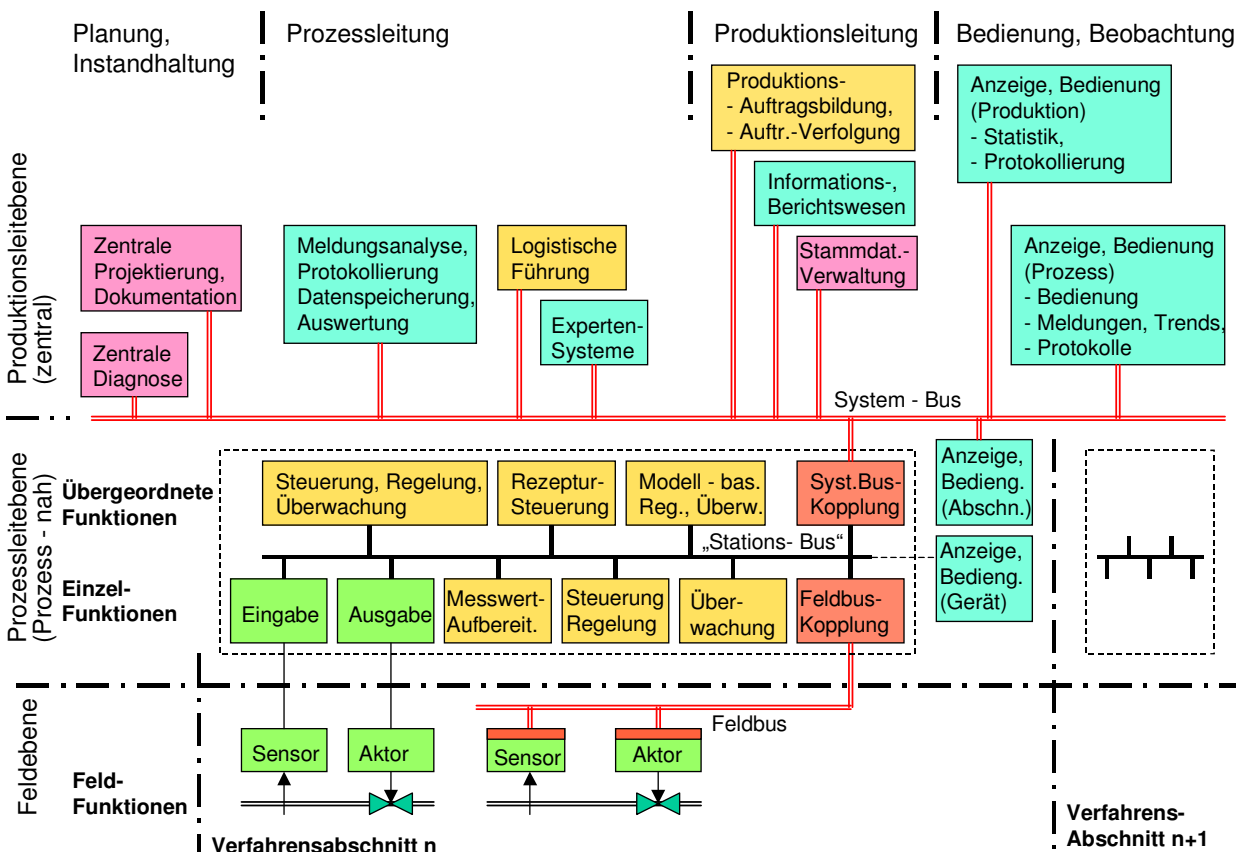


Bild 2.1.1: Leittechnik - Struktur in der Verfahrenstechnik

Eine für jedes größere Verfahren sehr wesentliche Funktion ist die logistische Führung der Verfahrensabschnitte, sie erfordert die Kenntnis der Steuerrezeptur und ihre dazugehörige, aktuelle Datenbasis.

Zunehmend werden hier auch Expertensysteme eingesetzt.

Produktionsleitung:

Die Komponenten zur Produktionsleitung verfügen als Datenhaltungssystem über flexible Datenbank-, Report- und Dialogmittel und müssen die Verbindung zur kommerziellen / administrativen Datenverarbeitung bereitstellen.

Prozebleitenebene ("Prozessnahe Leittechnik"):

Sie ist horizontal unterteilt nach Verfahrensabschnitten und umfasst neben den Grundfunktionen (Regelung, Überwachung, Steuerung) auch die übergeordneten Funktionalitäten der Teilrezeptursteuerung, der adaptiven Ein- und Mehrgrößenregelung und der Modell- basierten Überwachung mit Beobachtersystemen. Da diese Funktionen sich in ihrer Wirkung auf einen Verfahrensabschnitt beschränken, sind sie zu dieser Ebene zugehörig und müssen auch in die Anzeige / Bedienung des Abschnitts mit einbezogen werden. Diese, in ihrem Funktionsinhalt noch nicht gefestigte Welt, wird zunehmend in von den Prozessoren der Grundfunktionen getrennten Prozessoren eines Mehrprozessor - Systems untergebracht.

Bedienung und Beobachtung:

Je nach Ausdehnung und Struktur der Anlage sind die Bedien- und Beobachtungsfunktionen mehr oder weniger ebenfalls strukturiert und HW - mäßig in verschiedenen Räumen untergebracht (Produktionsleitung - Prozess) oder zumindest in einer Zentralwarte getrennt zwischen zentralen und den Verfahrensabschnitten zugeordneten Funktionen. (Näheres siehe Unterlage "MMK")

Systembus:

Hier kommt zunehmend MAP 3.0 zur Anwendung. Für den Layer 7 wird der Companion Standard für Process Control erwartet. HW - mäßig ist hier das Industrial Ethernet quasi Standard.

Feldbereich:

Für die Komponenten und die Übertragung gelten die Aussagen in den Unterlagen zu Messwertaufbereitung und Systemkommunikation. In der Verfahrenstechnik werden in Europa hauptsächlich PROFIBUS und weltweit auch der Foundation Fieldbus eingesetzt.

2.2 Kontinuierliche Prozesse (Fließprozesse)

In der Petrochemie und in der Produktion von Grundstoffen kommen meist kontinuierlich laufende Prozesse vor. Dabei müssen nach dem Anfahren bestimmte Betriebswerte gehalten werden. Die Leittechnik ist meist so strukturiert wie oben angegeben. In der Steuerung kommen für das An- und Abfahren Ablaufsteuerungen und für den Normalbetrieb Verknüpfungssteuerungen zum Einsatz. Die Aufgabenstellung wird in „R&I – Diagrammen“ ausreichend beschrieben.

2.3 Chargenprozesse, Rezeptursteuerungen

Viele Prozesse in der Verfahrenstechnik verlangen einen bestimmten Ablauf, z.B. Stranguß (kurze, häufige Abläufe) oder die Herstellung vieler chemischer Produkte (z.B. Mischen, rühren, erkalten lassen, lagern).

Hier werden überwiegend Ablaufsteuerungen eingesetzt, die auch den Reglern die jeweils aktuellen Sollwerte vorgeben. Zur grafischen Darstellung: Spezielle Sprache „PFC“ (von SFC abgeleitet).

Nicht nur für Fertigungsprozesse, sondern auch für verfahrenstechnische Prozesse gewinnt flexible Produktion an Bedeutung, auch für die Herstellung hochwertiger Produkte in kleinen Mengen.

Im Gegensatz zu kontinuierlichen Prozessen, bei denen meist nur eine Produktart hergestellt wird, kommen hier Chargenprozesse zum Einsatz, die in Mehrzweckanlagen ablaufen.

Diese werden durch Anwendung verschiedener Rezepturen unterschiedlichen Produkten und somit verschiedenen Markterfordernissen angepasst. Hier spricht man von "Rezeptursteuerungen". Die dabei notwendigen Änderungen von Regelungs- und Steuerungsstrategien oder umfangreichen Parametersätzen stellen hohe Anforderungen an die Flexibilität der Leitanlagen. Eine überschaubare Lösung erfordert somit eine klare Strukturierung der Verfahrensabläufe und der Anlage, und mehr als ein R&I – Diagramm zur Beschreibung.

In der folgenden Beschreibung werden im wesentlichen die Grundlagen und die leittechnischen Aspekte der Rezeptursteuerung nach der NAMUR-Empfehlung NE 33 erläutert.

Die Grundüberlegungen zum Fahren von Anlagen nach Rezepten werden im Bild 2.3.1 verdeutlicht.

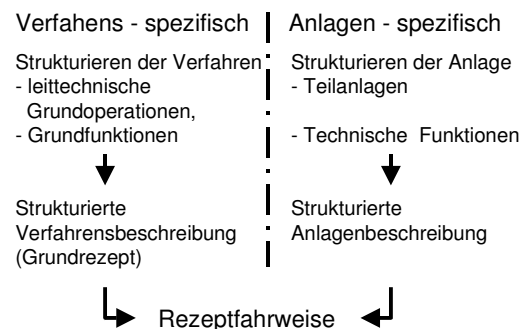


Bild 2.3.1: Grundüberlegung der Rezeptfahrweise

Die Rezept - geführte Produktion setzt drei wesentliche Tätigkeiten voraus:

(a) Ermitteln und Festlegen der Anlagenstruktur und der Anlagenfähigkeiten: Die für die Rezeptfahrweise relevanten Anlagenkomponenten (Teilanlagen), ihre Funktionalitäten (Technische Funktionen) und deren Verbindungen werden bestimmt. Das Ergebnis, die strukturierte Anlagenbeschreibung, ist unabhängig von einem auf der Anlage durchzuführenden Verfahren interpretierbar.

(b) Ermitteln und Festlegen der Verfahrensstruktur und der Anforderungen des Verfahrens: Die aus Sicht der Rezeptfahrweise relevanten Verfahrenselemente und ihre Zusammenhänge werden bestimmt (Verfahrensabschnitte, Urrezept). Zu den einzelnen Verfahrensabschnitten werden die Maßnahmen angegeben, die zum Erreichen des Ziels eines jeden Verfahrensabschnitts führen. Dies geschieht auf der Basis von Grundfunktionen und daraus zusammengesetzten leittechnischen Grundoperationen. Das Ergebnis, das Grundrezept, ist unabhängig von einer Anlage, auf der das Verfahren durchgeführt werden könnte, interpretierbar.

(c) Zusammenführen von Anlage und Verfahren: Während die Reihenfolge der Schritte (a) und (b) nicht festgelegt und auch in der Praxis unterschiedlich ist, setzt Schritt (c) die beiden anderen voraus.

Aus den Informationen des Grundrezepts lassen sich Anforderungen ableiten, und zwar unter anderem aus den

- erforderlichen Funktionalitäten (Grundfunktionen),
- zu beobachtenden Ereignissen (z.B. Weiterschaltbedingungen, Ausnahmbedingungen) sowie aus den
- Stoffeigenschaften.

Aus der Anlagenbeschreibung lassen sich Fähigkeiten der Anlage ableiten, insbesondere aus den

- verfügbaren Funktionalitäten (Techn. Funktionen),
- meßbaren Größen, sowie aus den
- physischen Gegebenheiten (Material, Auslegung).

Die im Grundrezept niedergelegten Anforderungen müssen durch die in der strukturierten Anlagenbeschreibung dokumentierten Fähigkeiten der Anlage abgedeckt werden. Zusammen mit der Produktionsanforderung ergibt dieser Abgleich das Steuerrezept. Das Steuerrezept beschreibt, wie für eine bestimmte Zuweisung der Aufgaben zu den Betriebsmitteln die im Grundrezept beschriebenen Maßnahmen mit Technischen Funktionen der ausgewählten Teilanlagen umgesetzt werden.

Bild 2.3.2 zeigt die empfohlene Standard-Struktur zur Rezeptfahrweise. Sie ist am Ebenenmodell orientiert. Von Bedeutung für die Rezeptfahrweise sind die Funktionen der Betriebsleitebene und der Prozeßleitebene. Mit der Produktionsleitebene und der Feldebene werden lediglich Informationen ausgetauscht. Die Datenobjekte beschreiben hier die Schnittstellen zwischen zwei Betrachtungsbereichen. Die Entwicklung von Verfahren erfolgt üblicherweise in einer Folge von Vorgängen mit unterschiedlichen Arbeitsweisen und Maßstäben, z.B. im Forschungslabor, Technikum, Großanlage. In jedem Vorgang kann man die Schritte (a), (b) und (c) durchführen. Das Verfahrensschema oder zumindest ein Kernbereich davon sind dabei gleich. Grundrezepte können daher auf verschiedene, technologisch vergleichbare Einrichtungen übertragen werden.

