

1	Hinweise für systematisches Entwickeln und Konstruieren	13
1.1	Entwicklungsplanung	16
1.2	Projektphasen	16
1.2.1	Informationsfluß	18
1.2.2	Durchführbarkeitsstudie	19
1.2.3	Vorstudie	20
1.3	Pflichtenheft	21
1.4	Bemerkungen zur Terminplanung	22

1 Hinweise für systematisches Entwickeln und Konstruieren

Dieses Buch wendet sich an Studierende, Berufsanfänger und bereits im Beruf stehende Ingenieure und Techniker, die sich der Entwicklung und Konstruktion elektronischer Geräte zuwenden wollen. Eine erfolgreiche berufliche Tätigkeit erfordert, neben dem fachlichen Können, die Fähigkeit, die eigene Arbeit systematisch zu organisieren.

Diese Organisation hat das Ziel, die für die gestellte Aufgabe optimale Lösung mit geringstem Aufwand zu finden und dabei Fehler und Versäumnisse möglichst zu vermeiden. Die Technik des systematischen Entwickelns und Konstruierens wird während der Ausbildung leider nur sehr selten vermittelt. Da die Beachtung gewisser Leitlinien während der Entwicklung den Erfolg eines Produktes wesentlich mitbestimmen kann, sollen hier einige Hinweise gegeben werden.

Technik ist nicht Selbstzweck, sondern sie dient der Lösung von Aufgaben. Jedes Produkt muß sich dem Markt bzw. der Konkurrenz stellen. Daher ist es erforderlich, daß bei einer Entwicklung von Anfang an wirtschaftliche Gesichtspunkte angemessen berücksichtigt werden.

Der weltweite Wettlauf um die modernsten Technologien sowie die auf den internationalen Märkten geforderten Preise und Termine zwingen jede Firma, die Effektivität ihrer Entwicklungsaktivitäten so weit wie möglich zu steigern, damit die zur Verfügung stehenden Mittel gezielt und wirkungsvoll eingesetzt werden können.

Die Elektroindustrie gehört zu den Industriezweigen mit den höchsten Innovationsraten (Innovation = Neuerung). Der Umsatz vieler Firmen wird zur Hälfte von Erzeugnissen getragen, die weniger als 5 Jahre alt sind. Daher ist dem Entstehen und dem Wachstum der Produkte und ihrer *Lebensphasen* besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Bild 1.1 zeigt die typische Lebenskurve eines Produktes. Diese kann sich sowohl über 10 und mehr Jahre als auch über einen Zeitraum von weniger als 3 Jahren erstrecken. Dabei stellt sich die Frage, ob sich die Entwicklungskosten amortisiert haben, und wenn ja, nach welcher Zeit.

Die *Lebenskurve* eines Produktes kann in 4 Phasen unterteilt werden:

- *Phase I*: Zu dieser *Einführungsphase* gehören Entwicklung, Prototypenbau, Vorserie, Markteinführung. Das Produkt ist noch nicht vollständig ausgereift. Die verkaufte Stückzahl ist noch niedrig, die Wachstumsrate jedoch hoch. Der Gewinn der Firma ist gering.
- *Phase II*: In dieser *Industrialisierungsphase* ist das Produkt ausgereift, die Wachstumsrate ist noch hoch. Der Markt des Produktes und die Konkurrenten

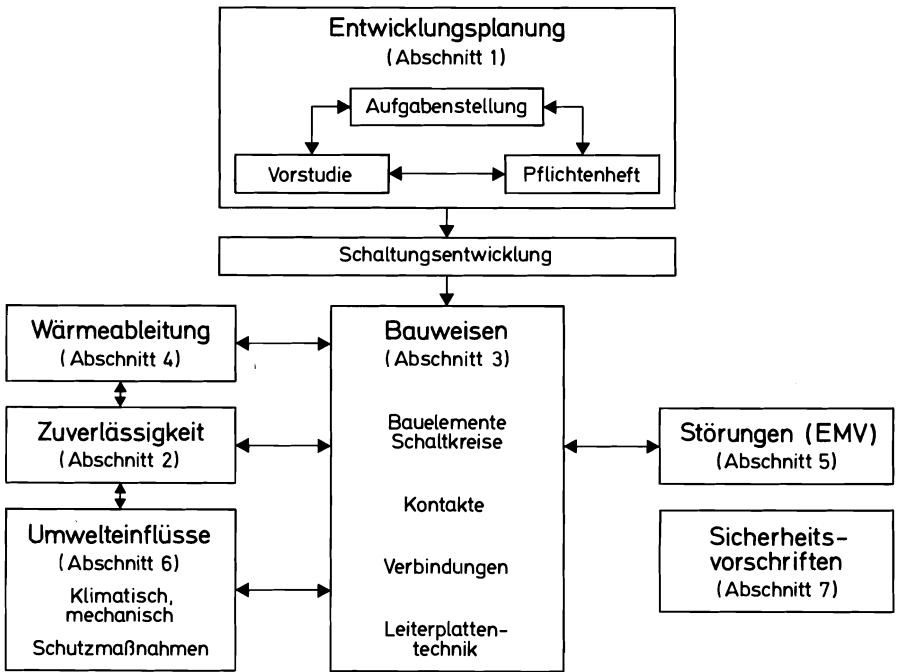


Bild 1 Problemkreise bei der Geräteentwicklung (Struktur des Buches)

- sind bekannt. Die verkaufte Menge und der Gewinn haben zugenommen.
- *Phase III*: In der *Ertragsphase* findet nur noch ein geringes oder kein Wachstum mehr statt. Die zunehmende Konkurrenz zwingt zu einer Verringerung des Verkaufspreises. Durch die Bemühungen um höhere Produktivität sinken die Selbstkosten. Trotzdem verringert sich das Verhältnis Verkaufspreis/Selbstkosten.
 - *Phase IV*: In der *Abstiegsphase* wird das Produkt durch Konkurrenz oder Ersatzprodukte vom Markt verdrängt.

