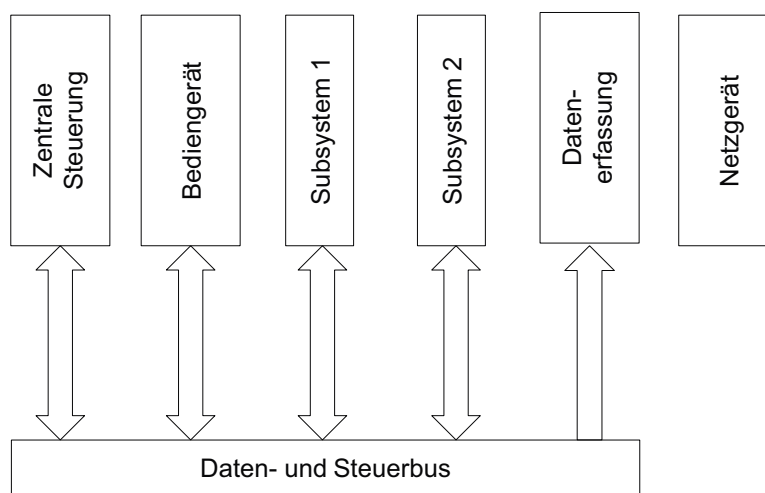


**Abb. 2.3** Blockschaltbild eines Verkaufsautomaten



### 2.3 Hinweise zur Produktplanung sowie zum Entwickeln und Konstruieren

Die Erfordernisse des Marktes bedingen eine schnelle und gleichzeitig wirtschaftliche Reaktion der Entwicklungsabteilungen. Um Zeit und Kosten möglichst gering zu halten, ist auch für deren Tätigkeit eine Termin- und Kostenplanung erforderlich. Dies gilt besonders für komplexere Geräte, an denen Spezialisten der verschiedensten Disziplinen mitarbeiten. Als Beispiel sei ein „Verkaufsautomat“ genannt, dessen Blockschaltbild in Abb. 2.3 dargestellt ist.

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 Versuchingenieuren. Die Aufgabenstellung muss genau definiert sein und die Bearbeitung ist so abzustimmen, dass möglichst wenig Leerlauf entsteht. Gleiches gilt für den Warenspeicher (Subsystem 2) sowie die zugehörige Ausgabereinheit 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 dem Verkaufspreis sowie dem Wert der eingeworfenen Münzen und zeigt diese an. Bei Überzahlung wird die Kassiereinheit derart gesteuert, dass die Rückgabe des Wechselgeldes in möglichst großen Münzen erfolgen kann. 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 einerseits eine präzise Festlegung ihrer Funktion sowie aller Teilfunktionen. Andererseits ist diese Festlegung auch von den verwendeten Komponenten und Schaltungen abhängig, zum Beispiel dem Einsatz einer konventionellen digitalen Schaltung oder eines Computers für die zentrale Steuerung. Man ist daher gezwungen, in der Aufbereitungsphase das Projekt genauer zu untersuchen und zu definieren. Da mit der Anzahl der beteiligten Mitarbeiter Kosten und Koordinierungsprobleme wachsen, ist aus wirtschaftlichen Gründen zugleich die gegenseitige arbeitstechnische Abhängigkeit planerisch zu erfassen.

### 2.3.1 Planung der Entwicklungstätigkeit

Es wird oft argumentiert, dass sich eine Entwicklungstätigkeit nicht planen lässt. Dieses Argument ist nicht richtig, denn der wirklich kreative 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 Lösungsprinzipien erarbeitet und bewertet. Nach Auswahl der gemäß der präzisierten Aufgabenstellung optimalen Lösung erfolgt die genaue Definition des zu entwickelnden Gerätes, die Planung des Entwicklungsablaufs und die Ermittlung der voraussichtlichen Kosten.

Die Entwicklungsplanung sollte nicht als Einengung der Arbeit des Entwicklers oder Konstrukteurs oder gar als Druckmittel missverstanden werden. Sie dient vielmehr dazu, den komplexen Entscheidungsprozess transparent zu gestalten und die Vorgesetzten an den Überlegungen zu beteiligen. Diese müssen die Verantwortung für die Entscheidung tragen. Sie haben oft die bessere Übersicht über das Gesamtsystem und die Probleme des Kunden, jedoch meist eine geringere Kenntnis der Details.