Es wird mit drei Generationen von Rezepten gearbeitet. Den Ausgangspunkt bildet das Urrezept, welches das Verfahren definiert. Es wird vom Verfahrensgeber neben anderen Unterlagen als Vorgabe geliefert. Das Urrezept enthält die Informationen

- ➔ "Stoffe" (Einsatzstoffe, Zwischenprodukte und Erzeugnisse) mit Spezifikationen sowie
- ➔ "Verfahrensabschnitte" mit Angabe der chemisch - technischen Grundoperationen, ggf. mit Angabe der charakteristischen Prozessbedingungen, mit Mengenverhältnissen der Einsatzstoffe und der Erzeugnisse und Energiebilanz.

Ein Urrezept wird durch einen ersten Projektierungsschritt in ein Grundrezept überführt. Festgelegt werden hierbei eine bestimmte Arbeitsweise (z.B. kontinuierliche, diskontinuierlich-zyklische, gemischte oder vollkommen diskontinuierliche Arbeitsweise) und ein Maßstab (z.B. Gramm-Kilogramm- oder Tonnen -weise Produktion). Dabei wird für jeden Verfahrensabschnitt in einer Handlungsanweisung (Verfahrensvorschrift) festgelegt, wie die zugehörigen chemisch - technischen Grundoperationen in einer der Arbeitsweise und dem Maßstab angemessenen Art realisiert werden.

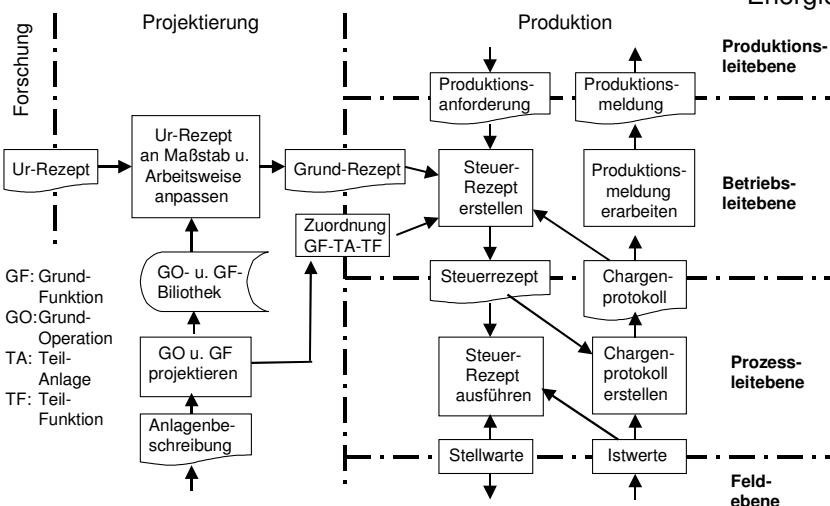


Bild 2.3.2: Standard - Struktur zur Rezeptfahrweise

Die Handlungsanweisung ist eine Ereignis - gesteuerte Verknüpfung von Aktionen, wie sie sich mit einem Funktionsplan darstellen läßt. Die Handlungsanweisung kann aus leittechnischen Grundoperationen aufgebaut werden, die ihrerseits mit Hilfe von Grundfunktionen beschrieben werden können.

Danach werden den Komponenten des Grundrezepts Betriebsmittel zugeordnet, z.B. Teilanlagen einer Anlage den Verfahrensabschnitten, ggf. auch bestimmte Partien (oder sogar Gebinde) den Einsatzstoffen. Dem Grundrezept werden die Informationen hinzugefügt, die man benötigt, um es auf den ausgewählten Teilanlagen ausführen zu können. Das Ergebnis heißt Steuerrezept. Hierbei ist folgendes zu tun:

- 1) Zu jeder Grundfunktion, die im Teilgrundrezept herangezogen wird, muß eine Technische Funktion der ausgewählten Teilanlage bestimmt werden, die diese Grundfunktion realisiert und deren Auslegung die im Grundrezept vorgegebenen Parameter zuläßt.
- 2) Jedem Ereignis, das in einem Verfahrensabschnitt überwacht und erkannt werden muß, ist eine eindeutige Informationsquelle zuzuordnen.

Die Frage, ob ein Grundrezept auf eine Anlage übertragbar ist, kann auf dieser Grundlage zwar nicht vollständig beantwortet, aber doch weitgehend geklärt werden. Durch die Modularisierung der Herstellung (Teilanlage und Verfahrensabschnitt) läßt sie sich weitgehend auf die Frage zurückführen, ob Verfahrens- Abschnitte auf Teilanlagen abbildbar sind. Über die Punkte (1) und (2) hinaus müssen zusätzlich folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- 3) Die Teilanlage muß physikalisch für die Prozessbedingungen (z.B. Temperatur, Druck) des Verfahrens ausgelegt sein.
- 4) Die Teilanlage muß den Stoffen und den chemischen oder biologischen Prozessen widerstehen.

Darüber hinaus können andere Dinge maßgebend sein, wie behördliche Vorschriften, Entsorgungseinrichtungen und anderes mehr.

Von der Produktionsleitebene werden der Betriebsleitebene Produktionsanforderungen vorgegeben, welche

- Produkt,
- Menge und
- Termin

festlegen. Aus einer Produktionsanforderung werden in Verbindung mit einem Grundrezept und den zur Ausführung zugeordneten Betriebsmitteln (wie z.B. Teilanlagen) Steuerrezepte erstellt, wobei aus jeder Produktionsanforderung Kapazitäts - abhängig ein oder mehrere Steuerrezepte entstehen. Im Fall nicht automatisierter Anlagen ist das Steuerrezept die Fahrplananweisung. Das Steuerrezept wird von der Betriebsleitebene der Prozeßleitebene zur Ausführung übergeben. Die Rezept - Kopfdaten und

möglicherweise auch die Sollwerte gehen in das Chargenprotokoll ein.

Das Abarbeiten des Steuerrezeptes ergibt Stellwerte für die Feldebene. Aus der Feldebene werden Istwerte und Ereignisse zurückgemeldet, die in das Chargenprotokoll eingehen. Aus Chargenprotokollen werden dann in der Betriebsleitebene Produktionsmeldungen erstellt, die der Produktionsleitebene übermittelt werden. Die Strukturierung von Verfahren und Rezepten ist in Bild 2.3.3 angegeben.

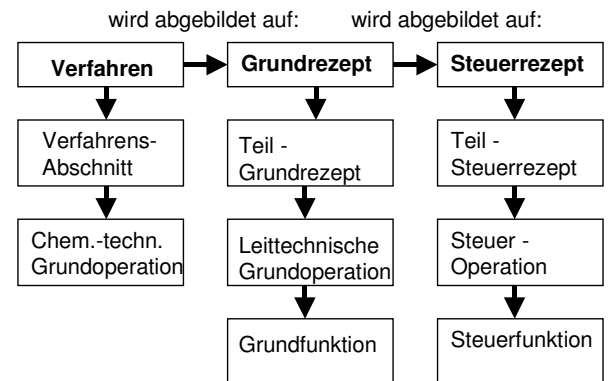


Bild 2.3.3: Zusammenhang Verfahren - Rezept

Die leittechnischen Grundoperationen sind die Bausteine für Rezepte. Damit die Rezepte bzw. auch bei Anlagen mit variablen Stoffwegen verwendet werden können, sind sie in dem Sinne Anlagen - neutral zu halten, so daß sie von einer Teilanlage auf eine ähnliche übertragen werden können.

Grundfunktionen sind die Funktionalitäten, die zur Ausführung der leittechnischen Grundoperationen erforderlich sind. Beispiele für Grundfunktionen sind Temperieren, Dosieren, Rühren und anderes mehr. Grundfunktionen sind Produkt - neutral und somit für unterschiedliche Rezepte verwendbar.

Das Grundrezept ist eine Konkretisierung des Urrezepts im Hinblick auf einen bestimmten Maßstab (z.B. Labor, Technikum, Großanlage) und eine bestimmte Arbeitsweise (z.B. kontinuierlich, diskontinuierlich). Es beinhaltet alle Informationen des Urrezepts (Verfahrensabschnitte, chemisch-technische Grundoperationen, Stoffeigenschaften und Mengenverhältnisse) und darüber hinaus Handlungsanweisungen zu den Verfahrensabschnitten.

Das Steuerrezept ist eine auf die zu produzierende Charge bezogene Konkretisierung des Grundrezepts. Ein Steuerrezept enthält alle Informationen, die zum Produzieren eines Produkts auf der Basis der Technischen Funktionen einer Anlage erforderlich sind. Dies umfaßt die Informationen des Grundrezepts, wobei in den Aktionen der Funktionspläne die Aufrufe von Grundfunktionen durch Aufrufe der Steuerfunktionen ersetzt sind.

Eine Steuerfunktion ist eine Produktions- und Anlagen - bezogene Umsetzung einer Grundfunktion. Dabei wird die Grundfunktion ergänzt um Informationen aus der Produktionsanforderung (z.B. aktuelle Mengenangaben) und um die konkrete Technische Funktion der ausgewählten Teilanlage. Die Steuerfunktion dient damit dem Aufruf der Technischen Funktion.

Eine Steueroperation ist eine Produktions- und Anlagen - bezogene Umsetzung einer leittechnischen Grundoperation.

Eine leittechnische Grundoperation wird durch einen Funktionsplan beschrieben, der die Angabe der Grundfunktionen, ihre Verknüpfung und die Parameter beinhaltet. Die Verknüpfungen sowohl der Grundfunktionen als auch der leittechnischen Grundoperationen sollen mit den vorgegebenen Funktionsplänen beschrieben werden.

Die Grundfunktionsaufrufe erscheinen als Aktionen im Funktionsplan. Die Grundfunktionen legen die Anforderungen an die Anlagen fest. Darüber hinaus erforderliche Zusatzangaben, wie z.B. Zusatzinformationen für die Bediener, Ausnahmebehandlung oder Zusatzinformationen zur Prozessführung, sollen auf der Ebene der leittechnischen Grundoperationen angegeben werden. Ein Beispiel für eine leittechnische Grundoperation in einem Grundrezept zeigt Bild 2.3.4, wobei zu den Aktionen die Parameter angegeben sind.