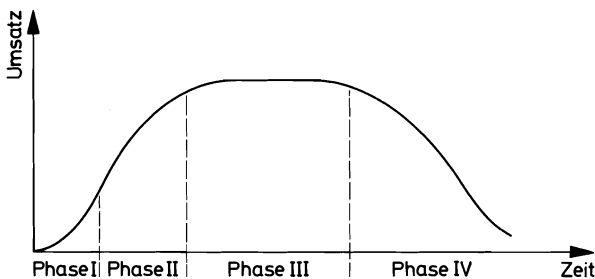


Bild 1.1 Typische Lebenskurve eines Produkts

Die Erfordernisse des Marktes bedingen eine schnelle und gleichzeitig wirtschaftliche Reaktion der Entwicklungsabteilung. Um die Zeiten und Kosten einer Entwicklung möglichst gering zu halten, ist auch für die Entwicklungstätigkeit eine Termin- und Kostenplanung erforderlich.

Dieses gilt besonders für größere Geräte und Anlagen, an deren Entwicklung Spezialisten der verschiedensten Disziplinen mitarbeiten. Als Beispiel sei ein «Verkaufsautomat» genannt, dessen Blockschaltbild Bild 2.13 entspricht.

Über ein «Bediengerät» mit Tastatur und Anzeige wird die Ware gewählt und der entsprechende Preis mitgeteilt. Die «Kassiereinheit» (Subsystem 1) besitzt die Fähigkeit, Münzen zu erkennen und deren Wert zu ermitteln. Die eingenommenen Münzen werden im Gerät gespeichert. Auf ein Signal der «Zentralen Steuerung» wird, bei Überzahlung, Wechselgeld zurückgegeben.

Die Entwicklung eines elektronischen Münzprüfers mit hoher Erkennungssicherheit gegen Falschmünzen und Fremdwährungen erfordert ein Team von qualifizierten Elektronikern, Konstrukteuren und Versuchsingenieuren. Die Aufgabenstellung muß genau definiert sein, und die Bearbeitung ist so abzustimmen, daß möglichst wenig Leerlauf entsteht.

Gleiches gilt für den «Warenpeicher» (Subsystem 2) sowie die zugehörige Ausgabeinheit mit Antriebssystem.

Die «Zentrale Steuerung» kontrolliert sämtliche Vorgänge im Verkaufsautomaten. Nach der Wahl einer Ware durch Tastendruck wird der Preis aus einem elektronischen Preisspeicher ausgelesen und angezeigt. Beim Bezahlen errechnet die Steuerung die Differenz aus Verkaufspreis und dem Wert der eingeworfenen Münzen und zeigt diese an. Bei Überzahlung wird die Kassiereinheit derart gesteuert, daß das Wechselgeld in möglichst großen Münzen zurückgegeben wird. Außerdem steuert die Zentrale Steuerung sämtliche Antriebe des Verkaufsautomaten, errechnet die Werte für die Datenerfassung und zeigt im Fehlerfall die defekte Baugruppe an.

Die «Datenerfassung» speichert die Verkaufsvorgänge über einen längeren Zeitraum und erlaubt statistische Aussagen. Das «Netzgerät» versorgt Schaltungen, Anzeigen und Antriebsorgane mit den erforderlichen Spannungen.

Die Entwicklung derartiger Geräte erfordert eine präzise Festlegung der Funktion des Gerätes sowie aller Teilfunktionen. Andererseits ist diese Festlegung auch von den verwendeten Komponenten und Schaltungen abhängig (zum Beispiel: konventionelle digitale Schaltung oder Mikrocomputer für die Zentrale Steuerung). Man ist daher gezwungen, in einer Vorphase der Entwicklung das Projekt genauer zu untersuchen und zu definieren.

Da mit der Zahl der beteiligten Mitarbeiter Kosten und Koordinierungsprobleme wachsen, ist aus wirtschaftlichen Gründen die gegenseitige arbeitstechnische Abhängigkeit planerisch zu erfassen.

1.1 Entwicklungsplanung

Es wird oft argumentiert, daß sich eine Entwicklungstätigkeit nicht planen läßt. Dieses Argument ist nicht richtig, denn der wirklich kreative (schöpferische) Anteil beträgt im Durchschnitt oft nicht mehr als 10 bis 15% der Gesamtzeit. Der Rest besteht aus Routinetätigkeiten.

Voraussetzung für jede Planung ist allerdings, daß die Arbeitsabläufe und Planzeiten von den Entwicklern und Konstrukteuren angegeben werden, da nur sie den nötigen Überblick besitzen.