Auch zwingt die Planung den Bearbeiter dazu, ein Vorhaben erst dann zu beginnen, wenn alle gemäß der Aufgabenstellung geeigneten Lösungsprinzipien erkundet und bewertet sowie die zu beachtenden Randbedingungen geklärt sind. Er/sie muss also das Projekt vor dem Start der eigentlichen Entwicklung konsequent durchdenken.

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

### 2.3.2 Informationsfluss

Grundsätzlich sollte von Anfang an der Kontakt zwischen dem Auftraggeber und den Entwicklern so eng wie möglich sein. Bei Einzelgeräten, wie sie in der Elektronikbranche auch vorkommen, ist der Auftraggeber der Kunde der Firma. Bei Serienprodukten wird die Verkaufsabteilung (Marketingabteilung) die Rolle des Auftraggebers übernehmen. Diese kennt im Allgemeinen das zu lösende Problem, jedoch nicht die anzuwendende Technik. Beim Entwickler verhält es sich genau umgekehrt. Stehen auf beiden Seiten kompetente Gesprächspartner zur Verfügung, werden unnötige Verzögerungen und Kosten vermieden.

Bei dem vorher 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 günstig beeinflussen. Weitere Fragen sind unter anderem die Möglichkeit der Umstellbarkeit des Preisspeichers durch den Auftraggeber, die Art der statistischen Datenerfassung, die Bedienbarkeit sowie das Design des Gerätes.

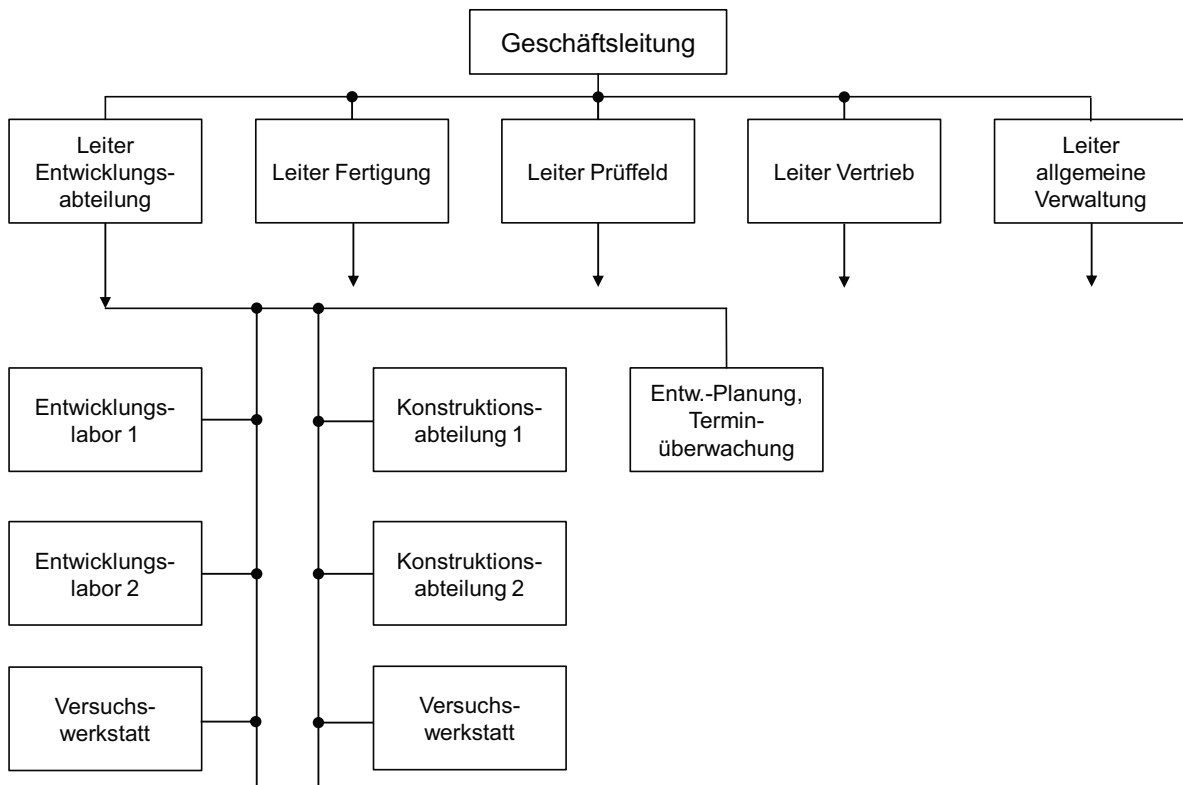
Ein direkter Kontakt zwischen Auftraggeber einerseits und Entwicklern des Auftragnehmers andererseits vermeidet Übermittlungsfehler und spart Zeit. Kosten der diskutierten Lösungen dürfen allerdings nur von der Verkaufsabteilung genannt werden, denn nur dieser ist das jeweils gültige Kalkulationsschema bekannt. Ebenso muss die Entwicklung engen Kontakt zur Fertigung halten, da die in einer Firma eingeführte Fertigungstechnologie wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung eines Produktes hat.