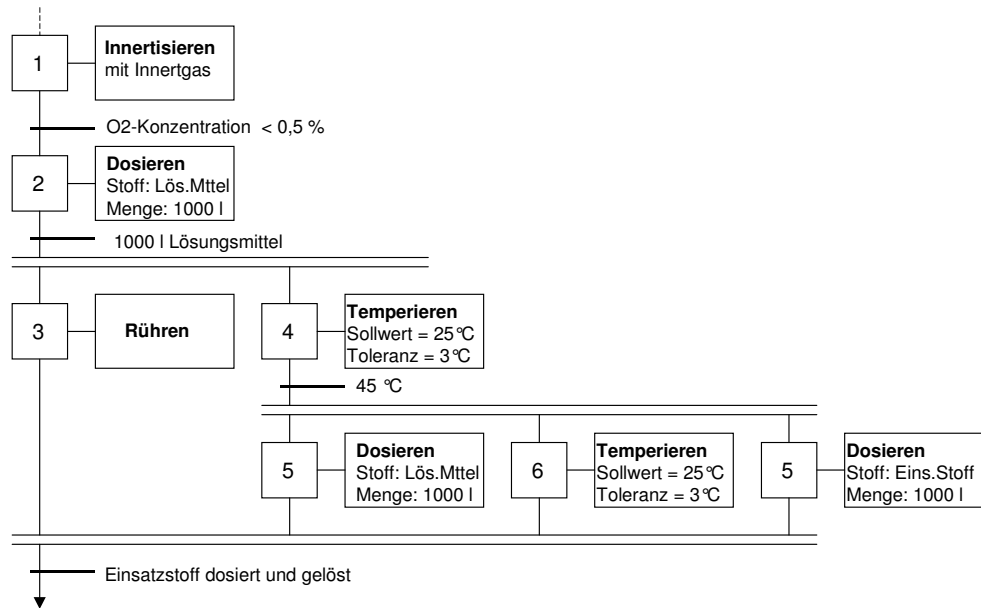


Bild 2.3.4: Funktionsplanbeispiel der leittechnischen Grundoperation "Lösen"

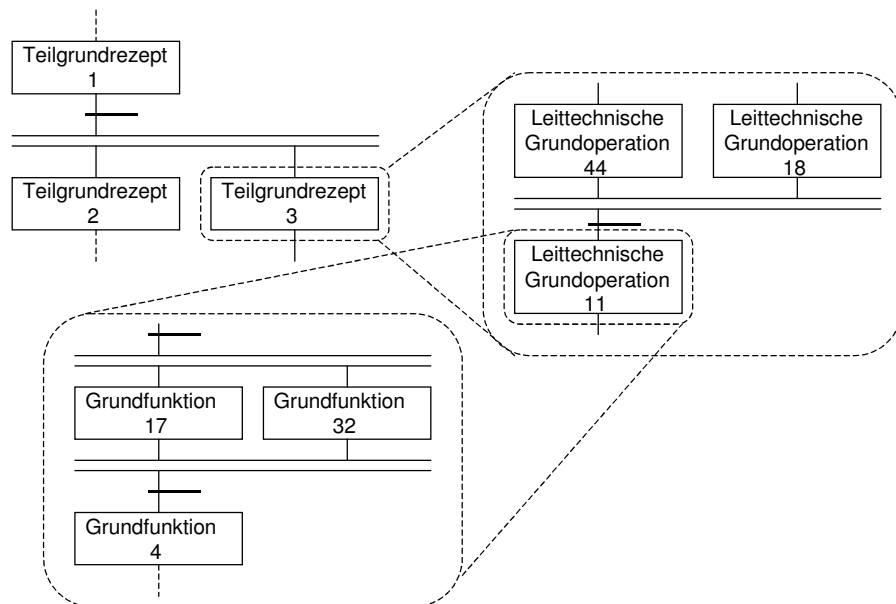


Bild 2.3.5: Ablaufbeschreibung der Verfahrensvorschrift

Die Ablaufbeschreibung der gesamten Verfahrensvorschrift mit Teilgrundgesetzen, leittechnischen Grundoperationen und Grundfunktionen sollte, wie im Bild 2.3.5 nach DIN 40 719 Teil 6 dargestellt werden. Dabei sollten bereits erstellte leittechnische Grundoperationen und Teil - Grundrezepte so als Objekte verwaltet werden, daß sie auch zusammen mit anderen zu neuen Grundrezepten zusammengestellt werden können (SW - Wiederholbarkeit).

3. Kraftwerksleittechnik

Kraftwerke sind je nach Art sehr komplexe, kontinuierliche Prozesse, an die sehr hohe Verfügbarkeits - Anforderungen gestellt werden.

Bild 3.1 zeigt vereinfacht einen Dampfkraftwerks - Prozess mit Wärme - Kraft - Kopplung. Nur die wichtigsten großen Aggregate sind dargestellt. Diese sind zur Erhöhung der Verfügbarkeit oft redundant ausgeführt und benötigen eine Vielzahl an Hilfsaggregaten (z.B. Ölpumpen) und gesteuerte und geregelte Stellglieder. Der Gesamt - Prozess lässt sich unterteilen, z.B. Frischluftversorgung oder Rauchgasentsorgung, aber zur Einspeisung von elektrischer Energie ins Netz müssen alle Teilprozesse in Betrieb und aufeinander abgestimmt sein.

Bild 3.2 zeigt den Bedarf an elektrischer Energie über einen Tag. Die verschiedenen Kraftwerkstypen können verschieden schnell angefahren und in ihrer Leistung verändert werden. Außer Grundlastkraftwerken, die möglichst viele Tage durchgehend mit gleicher Leistung betrieben werden, müssen alle anderen aber häufig an- und abgefahren werden. Daraus ergeben sich folgende Anforderungen an die Kraftwerks - Leittechnik:

- schnelles und sicheres An- und Abfahren (Fahrplan!),
- sicherer längerer Betrieb,
- rechtzeitige Hinweise auf sich anbahnende Störungen und
- Möglichkeiten zur schnellen Störungsbehebung, auch während des Betriebes.

Bild 3.3 zeigt, dass die Kraftwerksleittechnik hierarchisch und fein gegliedert ist, wobei zwar auf allen Ebenen bedient werden kann, normalerweise aber mit einem hohen Automatisierungsgrad gefahren wird. Dazu enthält die Kraftwerksleittechnik Ablaufsteuerungen für die An- und Abfahrvorgänge, Verknüpfungssteuerungen für die Aufrechterhaltung des Betriebes mit "Vorwahl" - Möglichkeiten einschließlich automatischer Umschaltung für redundante Aggregate. Daneben gibt es eine

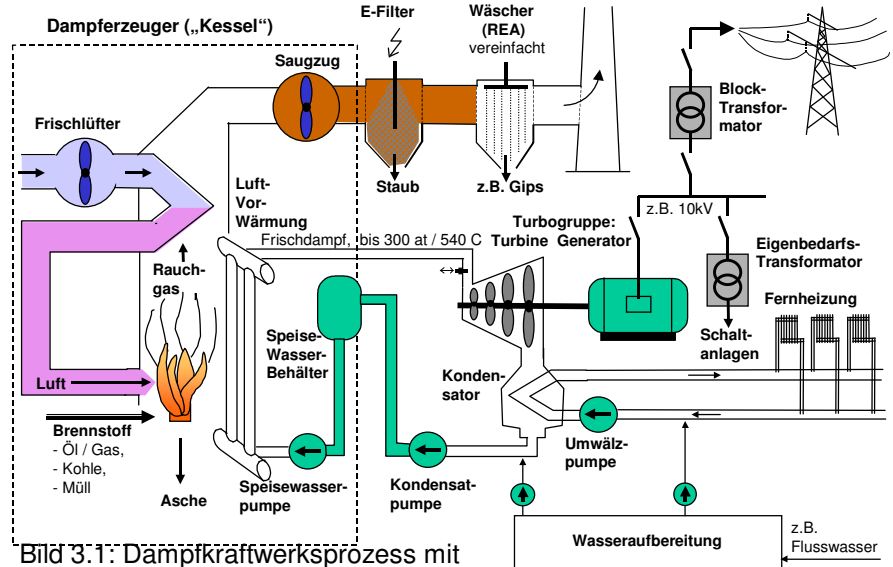


Bild 3.1: Dampfkraftwerksprozess mit Wärme - Kraft - Kopplung

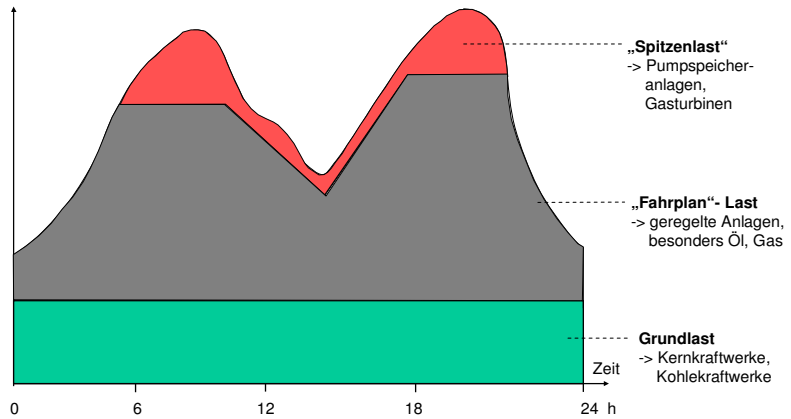


Bild 3.2: Bedarf an elektrischer Energie über einen Tag (prinzipiell)

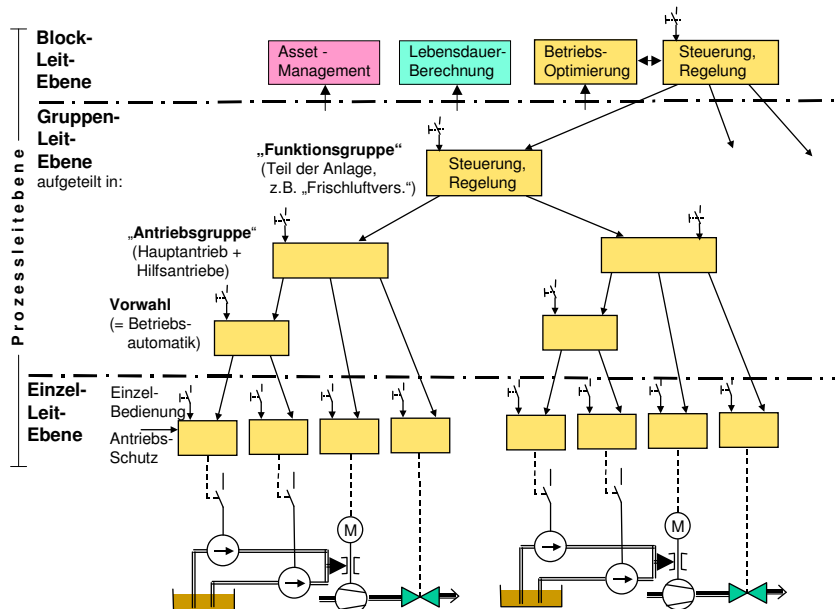


Bild 3.3: Struktur der Kraftwerksleittechnik

ebenfalls fein gegliederte Regelung von der Block - Leistungsregelung bis zu den Einzelgrößenreglern. Optimierungs-, Auswertungs- und Diagnosefunktionen einschließlich Expertensystemen sind nur auf der Block - (Prozess-) Ebene sinnvoll.

Die Kraftwerksprozesse sind im Prinzip bekannt und werden von den Betreibern nicht als "Betriebsgeheimnisse" behandelt wie manchmal bei konkurrierenden Betrieben in der Verfahrenstechnik. Neuerungen in der Kraftwerkstechnik ändern die Leittechnik nicht prinzipiell. Trotzdem können vorhandene Standardlösungen für größere Aufgabenkomplexe nur selten ohne Projekt - spezifische Anpassungen angewandt werden, da sich die maschinentechnischen Komponenten (verschiedene Lieferanten) und Randbedingungen von Fall zu Fall ändern. Immerhin muss nicht für jedes Projekt eine Analyse des Prozesses durchgeführt werden, sondern die prinzipiell vorhandene Lösung muss nur angepasst werden.

Bild 3.4 zeigt einen typischen Steuerungs - Funktionsplan im Prinzip für eine Antriebssteuerung, in der die eigentliche Steuerung durch einen standardisierten Funktionsbaustein realisiert ist. Nur die für jedes Aggregat individuellen Freigabe- und Schutzbedingungen müssen auch individuell geplant werden. In gleicher Weise sind auch die höheren Ebenen realisiert.

Das Engineering für die sehr komplexe, umfangreiche Kraftwerksleittechnik erfordert mächtige Werkzeuge mit Datenbanken über alle Komponenten und einer Trennung von funktioneller und Orts - sowie Lösungs - bezogener Planung.

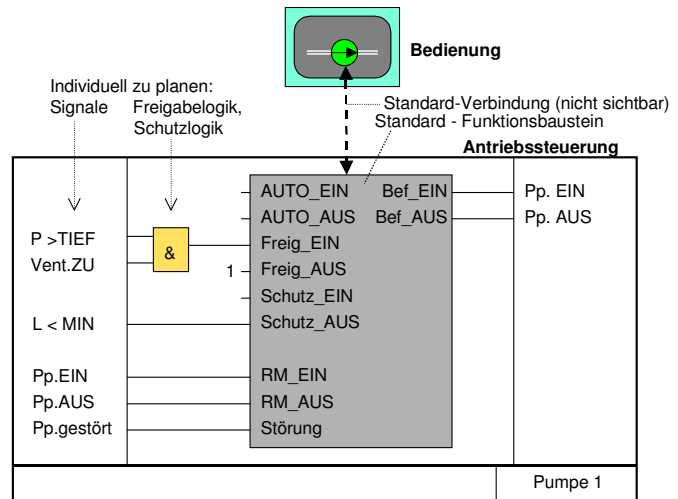


Bild 3.4: Antriebssteuerungs - Funktionsplan (Prinzip)

Für die hier eingesetzten speziellen Leitsysteme stehen solche Engineeringwerkzeuge zur Verfügung. Es gibt auch Ansätze zur automatischen Erstellung der Detailunterlagen aus der Kombination standardisierter Prozessteile auf der Ebene der verfahrenstechnischen Unterlagen. Ein anderer Ansatz ist die Sammlung von Standardlösungen und damit die Verringerung individueller Planungsarbeiten, da die Prozesse ja nicht so sehr verschieden sind.