Der Ablauf ist so zu planen, daß zunächst möglichst viele Informationen über das Vorhaben gesammelt werden. Danach ist die Zielsetzung zu präzisieren. Anschließend werden verschiedene Lösungsvorschläge erarbeitet. Nach der Auswahl eines Vorschlages erfolgt die genaue Definition des zu entwickelnden Gerätes, die Planung des Entwicklungsablaufs und die Ermittlung voraussichtlicher Kosten.

Die Entwicklungsplanung sollte nicht als Einengung des Entwicklers oder Konstrukteurs oder gar als «Druckmittel» mißverstanden werden. Sie dient vielmehr dazu, den komplexen Entscheidungsprozeß transparent zu machen und die Vorgesetzten an den Überlegungen zu beteiligen. Diese müssen im allgemeinen die Verantwortung für die Entscheidung tragen. Sie haben sehr oft die bessere Übersicht über das Gesamtsystem und die Probleme des Kunden, jedoch eine geringere Kenntnis der Details.

Zunächst bringt die Planung den Bearbeiter dazu, ein Vorhaben nicht gleich zu beginnen und darauf zu hoffen, daß schon etwas Rechtes daraus werde. Er muß vielmehr das Projekt vor dem Start der eigentlichen Entwicklung konsequent durchdenken.

Das Ergebnis aller Überlegungen und Untersuchungen ist zu dokumentieren. Dieses ist außerordentlich wichtig, denn nur so können auch andere am Entscheidungsprozeß für bestimmte Lösungen oder für das gesamte Vorhaben beteiligt werden.

1.2 Projektphasen

Es gibt verschiedene Verfahren, die u.a. als «Systematische Entwicklungs- bzw. Konstruktionsmethode» bekannt sind. Neben der im folgenden dargestellten Auflösung in definierte Teilschritte enthalten diese Verfahren noch systematische Methoden zur Findung, Bewertung und Auswahl von Ideen sowie zur Wertanalyse. Da deren Erfolg wesentlich von der konsequenten Einführung durch die Firma und der Unterstützung der damit beauftragten Mitarbeiter abhängt, soll hier nicht weiter darauf eingegangen werden (siehe z.B. [1.7]).

Die hier dargestellte Systematik läßt sich auch dann vom einzelnen Bearbeiter nutzbringend anwenden, wenn dieses nicht ausdrücklich von ihm gefordert wird. Die Methode könnte auch zum Nachweis dienen, daß ein geforderter Termin nicht eingehalten werden kann.