Firmen sind häufig entsprechend Abb. 2.4 organisiert. Der Begriff „Entwicklung“ wird dabei oft sowohl für die Entwicklungsabteilung mit Entwicklungslabors und Konstruktionsabteilungen als auch für die Labors als Kurzbezeichnung verwendet.

In vielen Firmen erfolgen in den Labors meist alle elektrotechnischen, elektronischen, physikalischen und ggf. chemischen Untersuchungen und Experimente, die für die Entwicklung eines Gerätes erforderlich sind. Im Ergebnis entstehen Schaltpläne und Unterlagen, die zu Leiterbildentwürfen, Druckvorlagen, Stücklisten, Bestückungsunterlagen usw. weiterverarbeitet werden, sowie die technischen Zeichnungen für die mechanischen Baugruppen. Zugleich werden in Versuchswerkstätten Prototypen gefertigt und erprobt.

### 2.3.3 Durchführbarkeitsstudie bei der Produktplanung

Im Rahmen der Produktplanung, also der Vorbereitung der Entwicklung eines Gerätes, wird das zu lösende Problem in Form einer *Durchführbarkeitsstudie* zunächst grob beschrieben. Wenn sich die Eigenschaften des Gerätes noch nicht genau definieren lassen, können evtl. die Merkmale ermittelt werden, die es nicht haben soll (Negativkatalog). Zu dieser Studie gehören Angaben über das Anwendungsgebiet und den Kundenkreis,



**Abb. 2.4** Organigramm einer Firma

die Analyse der Geräte der Wettbewerber (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 sie kann verzichtet werden, wenn sich die Firmenleitung aufgrund marktpolitischer Überlegungen zur Aufnahme einer Entwicklung entschließt.

Bei dem Beispiel eines Verkaufsautomaten könnte die Durchführbarkeitsstudie u. a. folgende Fragen behandeln:

- Für welchen Kundenkreis bzw. welche Warengruppen soll das Gerät eingesetzt werden?
- Welche Eigenschaften muss das Gerät besitzen?
- Ist der wirtschaftliche Einsatz des Gerätes beim Auftraggeber unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit und des Preises gegeben?
- Wie ist die absetzbare Stückzahl bei welcher Kundengruppe?
- Wie hoch sind die maximalen Entwicklungs- und Fertigungskosten beim angenommenen Preis?
- Welche Investitionen sind für die Herstellung des Gerätes erforderlich?
- Welche Wettbewerber sind vorhanden und welche Vorzüge müsste das Gerät gegenüber Konkurrenzprodukten besitzen?

- Sind bestimmte Baugruppen, zum Beispiel der Münzprüfer oder die komplette Kassiereinheit im vorher genannten Beispiel, als Kaufteile zu beziehen? Dies könnte das Entwicklungsrisiko bzw. die Entwicklungskosten senken.

### 2.3.4 Aufgabenpräzisierung und Konzeptphase

Hat die *Produktplanung* ein positives Ergebnis in Form einer Aufgabenstellung gebracht oder liegt ein konkreter Kundenauftrag vor, beginnt der eigentliche Entwicklungsprozess. Hier ist zuerst die Aufgabenstellung zu präzisieren (*Aufgabenpräzisierung*). 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.

Die Aufgabenpräzisierung vermindert das Abstraktionsniveau der konstruktiven Lösung, sie wird damit konkreter. Zugleich definiert sie die Realisierungsvorgaben für den Entwicklungsprozess.