4. Fertigungsleittechnik

4.1 Flexible Produktion u. Fertigungsleitsysteme

Der Einsatz von Leitsystemen in der Fertigungstechnik dient zur Automatisierung von flexiblen Produktionssystemen (FPS). Diese werden in fünf Basistypen unterteilt (Bild 4.1.1). Die Gliederung orientiert sich an Materialfluss - technischen Kriterien, ob z.B. eine Verkettung durch Transportbänder (kontinuierlich) oder ein Transport auf Paletten oder einzelnen Teilen (diskret) gegeben ist. Ein weiteres Kriterium unterscheidet, ob ein gleichzeitiger gerichteter Weitertransport von allen Teilen (getaktet) oder ein zeitlich unabhängiger, beliebiger Weitertransport (ungetaktet) erfolgt.

Weitere Kennzeichen zur Unterscheidung der fünf Typen, die wesentlichen Einfluß auf die Gestaltung der Software für die Leittechnik nehmen, sind:

- ➔ **Automatisierungsgrad** der Steuerungsfunktionen (siehe 4.2),
- ➔ **Produktions - begleitende Funktionen** z.B. Messen, Werkzeugvorbereitung usw.)
- ➔ **Fertigungstyp** (Auftragsmix, Los - weise Fertigung)
- ➔ **Werkstückhandhabung** (direkt, indirekt) und
- ➔ **Werkzeughandhabung** (mit / ohne Handhabung)

Materialfluss-technische Unterscheidung	Flexible Produktionssysteme (FPS)				
	Ein - Maschinen Systeme	Mehr - Maschinensysteme			
Anzahl Maschinen	Ein - Maschinen Systeme	Mehr - Maschinensysteme			
Verkettung	—	ja		nein	
Verkettungsprinzip	—	ungetaktet		getaktet	
		diskret	kontinuierlich		diskret
	Basistyp 1 Einzelmaschinenorientiertes FPS z.B. Ein-Maschinenzeile	Basistyp 2 FPS mit diskreter Verkettung z.B. flexibles Fertigungs-System	Basistyp 3 FPS mit kontinuierlicher Verkettung z.B. flexibles Montage-System	Basistyp 4 FPS mit getakteter Verkettung z.B. flexible Transferstraße	Basistyp 5 Unverkettetes Mehrmaschinen-System z.B. Werkstatt

Bild 4.1.1: Basistypen flexibler Produktionssysteme

Die in der Fertigungstechnik eingesetzte Leittechnik für die flexible Produktion ist jeweils auf die verschiedenen FPS - Basistypen zugeschnitten und lässt sich in vier Kategorien unterteilen.

Fertigungsleitsysteme (FLS) und **Montageleitsysteme** werden für die Basistypen 1 bis 3 verwendet. Kennzeichen dieser Leitsysteme sind unter anderem: hoher Automatisierungsgrad durch NC - Datenübertragung, Produktionsbeauftragung, Planung im Auftragsmix, sowie Steuerung von Werkstück- und Werkzeugfluß.

Leitsysteme für flexible Transferstraßen werden für Basistyp 4 eingesetzt.

Werkstattsteuerungssysteme sind dem Basistyp 5 zuzuordnen. Sie wurden in erster Linie aufgrund verschiedener Unzulänglichkeiten (z.B. Nichtbeachtung aktueller Zustände) herkömmlicher Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme (PPS) entwickelt. Sie richten ihr Hauptaugenmerk auf die sequenzielle Planung von Fertigungsaufträgen auf unverketteten Arbeitsplätzen in Werkstätten bzw. Fertigungs- und Montageinseln.

Zwischen den oben genannten Kategorien treten zunehmend fließende Übergänge auf. Eine Universelle Leitsystemlösung, die allen Einsatzfällen genügt, ist aus Kostengründen z.Z. nicht sinnvoll.

Die Leittechnik für die FPS der wichtigen Basistypen 2, 3 und 4 wird in den folgenden Abschnitten behandelt, die numerischen Steuerungen einschließlich der Antriebstechnik in einer eigenen Unterlage.

4.2 Steuerungstechnik

Die Lösungen für moderne verkettete Werkzeugmaschinen-systeme liegen in folgenden Systemen:

➔ **“modulare”** Steuerungssysteme, die es dem Maschinenhersteller erlauben, eigene, Anwendungsspezifische Steuerungen zu realisieren,

➔ **“konfigurierbare”** Steuerungssystemen, die es ermöglichen, verfügbare Standardmodule durch Projektierung zu einer Gesamtsteuerung zu verbinden. “Konfigurierbar” bedeutet dabei: Ein System besteht aus Modulen, die über eine definierte Systemarchitektur aufeinander abgestimmt sind und sich entsprechend der Aufgabe parametrieren und zusammenfügen lassen.

➔ **“offene”** Steuerungssysteme durch Standardisierung der Schnittstellen als Voraussetzung für die allgemeine Wiederverwendbarkeit. “Offen” bedeutet dabei: Die Module sind so konstruiert, dass sie zur Beauftragung und Ergebnisdarstellung über eine definierte Schnittstelle verfügen und diese Schnittstelle für jedermann offengelegt und möglichst ohne Adaption (d.h. genormt) zugänglich ist.

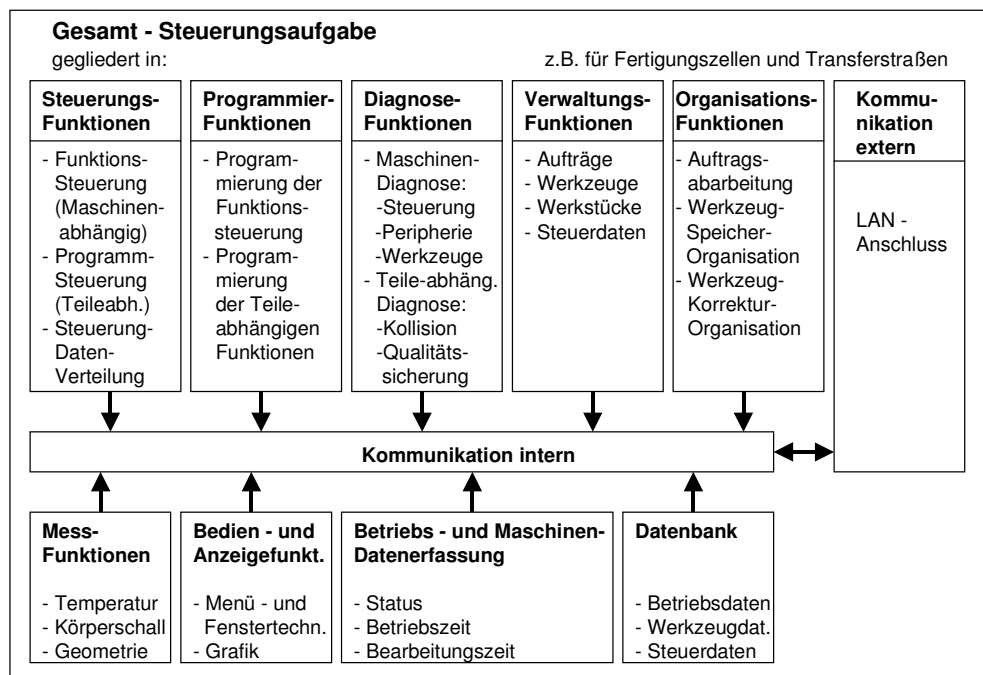
Ein derartiges Steuerungskonzept bietet die wesentlichen Vorteile, dass ein Steuerungssystem funktional exakt auf die zu steuernde Aufgabe zugeschnitten werden kann, und dass der Anwender durch die Offenlegung der Schnittstellen seine Firmen - spezifischen Funktionen einbringen kann. Die folgenden Ausführungen gehen auf diese Problematik gesondert ein.

Zur Lösung einer **Gesamtsteuerungsaufgabe**, sei es für die Fertigungszellen oder flexible Transferstraßen, sind funktional unterschiedliche Aufgaben zu bearbeiten, die über logische Schnittstellen miteinander verknüpft sind. (Bild 4.2.1).

Diese funktionale Gliederung kann jeweils weiter in drei Bereiche verfeinert werden (Bild 4.2.1):

- **Maschinen - abhängige** Funktionen
- **Betriebs - spezifische** Funktionen
- **Teile - abhängige** Funktionen.

Bild 4.2.1:
Funktionale Gliederung der Gesamt - Steuerungsaufgabe



Die funktionale Gliederung läßt z.B. folgende Bausteine unterscheiden:

- Steuerungskernaufgaben (Lageregelung, Technologiefunktionen),
- Bedienung und Anzeige,
- Antriebs- und Maschinendatenerfassung,
- Werkzeugverwaltung, Werkstückverwaltung,
- Auftragsverwaltung,
- Transportsteuerung,
- Qualitätssicherungsfunktionen (Messen, Soll-/Istvergleich, Maßnahmen),
- Programmierung,
- NC-Datenverwaltung,
- Simulation,
- Diagnose,
- Kommunikation.

Unter den Maschinen - abhängigen Funktionen werden diejenigen verstanden, die allein durch den konstruktiven Aufbau und die Arbeitsweise der Maschine bedingt sind. Betriebs - spezifische Funktionen sind die allgemeinen Funktionen, die der Maschinenhersteller dem Maschinennutzer zur Verfügung stellt und die weder von der direkten Funktion noch vom Werkstück abhängig sind.

Die funktionale Gliederung mit ihrer Detaillierung bis in elementare Grundfunktionen ist die Voraussetzung für die Bildung von Steuerungseinheiten, aus denen Steuerungssysteme konfiguriert werden können, die eine Anpassung durch den Anwender an unterschiedlichste Maschinensysteme erlauben.

Die beschriebenen Fähigkeiten werden am Beispiel für das Mehrprozessor - Steuerungssystem MPST (DIN 66 246 Teil 2) erläutert.

Hier werden Strukturen und Schnittstellen für die Software solcher Funktionsprogramme definiert, die Hardware - unabhängig sind und somit auf weitere Systeme neben MPST übertragen werden können. Die Strukturen sind so gewählt, daß die einzelnen Programmeinheiten abgeschlossene Funktionen umfassen und der erforderliche Datenaustausch zwischen den Einheiten gering gehalten wird. Diese Strukturierung erfolgt in einer dreistufigen Hierarchie. Zunächst werden die gesamten Funktionsprogramme einer NC in sogenannte Funktionsblöcke und die Systemsteuerung eingeteilt (Bild 4.2.2). Ein Funktionsblock besteht aus einer oder mehreren beauftragbaren Funktionen, die sich ihrerseits aus Einzelfunktionen zusammensetzen. Diese Einzelfunktionen stellen die kleinste Einheit dar. Mehrere beauftragbare Funktionen können in einem Funktionsblock auf dieselben Einzelfunktionen zugreifen. Die Einteilung der Software in Funktionsblöcke erlaubt es, Systeme verschiedener Leistungen und Eigenschaften zu konfigurieren. Die gleiche Hardwarebasis (Mikrorechnerkarte) kann dann je nach Bedarf mit unterschiedlichen Funktionsblöcken ausgerüstet sein.