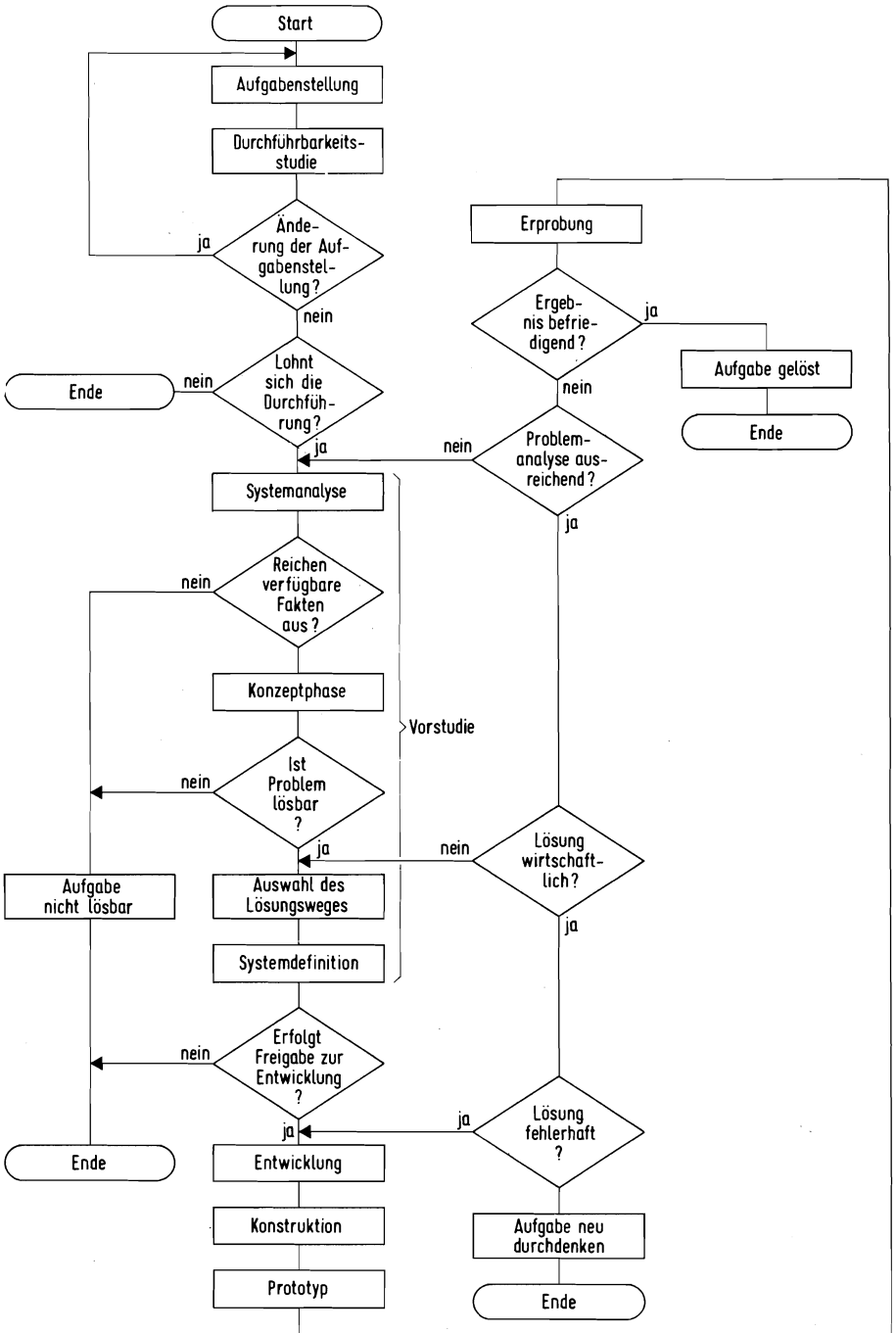


Bild 1.2 Flußdiagramm der einzelnen Phasen eines Entwicklungsprojekts

Die einzelnen Projektphasen zur Klärung der Aufgabenstellung, der Lösungswege sowie der Durchführung eines Entwicklungsvorhabens zeigt Bild 1.2.

1.2.1 Informationsfluß

Grundsätzlich sollte von Anfang an der Kontakt zwischen dem Auftraggeber und dem Entwickler/Konstrukteur so eng wie möglich sein. Bei Einzelgeräten, wie sie in der industriellen Elektronik häufig vorkommen, ist der Auftraggeber der Kunde der Firma.

Bei Serienprodukten wird die Verkaufsabteilung die Rolle des Auftraggebers übernehmen. Der Auftraggeber kennt im allgemeinen das zu lösende Problem, nicht aber die anzuwendende Technik. Beim Entwickler verhält es sich genau umgekehrt. Stehen auf beiden Seiten kompetente Gesprächspartner zur Verfügung, werden unnötige Verzögerungen und Kosten vermieden.

Beim genannten Verkaufsautomaten ist beispielsweise die Kenntnis der bzw. die Einengung auf bestimmte Warengruppen äußerst wichtig. Der Verzicht auf besonders große oder auf wärmeempfindliche Waren kann die Gesamtkosten des Systems günstig beeinflussen. Weitere Fragen sind zum Beispiel die Umstellbarkeit des Preisspeichers durch den Auftraggeber, die Art der statistischen Datenerfassung, die Bedienbarkeit sowie das Design des Gerätes.

Ein direkter Kontakt zwischen Auftraggeber einerseits und Entwicklern/Konstrukteuren/Designern des Auftragnehmers andererseits vermeidet Übermittlungsfehler und spart Zeit. Kosten der diskutierten Lösungen dürfen allerdings nur von der Verkaufsabteilung genannt werden, da nur dieser das jeweils gültige Kalkulationsschema bekannt ist.

Ebenso muß die Entwicklung engen Kontakt zur Fertigung halten, da die im Unternehmen eingeführte Fertigungstechnologie wesentlichen Einfluß auf die Gestaltung eines Produktes hat.

Firmen sind häufig entsprechend Bild 1.3 organisiert. Der Begriff «Entwicklung» wird dabei oft sowohl für die Entwicklungsabteilung mit Entwicklungslabors und Konstruktionsabteilungen als auch für die «Labors» als Kurzbezeichnung verwendet.

In elektrotechnisch orientierten Firmen erfolgen in den Labors alle elektrotechnischen, elektronischen, physikalischen und ggf. chemischen Untersuchungen und Experimente, die für die «Entwicklung» eines Gerätes erforderlich sind. Die dabei erarbeiteten Schaltpläne und Unterlagen werden in der Konstruktions-Abteilung zu Leiterbildentwürfen, Druckvorlagen, Stücklisten, Bestückungsunterlagen usw. weiterverarbeitet (siehe auch Bild 3.4.12). Außerdem ist die «Konstruktion» für die Entwicklung der mechanischen Baugruppen verantwortlich.

Die Entwicklungs-Abteilung erstellt normalerweise in ihren Versuchswerkstätten Prototypen der Geräte.

Die in diesem Buch behandelten Probleme berühren sowohl die Tätigkeit der Entwicklungslabors als auch der Konstruktionsabteilungen.