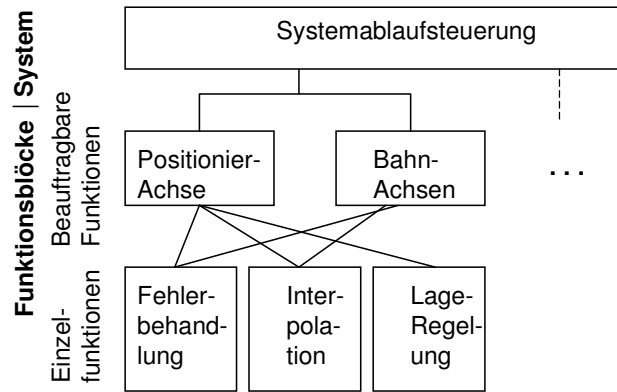


Bild 4.2.2: Hierarchische Unterteilung der Software

Zur Bildung von FB wird festgelegt:

- jeder FB hat einen abgeschlossenen Funktionsumfang,
- der notwendige Datenaustausch mit weiteren FB ist minimiert.

Ein FB besteht aus einer FB - Ablaufsteuerung und mehreren beauftragbaren Funktionen. Im FB sind immer beauftragbare Funktionen zur Konfiguration, Diagnose und Anzeige vorhanden.

In der flexiblen Automatisierung hat sich das Konzept der hierarchisch aufgebauten, dezentral organisierten Funktionseinheiten durchgesetzt. Einzelmaschinen werden in Fertigungszellen mit autonomen Materialfluß zusammengefaßt, Fertigungszellen zu Fertigungssystemen (Bild 4.2.3).

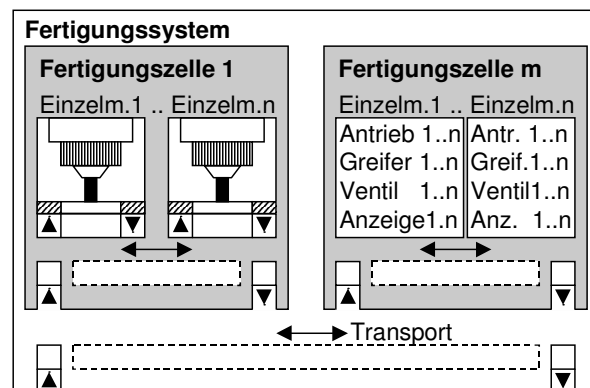


Bild 4.2.3: Physikalische Ebenen/Funktionseinheiten

Entsprechend dem Strukturierungsgedanken in Funktionsblöcken und beauftragbaren Funktionen läßt sich diese Steuerungskonzept nun auf die gesamte Rechner - gesteuerte Fabrik ausdehnen. Das Informationsverarbeitungssystem einer CIM-orientierten Fabrik endet in der physikalischen Ebene an der Maschine, also am Antrieb, Greifer, Ventil oder Endschalter.

In der Vorgehensweise einer "Bottom - up" - Betrachtung läßt sich ein hierarchisch orientiertes Ebenen - Modell der Fertigungstechnik entwickeln, das in jeder Ebene die gleichen Elemente hat, nämlich Funktionen mit Ablaufsteuerung und Unterfunktionen, die entsprechend wiederum gleichartig strukturiert sind (Bild 4.2.4)

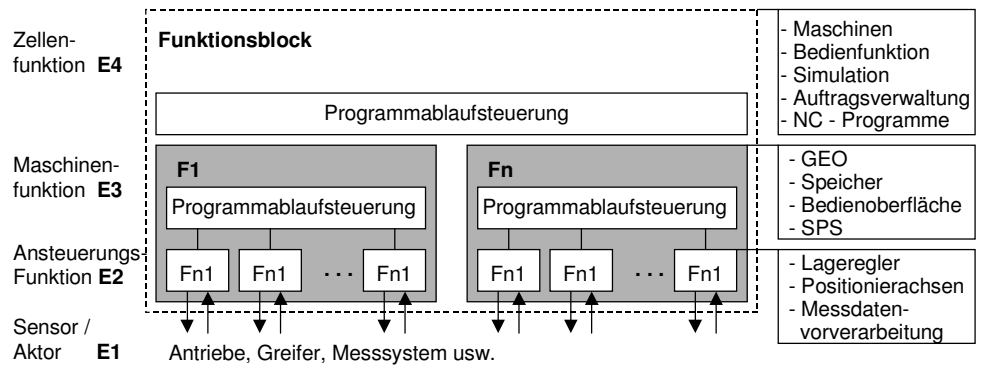


Bild 4.2.4: Programmablauf und Funktionsblock

4.3 Unternehmensmodell und Informationsfluß

Ein charakteristisches Unternehmensprofil mit den wichtigsten Funktionen wie sie überwiegend im Unternehmen der Fertigungstechnik anzutreffen sind, zeigt Bild 4.3.1. Die Funktionsbereiche sind als Rechtecke und die auszutauschenden Daten als Pfeile dargestellt. Daraus läßt sich die prinzipielle Struktur sowie Art und Umfang der Kommunikation für eine Rechner - gestützte Fertigungsautomatisierung ableiten.

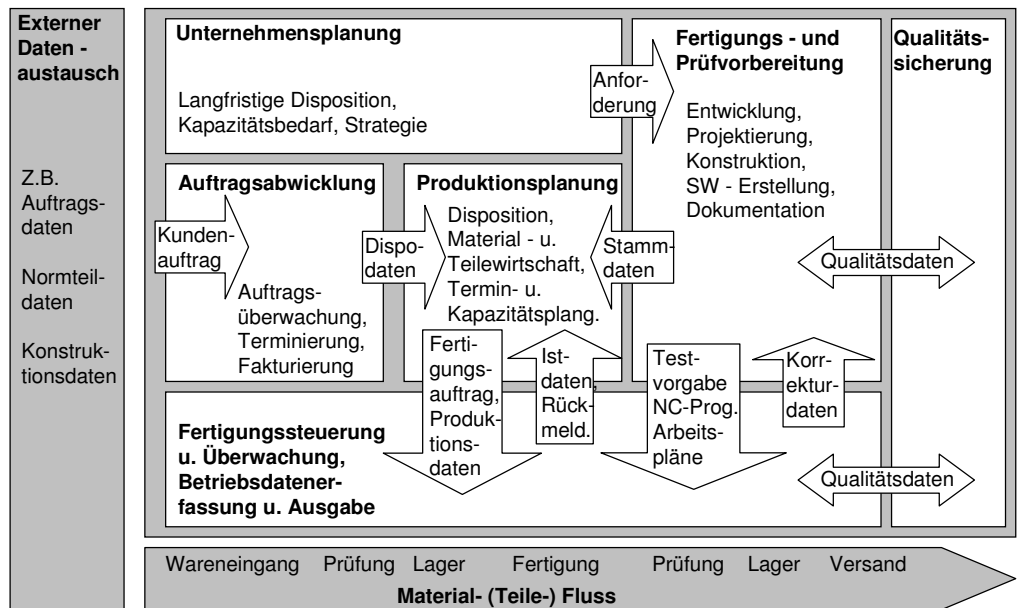


Bild 4.3.1: Funktionen, Informations- u. Materialfluss in einem Unternehmen

4.4 Struktur und Kommunikation

Für die Rechner - integrierte Produktion ist die durchgängige elektronische Kommunikationsfähigkeit unabdingbare Voraussetzung. Diese Kommunikation muß gewissermaßen im Sinne eines Nervensystems die Verbindungs- und Informationswege anbieten, die den Daten - technischen Verbund der verschiedenen Datensysteme, Rechner, Arbeitsplatzrechner und Steuerungen ermöglichen. Die Verbindungen müssen - über heterogene Netzstrukturen hinweg - aus dem Automatisierungs- (Produktions-) Bereich über den Engineeringbereich, den technischen und kaufmännischen Bürobereich bis zum öffentlichen Kommunikationsbereich zur Anbindung von Zulieferern und Kunden im Sinne einer "offenen" (d.h. Herstellerunabhängigen) Kommunikation möglich sein. Dabei muß sowohl der Vielfalt der eingesetzten Übertragungsmedien, der Vielfalt der Anforderungen an das Übertragungsverhalten (Datenaufkommen, Reaktionszeiten etc.), als auch der Vielfalt der anzukoppelnden Systeme, Steuerungen, Arbeitsplatzrechner (dezentrale Rechenstationen, Großrechner) Rechnung getragen werden.

Für einzelne Unternehmensbereiche können unterschiedliche Informationsnetze besonders vorteilhaft und wirtschaftlich sein. Deshalb ist davon auszugehen, daß im Unternehmen mehrere genormte Typen von Informationsnetzen eingesetzt werden, die sich z.B. in der Durchsatzrate oder der Sicherheitskonzeption unterscheiden. Dann müssen Verbindungen zwischen diesen Netztypen geschaffen werden (Bild 4.4.1).

Weitere Basisfunktionen sind Datenhaltung und Archivierung. Eine Normung der Datenhaltung ist aus verschiedenen Gründen notwendig, z.B.:

- Zugriff bzw. Zugang von verschiedenen CIM-Komponenten aus ohne Effizienz - mindernde Datenumsetzungen oder
- Lesbarkeit bzw. inhaltliche Interpretierbarkeit und Reproduzierbarkeit auch noch nach längeren Zeiträumen im Rahmen von Nachbauprogrammen oder
- Speicherbedarfs - minimierte Archivierung.

Für die Übertragung von Nachrichten stehen unterschiedliche Übertragungsmedien zur Verfügung. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der physischen Eigenschaften des Mediums, der verwendeten Übertragungsverfahren und der Leistungsfähigkeit.

Insbesondere bedingt durch die unterschiedliche Leistungsfähigkeit und die Installationsrandbedingungen und nicht zuletzt durch den Preis (!) sind diese Netztypen für die verschiedenen CIM-Bereiche mehr oder weniger prädestiniert. Es besteht damit auch die Chance, den individuellen Anforderungen entsprechend optimal angepasste Übertragungswege zu installieren.

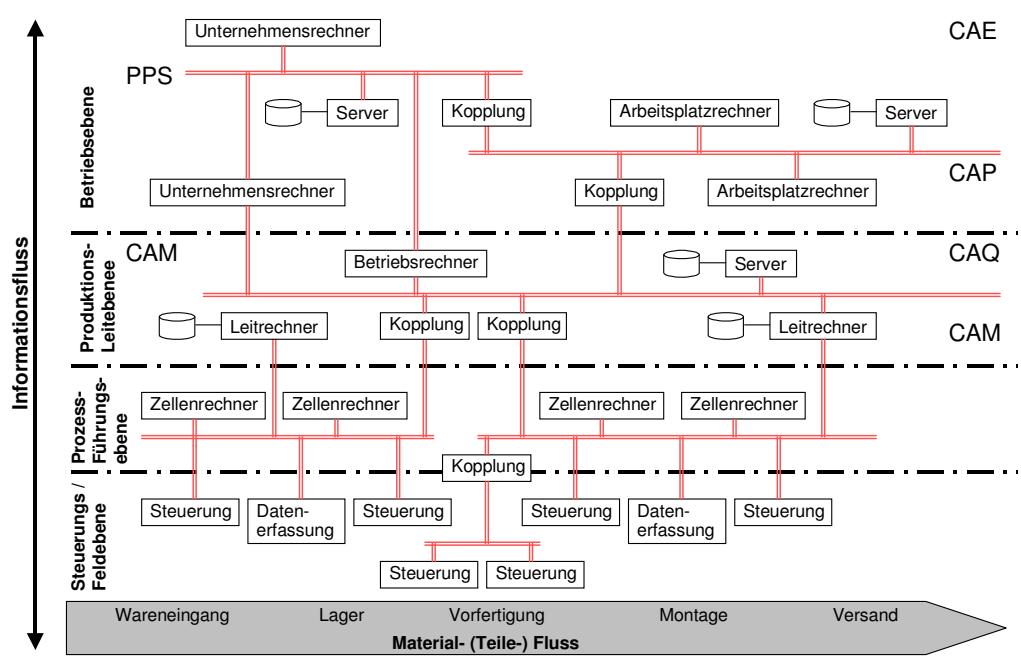


Bild 4.4.1: Fertigungsleittechnik mit lokalen Netzen

In der Praxis ist es daher nicht möglich bzw. sinnvoll, eine durchgängige Kommunikation mit nur einem Netztyp zu realisieren. Netze verschiedenen Typs müssen deshalb über Koppellemente (Gateways, Bridges, Router etc.) verbunden werden.

4.5 Kommunikation in einer Fertigungs-Zelle

Bild 4.5.1 zeigt Beispiele für die Anwendung von Standards in Schicht 1 und 7 zur offenen Kommunikation in einer Fertigungszelle.

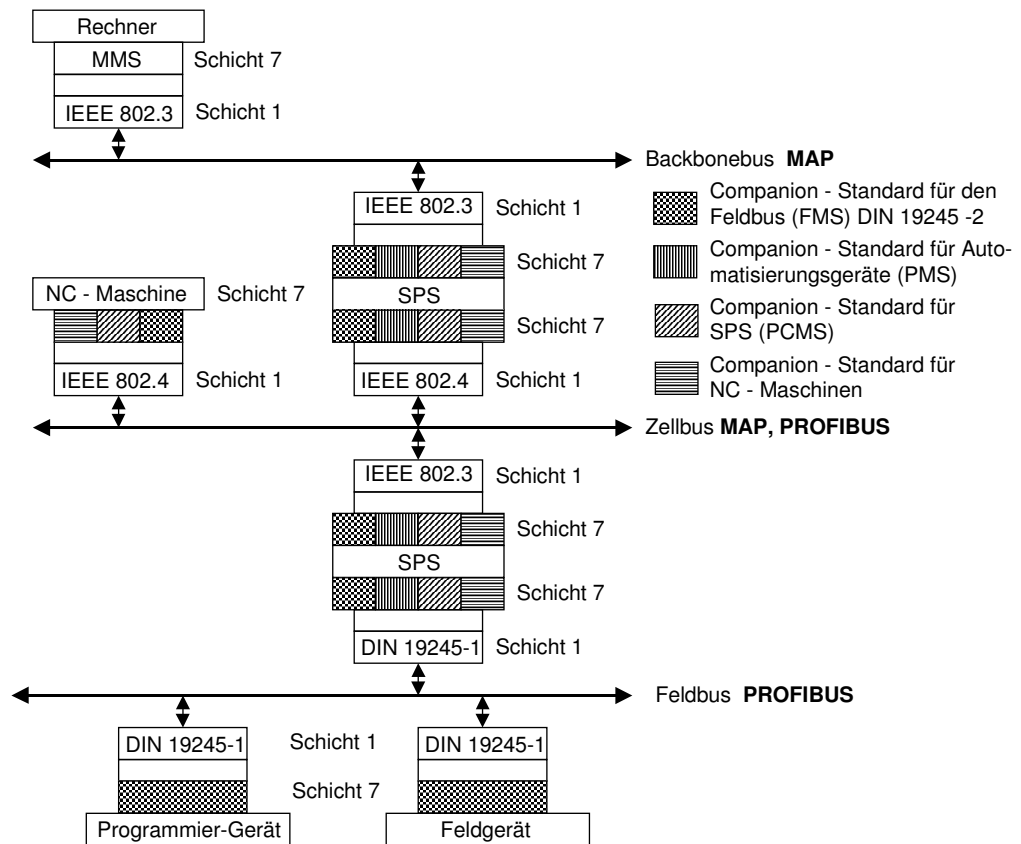


Bild 4.5.1: Kommunikation in einer Fertigungszelle und die "Offenheit" durch Standards

5. CIM (Computer Integrated Manufacturing)

5.1 Grundlagen

Wettbewerbssituation und Produktionstechnik

Die Wettbewerbssituation eines Unternehmens wird wesentlich von dem Ausmaß beeinflusst, in dem die Unternehmenspotentiale in den Bereichen Vertrieb, Forschung und Entwicklung, Beschaffung, Produktion und Finanzen ausgeschöpft werden. Beim Aufbau von Wettbewerbsvorteilen in einem Markt, der durch eine wachsende Anzahl von Zulieferern, Kunden und Wettbewerbern gekennzeichnet sein wird, kommt der Produktionsstrategie eine zunehmende Bedeutung zu. Dabei wird sich neben der Kostenstruktur und der Produktqualität der Zeitfaktor zu einem immer entscheidenderen Wettbewerbsfaktor entwickeln und mit ansteigendem Technologieniveau auch noch an Bedeutung gewinnen. Der optimale Einsatz der Produktionsfaktoren muß sich an diesen Bedingungen orientieren und stärker als bisher das Zeitsparen in den Vordergrund stellen.

Unternehmen mit der kürzesten Produkt - Durchlaufzeit von der Produktidee bis zum lieferbaren Produkt werden entscheidende Wettbewerbsvorteile erringen (Bild 5.1.1). Dieser Effekt läßt sich vereinfacht an der Erfahrungskurve verdeutlichen, die besagt, dass sich die Kosten bei jeder Verdoppelung der Menge (kumulierte Erfahrung) um ca. 15 bis 20 % senken lassen. Die Wettbewerber jagen sich in der Regel bezüglich der Kosten.

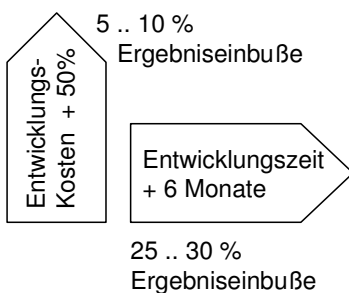
Wenn ein Wettbewerber mit einem vergleichbaren Produkt früher auf dem Markt ist als andere Wettbewerber, kann er diesen Zeitvorteil über die früher einsetzende kumulierte Erfahrung in einen entsprechenden Kostenvorteil umsetzen.

Bei Produkten mit relativ kurzen Lebenszyklen können sich Verzögerungen bei der Markteinführung durch eine Verlängerung der Entwicklungszeit um 6 Monate in einer Ergebniseinbuße von 25 - 30 % auswirken. Zeit sparen verbessert also die Wettbewerbssituation und zwar hinsichtlich möglicher Marktanteile und auch hinsichtlich der Kostensituation.

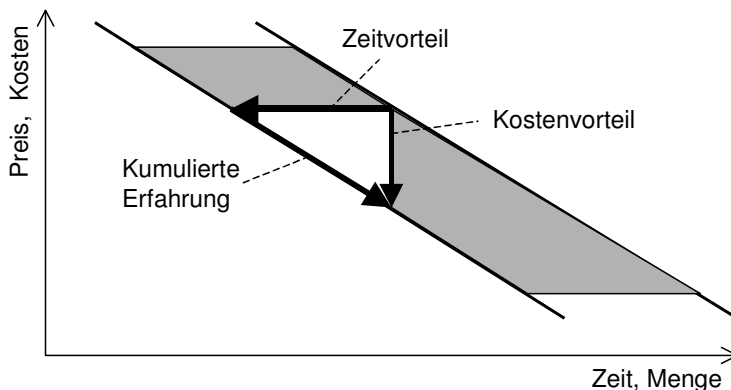
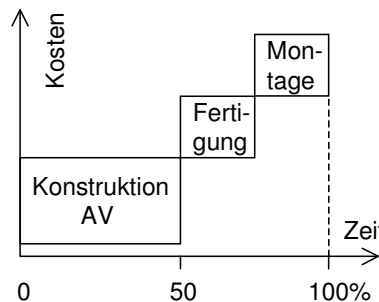
Rechner - integrierte Produktion

Die technische Auftragsabwicklung ist durch konsequente Arbeitsteiligkeit und wiederholte Grunddatengenerierung gekennzeichnet. Hinzu kommen sequentielle Arbeitsweisen und mangelnde Synchronisation der beteiligten Funktionsträger. Insgesamt führt dies zu beträchtlichen Zeit- und Effektivitätsverlusten (Bild 5.1.2). Möglichkeiten zur Verbesserung dieser Situation ergeben sich durch einen verstärkten Einsatz Rechner - gestützter Hilfsmittel. Ziel muß es dabei sein, Daten nur einmal zu erzeugen und überall dort so aufbereitet zur Verfügung zu stellen, wie sie jeweils gebraucht werden. Datenintegration durch dezentralen und vernetzten Einsatz Rechner - gestützter Hilfsmittel ist ein wichtiger Ansatz zur Verkürzung von Durchlaufzeiten.

Produktentwicklungszeit



Auftragsdurchlaufzeit



Darüber hinaus muß durch eine verbesserte Aufgabensynchronisation eine Verringerung des Zeitverbrauchs erreicht werden. Dazu müssen Übergangszeiten zwischen einzelnen Verrichtungen verkürzt und Tätigkeiten über Funktionsgrenzen hinweg parallelgeschaltet werden. Die Beschleunigung der Auftragsabwicklung bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität läßt sich nur erzielen, wenn die Prozesse in der Produktion mit denen im Fertigungsvorfeld intensiv verzahnt sind. Die flexible und Rechner - integrierte Automatisierung der gesamten Prozeßkette ist ein Lösungsansatz dazu.

Bild 5.1.1: Zeit als Produktionsfaktor, Zeitvorteil als Kostenvorteil

Die Komponenten zur Rechner - integrierten Produktion sind verfügbar und haben jeweils für sich isoliert betrachtet einen hohen Entwicklungsstand erreicht. Im Fertigungsvorfeld stehen CAD- und CAP- Systeme zur Erzeugung und Verarbeitung von Geometrie- und Technologiesdaten sowie PPS-Systeme zur Erfassung und Verarbeitung von Auftrags- und Betriebsdaten bereit. (Abkürzungen: siehe 5.2)

Auf Werkstattebene sind als Automatisierungsbausteine numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen, Handhabungseinrichtungen, Fahrer - lose Transportsysteme sowie automatische Lager-systeme vorhanden. Hinzu kommen Zellen- und Leitrechner für die Steuerdatenverteilung sowie für die Auftrags- und Betriebsdatenerfassung und -Verarbeitung. Im Sinne von Daten- und Zeitintegration kommt der Auftragsleittechnik im Vorfeld der Fertigung und der Werkstattleittechnik in Fertigung und Montage entscheidende Bedeutung zu. Sie ermöglichen die waagerechte Integration von Prozeß- und Materialfluß sowie die senkrechte Integration über den Informationsfluß und bilden damit die Basis für die notwendige Synchronisation der Aufgaben.

Hemmnisse

Ein umfassendes CIM-Konzept oder eine Musterlösung für den Aufbau und den Einsatz von CIM existiert nicht. Auch die Anzahl der nur teilweise miteinander verknüpften Produktionssysteme ist zur Zeit noch sehr gering, so daß nur vereinzelt Erfahrungen im Betrieb dieser Anlagen vorliegen. Die Ursachen für diese Situation liegen in einer Reihe von Problemen, die auf dem Weg zu CIM überwunden werden müssen. Zunächst gilt es im Zuge der Rechner - integrierten Produktion eine Vielzahl von Schnittstellenproblemen in den unterschiedlichsten Bereichen zu lösen. Aufgrund unterschiedlicher Hardware sowie insbesondere durch verschiedene Datenstrukturen bei den heute verfügbaren Einzelkomponenten zur Rechner - integrierten Produktion treten häufig erhebliche Nahtstellenprobleme auf. Des weiteren behindern der Mangel an qualifiziertem Personal sowie vom Taylorismus geprägte Ablauf- und Aufbauorganisationsstrukturen häufig die Umsetzung von Konzepten zur Rechner - integrierten Produktion. Schwierigkeiten bereitet den Unternehmen auch die finanzielle Rechtfertigung Rechner - integrierter Produktionssysteme.

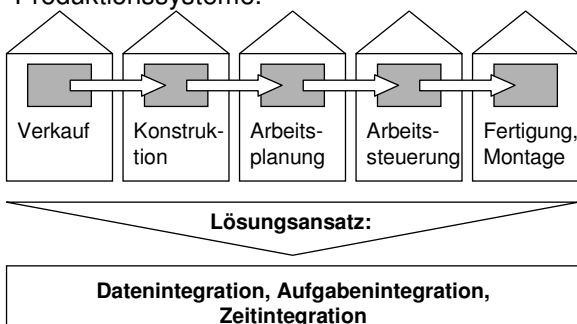


Bild 5.1.2: Schwachstellen - Behebung

Bei der isolierten Betrachtung von einzelnen Betriebsmitteln wurde dieser Nachweis bisher mit einer standardisierten Wirtschaftlichkeitsrechnung erbracht. Bei der Bewertung von Produktionssystemen stößt man bei dieser Vorgehensweise auf Hindernisse, da

- nicht alle Nutzwerte monetär quantifizierbar sind,
- eine Verschiebung der Wirtschaftlichkeit auch in die indirekten Bereiche erfolgt,
- die Ergebnisse häufig mit erheblicher Unsicherheit behaftet sind, und
- auch die Kosten der Unterlassung unberücksichtigt bleiben.