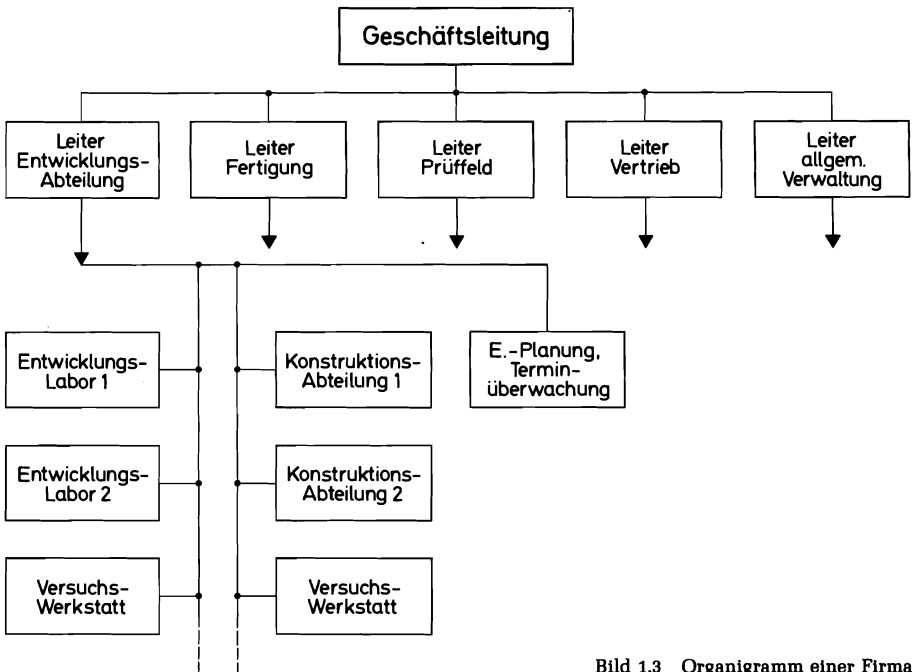


Bild 1.3 Organigramm einer Firma

1.2.2 Durchführbarkeitsstudie

In dieser *Vorphase* einer Entwicklung wird das zu lösende Problem zunächst grob beschrieben. Wenn sich die Eigenschaften des Gerätes oder Systems noch nicht genau definieren lassen, so können evtl. die Merkmale ermittelt werden, die es nicht haben soll (Negativkatalog).

Zu dieser Studie gehören Angaben über das Anwendungsgebiet und den Kundenkreis, die Ermittlung der Konkurrenzprodukte sowie eine grobe Abschätzung der Umsatzziele und der erforderlichen Gesamtinvestitionen.

Die Durchführbarkeitsstudie soll eine vorläufige Antwort auf die Frage geben, ob sich die Durchführung des Projektes für die Firma lohnt.

Auf die Studie kann verzichtet werden, wenn sich die Firmenleitung aufgrund marktpolitischer Überlegungen zur Aufnahme einer Entwicklung entschließt.

Im Beispiel des Verkaufsautomaten könnte die Durchführbarkeitsstudie u.a. folgende Fragen behandeln:

- Für welchen Kundenkreis bzw. welche Warengruppen soll das Gerät eingesetzt werden?
- Welche Fähigkeiten muß das Gerät besitzen?
- Grobe Abschätzung des voraussichtlichen Preises.
- Wirtschaftlicher Einsatz des Gerätes beim Auftraggeber unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit und des Preises.

- Absetzbare Stückzahl bei welcher Kundengruppe?
- Maximale Entwicklungs- und Fertigungskosten beim angenommenen Preis.
- Welche Investitionen sind für die Herstellung des Gerätes erforderlich?
- Welche Mitbewerber sind vorhanden?
- Welche Vorzüge müßte das Gerät gegenüber Konkurrenzprodukten besitzen?
- Sind bestimmte Baugruppen (zum Beispiel der Münzprüfer oder die komplette Kassiereinheit) fertig zu beziehen? Dieses könnte das Entwicklungsrisiko bzw. die Entwicklungskosten senken.

1.2.3 Vorstudie

Hat die *Durchführbarkeitsstudie* ein positives Ergebnis gebracht, sollte anschließend durch die *Systemanalyse* die Zielsetzung präzisiert werden. Dafür ist es erforderlich, Daten aus sämtlichen verfügbaren Quellen zusammenzutragen. Dazu gehören die Ermittlung des technischen Standes auf dem betreffenden Gebiet, der Normen, die Klärung rechtlicher Fragen, des Patent- und Gebrauchsmusterschutzes sowie evtl. erforderlicher Genehmigungen (z.B. VDE = Verband Deutscher Elektrotechniker, PTB = Physikalisch-Technische Bundesanstalt, TÜV = Technischer Überwachungsverein usw.).

Hiernach ist, wie nach jeder Projektphase, ein Zwischenbericht zu erstellen. Dieser dient als Grundlage für die Entscheidung über Fortsetzung der Arbeiten.

In der *Konzeptphase* werden Lösungsmöglichkeiten für die Aufgabe gesucht und Bewertungskriterien für die Auswahl der optimalen Lösung aufgestellt. Nach der Auswahl des als optimal erkannten Lösungsvorschlages folgt die *Systemdefinition*. Hierzu gehören im allgemeinen:

- Die Ausarbeitung des definitiven Pflichtenheftes (siehe 1.3 und 6.4).
- Die weitere Ausarbeitung des ausgewählten Lösungsvorschlages zur Erkennung besonderer Probleme. Aufstellung eines Projektstrukturplanes (siehe 1.4).
- Festlegung von Zuverlässigkeitsdaten und der Wartungsintervalle.
- Spezielle Erprobung noch nicht bewährter Komponenten. Diese kann ggf. bis zum Ende der Entwicklungsphase dauern. Evtl. sind Alternativlösungen einzuplanen.
- Festlegung des Ausbildungsprogramms für das Service-Personal. Service-Unterlagen einplanen.
- Bestimmung von Kriterien (z.B. Funktion, Kosten, Zeit), deren Erfüllung zur Sicherung des Projektes erforderlich ist. Während der Entwicklung sind diese Kriterien regelmäßig zu überprüfen.
- Zeitplan für die Entwicklung aufstellen (siehe 1.4).
- Bericht mit Empfehlung für die Weiterführung.