Außerdem handelt es sich in der Regel um ein nicht abgeschlossenes Projekt.

Viele Unternehmen stehen bei der verstärkten Anwendung flexibel automatisierter Produktionstechnologien vor dem Dilemma konkurrierender Ziele (Bild 5.1.3). Steigende Produktionsflexibilität geht häufig zu Lasten der Produktivität, erhöht die Komplexität und verringert tendenziell die Verfügbarkeit des Produktionssystems. Auch besteht häufig die Zielkonkurrenz zwischen dem Kapitaleinsatz und dem strategischen Nutzen (Rechtfertigung) flexibel automatisierter Produktionssysteme. Dieses Dilemma läßt sich nicht allgemeingültig lösen, sondern jedes Unternehmen muß je nach seinem Anforderungsprofil an die Produktion zwischen diesen Zielkonflikten ein Optimum finden. Wesentliche, durch CIM zu erreichende Ziele sind nach Bild 5.1.4 :

- Verringerung der Durchlaufzeiten bei Produktinnovationen und verbesserte Reaktion auf Marktforderungen,
- Steigerung der Liefertermintreue, Reduzierung der Auftragsdurchlaufzeit und der Lagerbestände auf den unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen durch Integration der Auftragsabwicklung,
- Marktgerechte innerbetriebliche Flexibilität,
- Erhöhung der Produktqualität für den Kunden,
- Kostensenkung durch Rationalisierung der Information verarbeitenden Aufgaben.

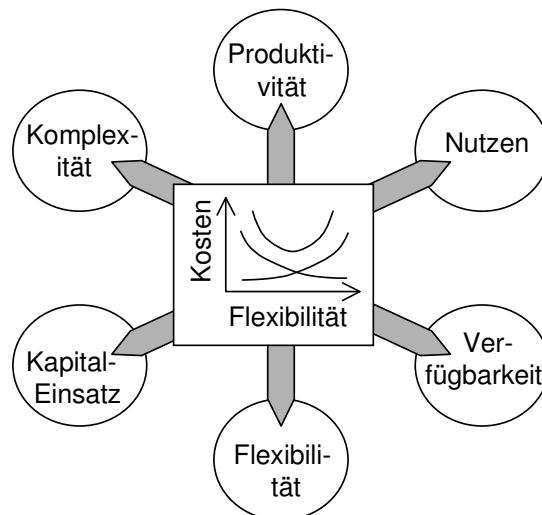
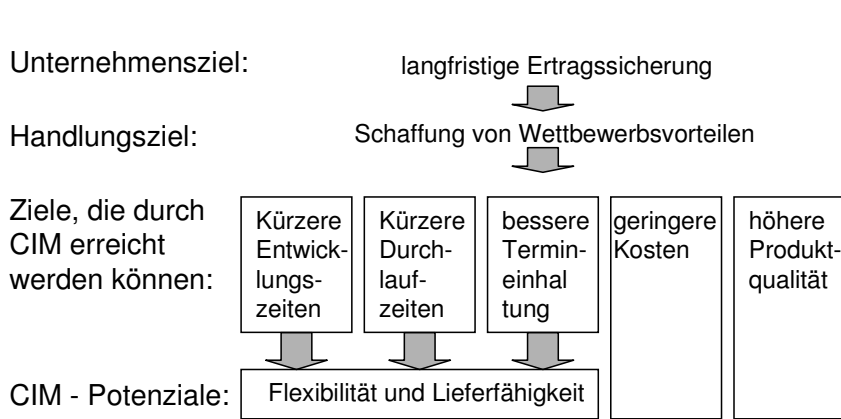


Bild 5.1.3: Dilemma der Automatisierung



CAM (Computer Aided Manufacturing)

bezeichnet die EDV-Unterstützung zur technischen Steuerung und Überwachung der Betriebsmittel bei der Herstellung der Objekte im Fertigungsprozeß. Dies bezieht sich auf die direkte Steuerung von Arbeitsmaschinen, verfahrenstechnischen Anlagen, Handhabungsgeräten sowie Transport- und Lager-systemen.

Bild 5.1.4: Durch CIM zu erreichende Ziele

Die integrierende Betrachtungsweise von CIM über alle betroffenen Unternehmensbereiche hinweg erhöht die Wirksamkeit der Maßnahmen gegenüber der Forcierung isolierter Optimierungen in Teilbereichen. Dies erschwert jedoch eine nachrechenbare wirtschaftliche Bewertung der einzelnen Maßnahmen, vor allem im mittel- und langfristigen Rahmen. Die besonderen Schwierigkeiten bei der Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von CIM-Projekten liegen darin, daß die Eingangsparameter

- Kosten / Aufwände und
- Nutzengrößen

nicht ohne weiteres ermittelt werden können. Der Nutzen einer Maßnahme muß saldiert in der gesamten, davon beeinflussten Wirkungskette kalkuliert werden.

5.2 Begriffe und Definitionen

CIM (Computer Integrated Manufacturing)

beschreibt den integrierten EDV-Einsatz in allen mit der Produktion zusammenhängenden Betriebsbereichen. CIM umfaßt das Informations - technologische Zusammenwirken zwischen CAD, CAP, CAQ und PPS. Hierbei soll die Integration der technischen und organisatorischen Funktionen zur Produkterstellung erreicht werden. Dies bedingt die gemeinsame, Bereichs - übergreifende Nutzung einer Datenbasis.

CAD (Computer Aided Design)

ist ein Sammelbegriff für alle Aktivitäten, bei denen die EDV direkt oder indirekt im Rahmen von Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten eingesetzt wird. Dies bezieht sich im engeren Sinn auf die graphisch - interaktive Erzeugung und Manipulation einer digitalen Objektdarstellung, z.B. durch die zweidimensionale Zeichnungserstellung oder durch die dreidimensionale Modellbildung.

CAP (Computer Aided Planning)

bezeichnet die EDV-Unterstützung bei der Arbeitsplanung.

Hierbei handelt es sich um Planungsaufgaben, die auf die konventionell oder mit CAD erstellten Arbeitsergebnisse der Konstruktion aufbauen, um Daten für Teilefertigungs- und Montageanweisungen zu erzeugen. Darunter wird verstanden:

- Die Rechner - unterstützte Planung der Arbeitsvorgänge und der Arbeitsvorgangfolgen, und
- die Auswahl von Verfahren und Betriebsmitteln zur Erzeugung der Objekte sowie Rechner - unterstützte Erstellung von Daten für die Steuerung der Betriebsmittel des CAM.

CAE (Computer Aided Engineering)

Häufig gebrauchter Oberbegriff für CAD/CAP.

CAQ (Computer Aided Quality Assurance)

bezeichnet die EDV - unterstützte Planung und Durchführung der Qualitätssicherung. Hierunter wird einerseits die Erstellung von Prüfplänen, Prüfprogrammen und Kontrollwerten verstanden, andererseits die Durchführung Rechner - unterstützter Mess- und Prüfverfahren. CAQ kann sich dabei der EDV - technischen Hilfsmittel des CAD, CAP und CAM bedienen.

PPS (Produktionsplanung und -steuerung)

bezeichnet den Einsatz Rechner - unterstützter Systeme zur organisatorischen Planung, Steuerung und Überwachung der Produktionsabläufe von der Angebotsbearbeitung bis zum Versand unter Mengen-, Termin- und Kapazitätsaspekten.

5.3 Lean Production (Schlanke Produktion)

Die Diskussion über die Produktionsstrategie wird seit 1991 durch die Veröffentlichung der Studie des Massachusetts Institute of Technology "The Machine that Changed the World" intensiviert, die auf einem Vergleich der japanischen mit der europäischen und der amerikanischen Automobilproduktion beruht. Dabei wird die japanische Arbeitsweise, in der Studie mit "Lean Production" bezeichnet, als die Fertigungsstrategie der Zukunft diskutiert.

Schlanker werden heißt in organisatorischer Hinsicht: Dezentralisierung der Unternehmensorganisation, Verringerung der Arbeitsteiligkeit und Verringerung nicht Wert - schöpferischer Tätigkeiten. Die Nachahmung dieser "Japanischen Arbeitsweisen" darf jedoch nicht als ein Verzicht auf eine weitere Steigerung des Automatisierungsgrades und des Einsatzes neuer Fertigungstechnologien verstanden werden.

Für die Unternehmen gilt es einerseits, daran zu arbeiten, die Komplexität der Produktionsstrukturen, der Produkte und der Unternehmensorganisation zu verringern. Andererseits müssen Ansätze gefunden werden, wie komplexe Strukturen - sowohl auf der Organisations- wie auch auf der Produkt- und Produktionsseite - optimal beherrscht werden können. Dies ist deshalb besonders wichtig, da auch in Zukunft trotz aller Bemühungen weiterhin komplexe Produkte mit hoher Variantenzahl, wahrscheinlich sogar mit steigender Tendenz, herzustellen sein werden. Deshalb kommt der flexiblen Automatisierung, im Vorfeld der Fertigung wie auch in der Fertigung selbst, eine hohe Bedeutung zu.

Die organisatorische Aufgabe besteht zukünftig darin, schnelle, den Informationsfluss fördernde Aufbau- und Ablauforganisationen zu schaffen. Dies erfordert dezentralisierte Organisationsstrukturen mit flachen Hierarchien und kurzen Entscheidungswegen. Dabei kann durch eine Verringerung der Arbeitsteiligkeit sowie einer Reduktion der nicht Wert - schöpferischen Tätigkeiten der Aufbau reaktionsschneller Unternehmenseinheiten unterstützt werden.

Die Verringerung der Arbeitsteiligkeit, d.h. die Aufgabenintegration in dezentralen Einheiten, wird neben Spezialkenntnissen von den Mitarbeitern mehr Bereichs - übergreifende Kenntnisse fordern. Ein besseres Verständnis der Mitarbeiter für das Zusammenwirken aller betrieblichen Teilbereiche und die Bereitschaft und die Fähigkeit, auch verschiedenen Aufgaben mit einer steigenden Zahl technischer Hilfsmittel durchzuführen, muß dabei zunehmen.

Insbesondere bei komplizierten Gestaltungs- und Planungsaufgaben sollte eine möglichst vernetzte und parallele Arbeitsweise erreicht werden. Dies ist auch deshalb wichtig, weil die Aufgaben der Pro-

duktentwicklung sowie die der Planung der entsprechenden Produktionsanlagen vor dem Hintergrund sich weiter verkürzender Innovationszyklen und der Verkürzung der Produktlebensdauer in Zukunft noch mehr an Bedeutung zunehmen.

Ein besonderes Problem besteht zukünftig darin, zum Zeitpunkt der Investitionsplanung das Teilespektrum nach Menge, Geometrie und unter Umständen auch nach Technologie für die gesamte Einsatzzeit der Anlage zu prognostizieren, um darauf abgestimmt das langfristige Kosten - optimale System auszuwählen. Um sich gegenüber diesem Prognoserisiko abzusichern und auf veränderte Anforderungen schnell und kostengünstig reagieren zu können, sind die Unternehmen gezwungen, verstärkt durch die Erhöhung der Flexibilität von Fertigungssystemen und Fertigungsabläufen auf die gestellten Anforderungen zu reagieren.

Grundsätzlich ist bei der Konzeption und dem Betrieb flexibler Produktionseinrichtungen darauf zu achten, daß die Risiken der technischen und organisatorischen Nichtverfügbarkeit von Produktionsanlagen beherrschbar bleiben. Mit steigendem Komplexitätsgrad der Anlagen erhöhen sich tendenziell beide Risiken. Insbesondere die organisatorische Verfügbarkeit stellt sich dabei häufig als eine Schwachstelle heraus. Deshalb kommt der Umfeldorganisation flexibler Produktionseinrichtungen erhebliche Bedeutung zu.