Erst nach dem positiven Abschluß der Vorstudie mit Systemanalyse, Konzeptphase und Systemdefinition sollte die Freigabe für die eigentliche Entwicklung erfolgen.

Die hier aufgezeigte Vorgehensweise wird allerdings häufig dadurch erschwert, daß sich zwischen dem Festschreiben des Pflichtenheftes und dem Einsatz des Gerätes Änderungen in der Aufgabenstellung ergeben. Diese können beispielsweise durch eine veränderte Markt- bzw. Konkurrenzsituation oder durch andere technische Forderungen des Auftraggebers ausgelöst werden.

Liegen beim Eintreten einer derartigen Situation ausreichende Entwurfs- und Planungsunterlagen vor, so lassen sich die Auswirkungen der erforderlichen Änderungen hinsichtlich Termin und Kosten einfacher abschätzen.

Durch den hier dargestellten Ablauf werden Problemstellung, Lösungswege, Planung und erforderliche Entscheidungen für übergeordnete Stellen transparent gemacht und gleichzeitig die technischen und wirtschaftlichen Erfolgchancen des Projektes vergrößert.

Die Kosten von Durchführbarkeits- und Vorstudie können dabei durchaus 10 bis 15% der gesamten Entwicklungskosten betragen.

Das Ergebnis der Entwicklungs- und Konstruktionsarbeiten wird im allgemeinen als Prototyp vorgestellt. Die Erprobung dieses ersten Mustergerätes sollte möglichst unter Verhältnissen erfolgen, die dem späteren Einsatz entsprechen (siehe 6.5).

1.3 Pflichtenheft

Eine wesentliche Voraussetzung für den Beginn einer Entwicklung ist das Vorliegen eines Pflichtenheftes. Dieses ist eine Liste über die Anforderungen, die das Produkt zu erfüllen hat.

Dabei sollte unterschieden werden in

- Anforderungen, die das Gerät für den anzusprechenden Kundenkreis unbedingt erfüllen muß.
- Merkmale, die für das Produkt einen weiteren Kundenkreis erschließen könnten, wenn dadurch der Preis nicht oder nicht wesentlich erhöht wird.
- Wünsche, die nicht unbedingt erfüllt werden müssen.

Als Anleitung für die Aufstellung eines Pflichtenheftes kann die folgende Zusammenstellung dienen.

- Genaue Beschreibung der Aufgabenstellung (was soll das Produkt bewirken?).
- Beschreibung der Schnittstellen zur Umwelt (elektrisch, mechanisch).
- Festlegung der Abmessungen und Einbaubedingungen.
- Ermittlung der Einsatz- und Umweltbedingungen (siehe 6.4: Pflichtenhefte für Umweltbedingungen).
- Genauigkeitsanforderungen.
- Funktionssicherheit, Lebens- bzw. Brauchbarkeitsdauer.
- Wartung und Reparatur.
- Besondere Vorschriften.
- Lagerbedingungen, Transportvorschriften, Verpackung.

- Stückzahl.
- Zulässige Herstellkosten, Entwicklungskosten, Verkaufspreise, Betriebskosten beim Kunden.
- Termine.

Ferner ist festzustellen, ob beim Kunden bereits Erfahrungen mit ähnlichen Geräten oder speziellen Werkstoffen und Bauelementen vorliegen. Die Frage, welche Eigenschaften das Produkt nicht haben soll, bringt oft weitere Informationen.

1.4 Bemerkungen zur Terminplanung

Die Terminplanung stellt ein besonderes Problem im Rahmen der Entwicklungsplanung dar. Ihre Notwendigkeit ist unbestritten, und die Firmenleitungen fordern mit Recht die Angabe und Einhaltung von Terminen und Kosten auch von ihren Entwicklungsabteilungen. Für den Aufbau eines brauchbaren Termin-Planungssystems müssen allerdings einige Voraussetzungen erfüllt sein.

Da bei einer Produktentwicklung die Tätigkeiten verschiedener Mitarbeiter und Abteilungen untereinander «vernetzt» sind, muß diese gegenseitige Abhängigkeit auch bei der Terminplanung berücksichtigt werden. Bei umfangreichen Projekten eignet sich hierfür besonders ein *Netzplan*. Dieser stellt die Gesamtheit aller Vorgänge und ihrer gegenseitigen Abhängigkeiten grafisch dar (Bild 1.5).

Ein wirkungsvoller Einsatz der Netzplantechnik ist jedoch nur möglich, wenn

- Planungssystem und Organisationsform aufeinander abgestimmt sind,
- ein qualifizierter Mitarbeiter hauptamtlich mit Planung und Terminüberwachung betraut ist,
- die zu «verplanenden» Mitarbeiter mit der Planungstechnik ausreichend vertraut und außerdem positiv motiviert sind,
- ausreichend Zeit für Vorstudie und Planung gegeben wird.

Es sollte zwischen dem eigentlichen Planungssystem und den Eingabewerten unterschieden werden. Bezüglich der verschiedenen Planungssysteme und -techniken muß auf die umfangreiche Spezialliteratur verwiesen werden (z.B. [1.5], [1.6]).