5.4 Objekt - orientierte Leitechnik

In der Leitechnik hat sich die Informationsmenge durch die gestiegene Komplexität, aufgrund der gesetzlichen Vorschriften zu Sicherheit und Umweltschutz, sowie lückenloser Dokumentation des Betriebes in letzter Zeit bis zum Zehnfachen erhöht.

Neben dem Mengenproblem erfordert die wachsende Nutzungsvielfalt derselben Informationselemente eine verbesserte Methode der Informationsstrukturierung. So wird derselbe Messwert aus einem Produktionsprozeß in unterschiedlichem Kontext unterschiedlich interpretiert, etwa aus der Sicht eines für die Produktqualität Verantwortlichen anders als aus der Sicht des Instandhaltungspersonals. Die unterschiedlichen Nutzungsprofile der Information verlangen nach einer beliebigen und ggf. frei veränderbaren Zusammenstellung von Einzelinformationen mittels beliebiger und unterschiedlicher Konstruktionsfunktionen, ohne dass die Anwendung oder Änderung einer Funktion bereits bestehende Informations - Zusammenstellungen aus anderer Anwendersicht beeinflusst. Es muss jederzeit möglich sein, neue Informationskomponenten einzubeziehen, neue Sichten auf die Information zu generieren und bestehende Sichten zu ändern. Die qualitative Lösung hierfür ist die "Objekt - Orientierung".

Gleichzeitig mit der Nutzung der Objekt - Orientierung stehen heute Rechenanlagen und Benutzeroberflächen mit wesentlich höherer Leistungsfähigkeit als vor wenigen Jahren zur Verfügung. Die Vernetzung der Komponenten ist "offen" geworden. So treffen neue qualitative Methoden der Informationsverarbeitung mit quantitativen Weiterentwicklungen der Rechnertechnik zusammen, um die Strukturierung und vielfache Nutzung sehr großer Informationsmengen anzugehen.

Traditionell wurden Daten und Funktionen als getrennte Einheiten gesehen und entsprechend getrennt definiert und strukturiert. Verschiedene Funktionen konnten zwar auf dieselben Daten angewendet werden, dies kam jedoch in der Struktur der Verarbeitung nicht explizit zum Ausdruck. Auch wurden Daten überwiegend Typ - weise getrennt behandelt, und damit ging der semantische Zusammenhang zwischen verschiedenen Daten und den auf sie ausgeübten Funktionen verloren. Es wurden Daten behandelt, nicht aber Information bearbeitet.

In einer Produktionsanlage wiederholen sich die realen Objekte mit gewissen Variationen ihrer Eigenschaften und ihrer Struktur. So haben die Roboter einer Schweißstraße prinzipiell dieselbe Struktur, sind aber unterschiedlich ausgerüstet oder von unterschiedlicher Größe. Die dieser Struktur zugeordnete Information ist ebenfalls in Grundzügen dieselbe; sie beschreibt u.a. Gelenkwinkel oder Bewegungsgeschwindigkeiten einzelner Achsen. Es liegt also nahe, nicht jeden einzelnen Gelenkwinkel als unabhängiges Datum einzeln im Leitsystem zu definieren und zu bearbeiten. Vielmehr sollten Grundstruktur und -Eigenschaften des realen Objektes "Roboter" einmal in genereller Form beschrieben werden können, um dann für das individuelle reale Objekt nur noch die aktuellen Parameter anzugeben oder Abweichungen von dieser Grundstruktur zu beschreiben. Somit wäre jedes reale Objekt durch ein Informations - technisches Objekt gleicher Datenstruktur beschreibbar. In allen einzelnen Informations - technischen Objekten dieser Art, auch als "Instanzen" der generellen Beschreibung (sogenannte "Klasse") bezeichnet, hätten z.B. die jeweiligen Daten dieselbe Bedeutung.

Die Objekt - Orientierung beschreibt auch die auf Daten ausführbaren Funktionen. Ein Gelenkwinkel kann vergrößert oder verkleinert werden, er hat Grenzwerte, und sein Veränderungsincrement ist durch den Typ des Winkelgebers bestimmt. Weiterhin haben diese Daten und Funktionen semantische Zusammenhänge, die in einem Objekt beschreibbar sein müssen. Die Veränderung eines Gelenkwinkels ist immer die Folge von Antriebskräften, die durch die Motorstromregelung verursacht werden. Verändert sich ein Gelenkwinkel ohne Antriebsaktivität, so liegt eine Störung vor. Alle diese Zusammenhänge

sind für jeden Roboter gleich und müssen für das Objekt "Roboter" nur einmal definiert werden.

Das Informatik - Prinzip der Objekt - Orientierung ist durch seine drei Grundeigenschaften der

- Klassenhierarchie mit dynamischer Verknüpfung solcher Klassen,
 - der Vererbung von Klasseeigenschaften und
 - der Kapselung von Informationen
- besonders dazu geeignet, reale Objekte in Informations - verarbeitenden Systemen abzubilden.

Die generelle Beschreibung von Objekten geschieht durch sogenannte Klassen, die mit ihren Attributen (Daten und Funktionen) die Eigenschaften von Objekten festlegen. Durch die Belegung von Attributen mit Werten bzw. durch die Programmtechnische Bereitstellung von Funktionen lassen sich aus den Klassen dann Informations - technische Objekte generieren, die einzelnen realen Objekten entsprechen. Die Verknüpfung solcher generierter Objekte geschieht durch den Aufruf von Funktionen mittels eines Kommunikationssystems zwischen den Objekten. Die Vererbung sorgt dafür, dass Attribute und Funktionen an andere Klassen weitergegeben werden können, ohne dass sie neu zu definieren sind.

Objekt - orientierte Leitsysteme erfordern zur Lösung der unterschiedlichen Teilaufgaben drei wesentliche Funktionsbereiche,

- die Objekt - orientierte Prozeß- u. Produktmodellierung,
- das dazu passende Bedien- u. Beobachtungssystem, sowie
- ein Objekt - orientiertes, verteiltes Verarbeitung- und Speicherungssystem.

Die Realisierung geschieht mit Hilfe von Objekt - orientierten Sprachen und Entwicklungsumgebungen.

Die Modellierung von Prozessen oder Produkten beginnt mit der Definition der realen Objekte, deren Attributen und den Beziehungen zwischen solchen Objekten in der realen Welt. Eine solche Modellwelt ist dann abzubilden auf entsprechende Objektdefinitionen in der Welt der Informationsverarbeitung, also auf die "Klassen". Eine hierarchische Vorgehensweise beginnt mit immer wieder vorkommenden Basisklassen, aus denen der Leittechniker dann für die komplexeren realen Objekte entsprechend komplexe Klassen zusammenstellen kann. Für die Modellierung einer Produktionsanlage (Struktur) und die darin ablaufenden Produktionsprozesse (Verhalten) sind in diesen Klassen die erforderlichen Attribute und Referenzen zu anderen Klassen festzulegen (Vorgehen "Bottom-Up"). Bei entsprechenden Sprachen ist ein Top-Down - Vorgehen gegeben (siehe Sprachen nach DIN EN 61131-3).

Bei der Generierung (Instanziierung) der Informations - technischen Objekte im Rahmen ablauffähiger Programme werden diesen Attributen aktuelle Werte zugewiesen. Der Definition der Klassen und ihrer Attribute folgt also später die Erzeugung und Verknüpfung der den realen Objekten entsprechenden Programm - technischen Objekte.

Damit wird der Vorteil dieser Objekt - orientierten Modellierungsweise deutlich: Die Definition der Klassen geschieht nur einmal und abstrakt. Die Nutzung dieser Klassen bei der Instanziierung der zur Systemlaufzeit tatsächlich vorhandenen und für die Abbildung der realen Objekte notwendigen Informations - technischen Objekte bedeutet die aktuelle Festlegung von Attributwerten, Funktionsprogrammen und Strukturinformationen und damit die Generierung eines ablauffähigen Programmsystems für die Lösung einer realen leittechnischen Aufgabenstellung.

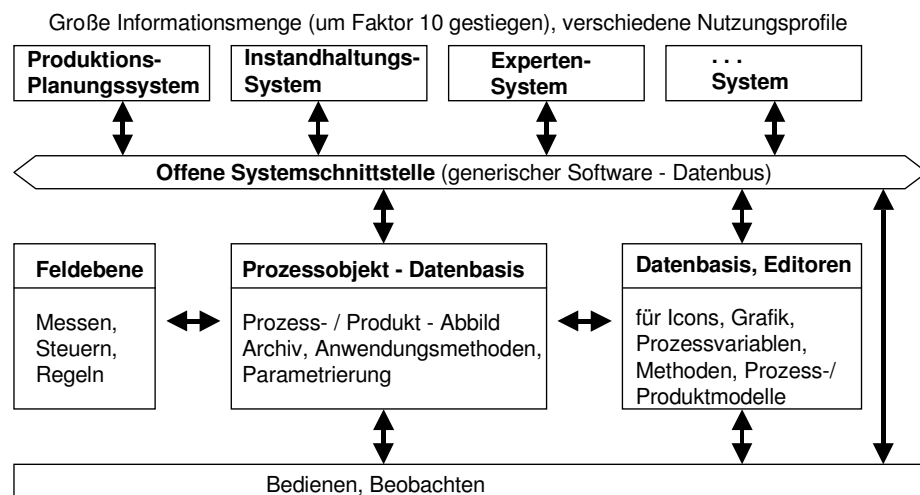
Objekt - orientierte Informationsgewinnung bedeutet, daß sich die Klassen, die bei der Modellierung der Produktionsanlage erstellt wurden, auch in den Daten- und Funktionsstrukturen der Anlagen- und Feldebene wiederfinden. Es muß dadurch möglich sein, etwa aus einer Robotersteuerung die Informationsstruktur eines Objektes "Roboter" geschlossen und vollständig in Form von Subklassen (z.B. einzelne Achsen) oder schließlich in Form von Basisklassen (einzelne Zustandsdaten) gewinnen zu können. Dabei dürfen sich diese Klassen nicht unterscheiden von den Klassen, die für das Bedienen und Beobachten definiert wurden. Der Vorteil der einheitlichen Klassendefinition für die Einheitlichkeit der Informationsmodellierung und - Darstellung in einem Leitsystem darf nicht durch unterschiedliche Informationsmodelle in einzelnen Systemteilen aufgegeben werden.

Die Informationsspeicherung muß sowohl die Speicherung der Modellierungsinformation, also insbesondere die Speicherung der Klassenhierarchie, als auch die Speicherung der Informations - technischen Objekte des ablaufenden Leitsystems berücksichtigen. In beiden Fällen stehen heute Objekt - orientierte Datenbanksysteme zur Verfügung.

Als wesentliche Komponenten eines Objekt - orientierten Leitsystems zeigt Bild 5.4.1 die zentrale Prozessobjekt -Datenbasis, die, aus der Feldebene mit direkter Prozeßinformation versorgt, den operativen Teil des Leitsystems darstellt. Zur Definition der Klassen und der graphischen Darstellung von Objekten sind Editoren und eine Modell - Datenbasis vorhanden. Über eine offene Systemschnittstelle sind die verschiedenen Informationssichten für unterschiedliche Nutzungsarten der Leitsystem-Information abrufbar, wie sie mit Hilfe der Objekte definierbar sind. Eine besondere Rolle spielt dabei das Bedienen und Beobachten, das unmittelbar mit der Prozeßobjekt - Datenbasis verbunden ist.

Die Implementierung solcher Systeme geschieht zweckmäßig mit Hilfe von Objekt - orientierten Sprachen und Entwicklungsumgebungen, die unmittelbar für die Erstellung von Ablaufsystemen für Objekt - orientierte Systementwürfe geeignet sind. Besonders gut ist die Sprache C++ für die geschilderten Aufgaben geeignet. Der Sprachstandard DIN EN 61131-3 für SPS basiert auf den geschilderten Eigenschaften und besitzt eine Reihe von Festlegungen zu der Objektklassifizierung, den Objekten und ihren Attributen für die Anwendungsgebiete Messen, Steuern, Regeln, Überwachen, Bedienen u. Beobachten sowie Kommunizieren.

Bild 5.4.1: Struktur eines Objekt - orientierten Leitsystems



Literatur: [1] Tomas Müller-Heinzerling: Standards nutzen bei der Autom. von Chargenprozessen, atp 4/2005