Die Ermittlung der Eingabedaten steht im unmittelbaren Zusammenhang mit der *Systemdefinition*. Hier wird bei der weiteren Ausarbeitung des ausgewählten Lösungsvorschlages ein *Projektstrukturplan* (Bild 1.4) aufgestellt. Dieses ist ein Gliederungsschema, das ein einfaches, übersichtliches und vollständiges Bild der Arbeiten liefert, die für das Erreichen des Projektzieles erforderlich sind.

Die einzelnen Ebenen des Projektstrukturplanes kennzeichnen die verschiedenen Teilaufgaben und ihre Beziehungen zu den über- und untergeordneten Aufgaben. Die Teilaufgaben, die Endpositionen des Strukturplanes darstellen, nennt man *Arbeitspakete*.

Der Projektstrukturplan stellt noch nicht den Netzplan dar. Der Strukturplan sollte bei der Systemdefinition immer aufgestellt werden, da durch ihn die Mög-

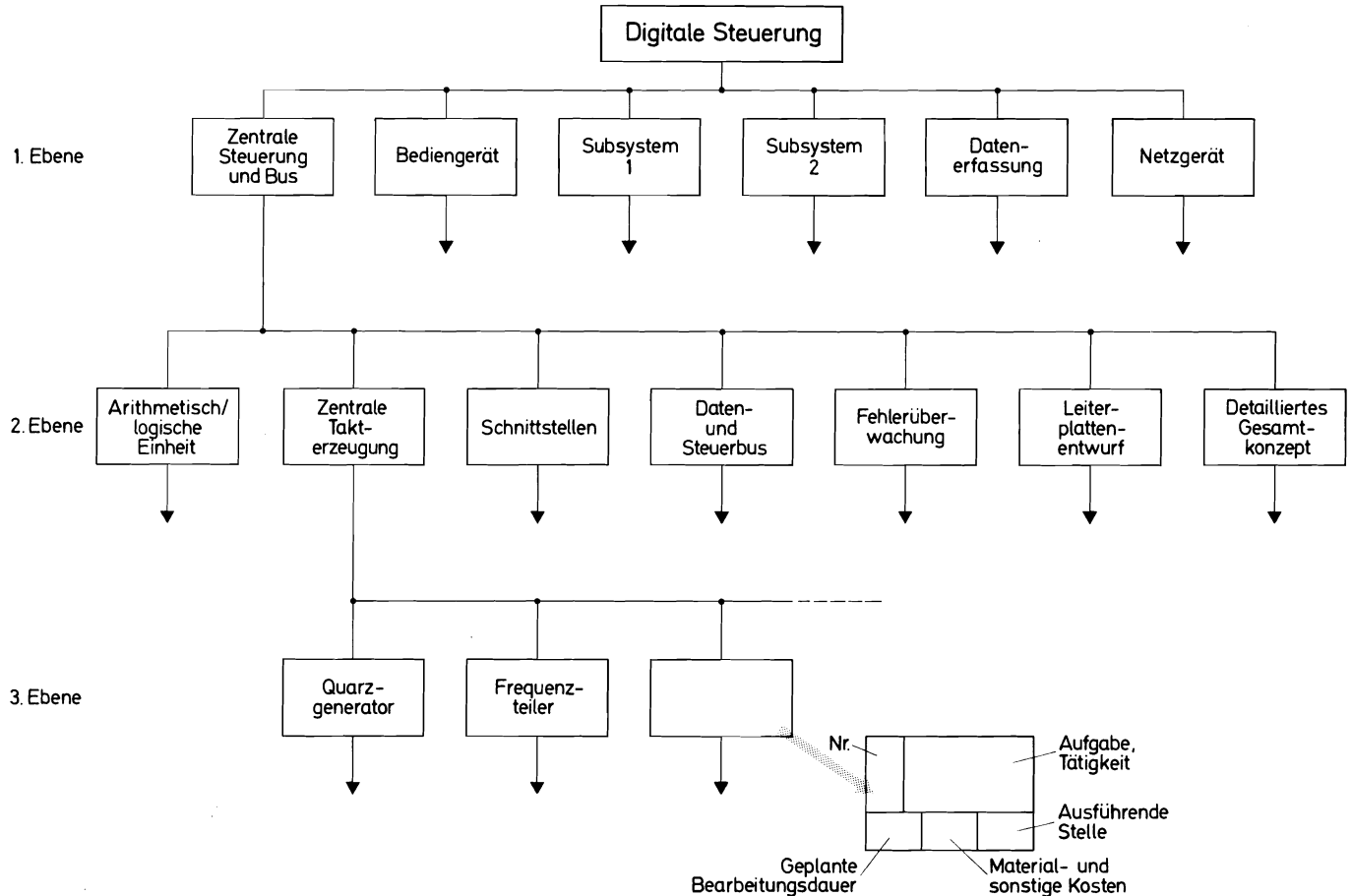


Bild 1.4 Ausschnitt eines Projektstrukturplanes des Gerätes nach Bild 2.13

lichkeit verringert wird, daß wichtige Positionen vergessen werden.

Die Arbeitspakete sind so klein zu wählen, daß deren *Zeitschätzung* möglichst genau wird. Dafür ist eine praktikable Zeiteinheit, z.B. Stunden, Arbeitstage oder Wochen, zu verwenden. Die Genauigkeit der Zeitplanung wächst mit dem Grad der Detaillierung.

Die Genauigkeit einer Zeitschätzung hängt vom Kenntnisstand über das jeweilige Problem ab. Es ist eine Aufgabe der Vorstudie, die weniger überschaubaren Probleme herauszuarbeiten und dafür möglichst viele Informationen zu beschaffen. Bleiben trotzdem zu große Unsicherheiten, wird man die Entwicklung in Etappen unterteilen müssen, an deren Ende jeweils eine Bestandsaufnahme und evtl. Neuplanung durchzuführen ist.

Bei der Zeitschätzung ist zu bedenken, daß der Bearbeiter kaum ständig an der eigentlichen Aufgabe arbeiten kann. Nicht selten kommt es vor, daß bis zu 40% der Arbeitszeit für Besprechungen, Telefonate und die Erledigung anderer Arbeiten aufgewendet werden müssen.

Nach dem Aufstellen des Projektstrukturplanes werden die Arbeitspakete in *Vorgänge* aufgelöst. Ein Vorgang ist nach DIN 69900 ein zeiterforderndes Geschehen mit definiertem Anfang und Ende. Er ist weiterhin dadurch gekennzeichnet, daß seine Durchführung Kosten verursacht. Außerdem wird ein Vorgang nach seinem Start bis zu seinem Ende ohne Unterbrechung abgewickelt.

Die einzelnen Vorgänge eines Projektes können nicht in beliebiger Reihenfolge abgearbeitet werden. Es kann zwingende Gründe dafür geben, einen bestimmten Vorgang erst dann zu beginnen, wenn bestimmte andere Vorgänge abgeschlossen sind. Hieraus ergeben sich *Anordnungsbeziehungen* oder *Abhängigkeiten*.

Durch die Ermittlung der «Vorgänger» bzw. «Nachfolger» der einzelnen Vorgänge ist der logische Ablauf des Projektes festgelegt, und der Netzplan kann gezeichnet werden (Bild 1.5). Es kann einfacher sein, das Aufstellen des Netzplanes

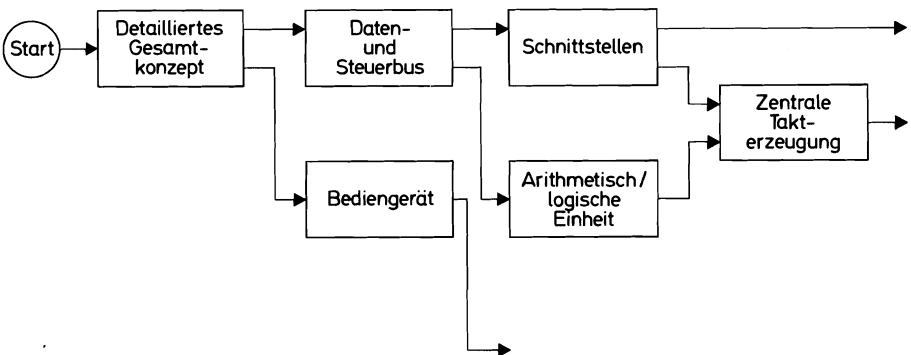


Bild 1.5 Ausschnitt eines Netzplanes (Vorgangsknotennetz) nach dem Projektstrukturplan Bild 1.4

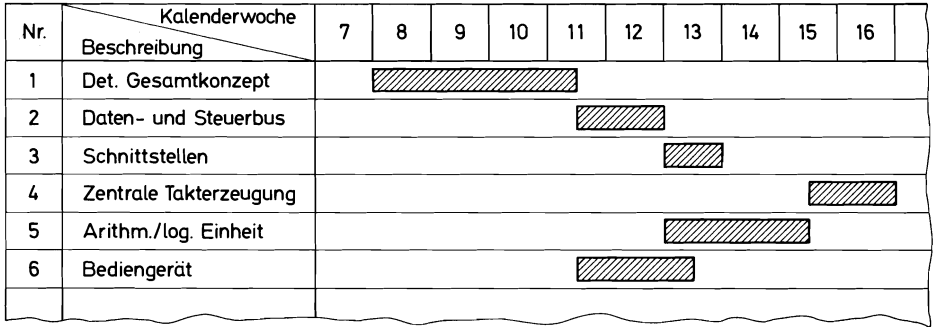


Bild 1.6 Balkenplan

am Projektende zu beginnen. Die Frage, was vor einem Vorgang erledigt sein muß, ist oft einfacher zu beantworten als die Frage, was unmittelbar danach angefangen werden kann.

Aus den Anordnungsbeziehungen und den Zeitschätzungen werden die frühesten und spätesten Anfangs- und Endzeitpunkte der einzelnen Vorgänge berechnet. Für viele Vorgänge ergeben sich Zeitreserven (Pufferzeiten). Der Weg zwischen Anfang und Ende des Netzplanes, für den sich keine Zeitreserven ergeben, wird als *kritischer Weg* bezeichnet.

Abschließend setzt man die für die Planung verwendeten Zeiteinheiten in Kalenderdaten um und erhält dadurch einen *Balkenplan* (Bild 1.6). Für die «Kalendrierung» müssen bekannt sein:

- Der Starttermin des Projektes (Kalenderdatum),
- die Feiertage während der Durchführungszeit,
- die Planungseinheit (Tage, Woche).

Bei Projekten mit wenigen Vorgängen und geringer gegenseitiger Abhängigkeit ist es möglich, ohne Aufstellung eines Netzplanes direkt einen Balkenplan aufzustellen.