Ausgehend von einem *Lastenheft* des Auftraggebers, das dessen Vorgaben enthält, entsteht im Ergebnis der Aufgabenpräzisierung das *Pflichtenheft* (s. Abschn. 2.3.5). Dieses enthält somit vom Auftragnehmer erarbeitete Realisierungsvorgaben zur Umsetzung des vom Auftraggeber vorgegebenen Lastenhefts.

Nach der Aufgabenpräzisierung ist, wie nach jedem der vorher genannten Schritte, ein Zwischenbericht zu erstellen. Dieser dient als Grundlage für die Entscheidung über die Fortsetzung der Arbeiten. Dann werden Lösungsmöglichkeiten für die Aufgabe gesucht und Bewertungskriterien für die Auswahl der optimalen Lösung formuliert. Nach deren Festlegung erfolgt die weitere Bearbeitung in den Schritten:

- Ausarbeitung des definitiven Pflichtenheftes (s. Abschn. 2.3.5).
- Weitere Ausarbeitung der ausgewählten Lösung zum Erkennen besonderer Probleme und das Aufstellen eines Projektstrukturplanes (s. Abschn. 2.3.6).
- Festlegung von Zuverlässigkeitsdaten und der Wartungsintervalle.
- Spezielle Erprobung noch nicht bewährter Komponenten. Diese kann ggf. bis zum Ende der Entwicklungszeit dauern. Evtl. sind Alternativlösungen einzuplanen.
- Festlegung des Ausbildungsprogramms für das Service-Personal. Dazu sind Service-Unterlagen zu erarbeiten.
- Bestimmung von Kriterien (z. B. Funktion, Kosten und Zeit), deren Erfüllung zur Sicherung des Projektes erforderlich ist. Während der Bearbeitung sind diese Kriterien regelmäßig zu überprüfen.
- Aufstellen eines Terminplans für die Entwicklung (s. Abschn. 2.3.6) und eines Berichts mit Empfehlung bzw. Ablehnung der Weiterführung.

Erst nach dem positiven Abschluss der Konzeptphase mit dem Vorliegen der Prinziplösungen sollte die Freigabe für die eigentliche Entwicklung erfolgen. Ein von Berufsanfängern oft begangener Fehler ist das vorschnelle Beenden der Konzeptphase, d. h. ein zu rasches Einsteigen in das Entwickeln von Komponenten, bevor sämtliche Lösungsprinzipie erkundet und bewertet wurden.

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, lassen sich die Auswirkungen der erforderlichen Änderungen hinsichtlich Termin und Kosten einfacher abschätzen.

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

### 2.3.5 Pflichtenheft

Eine wesentliche Voraussetzung für den Beginn einer Entwicklung ist das Vorliegen eines Pflichtenheftes. Dieses ist eine Liste über die Anforderungen, die das Gerät zu erfüllen hat, einschließlich der technischen Festlegungen der Betriebsumgebung. Diese Anforderungen sind oftmals vom Auftragnehmer erarbeitete Realisierungsvorgaben zur Umsetzung eines vom Auftraggeber (Kunden) vorgegebenen Lastenheftes. Dabei sollte unterschieden werden in

- Forderungen, die das Gerät für den anzusprechenden Kundenkreis unbedingt erfüllen muss;
- Wünsche zu Merkmalen, die für das Gerät einen weiteren Kundenkreis erschließen könnten, wenn sich dadurch der Preis nicht oder nicht wesentlich erhöht;
- Wünsche niederer Priorität.

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

- Genaue Beschreibung der Aufgabenstellung (was soll das Produkt bzw. Gerät bewirken?),
- Beschreibung der Schnittstellen zur Umgebung (andere technische Objekte, Mensch sowie Felder, Medien und Klimate),
- Festlegung der Abmessungen und Einbaubedingungen,
- Ermittlung der Einsatz- und Umweltbedingungen,
- Genauigkeitsanforderungen,

- Funktionssicherheit, Lebens- bzw. Brauchbarkeitsdauer,
- Wartung und Reparatur,
- Besondere Vorschriften, wie einzuhaltende Normen,
- Lagerbedingungen, Transportvorschriften, Verpackung,
- Stückzahl,
- Zulässige Entwicklungs- und Fertigungskosten, Verkaufspreis, 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, erlaubt oft die Ableitung weiterer Informationen.

### 2.3.6 Terminplanung

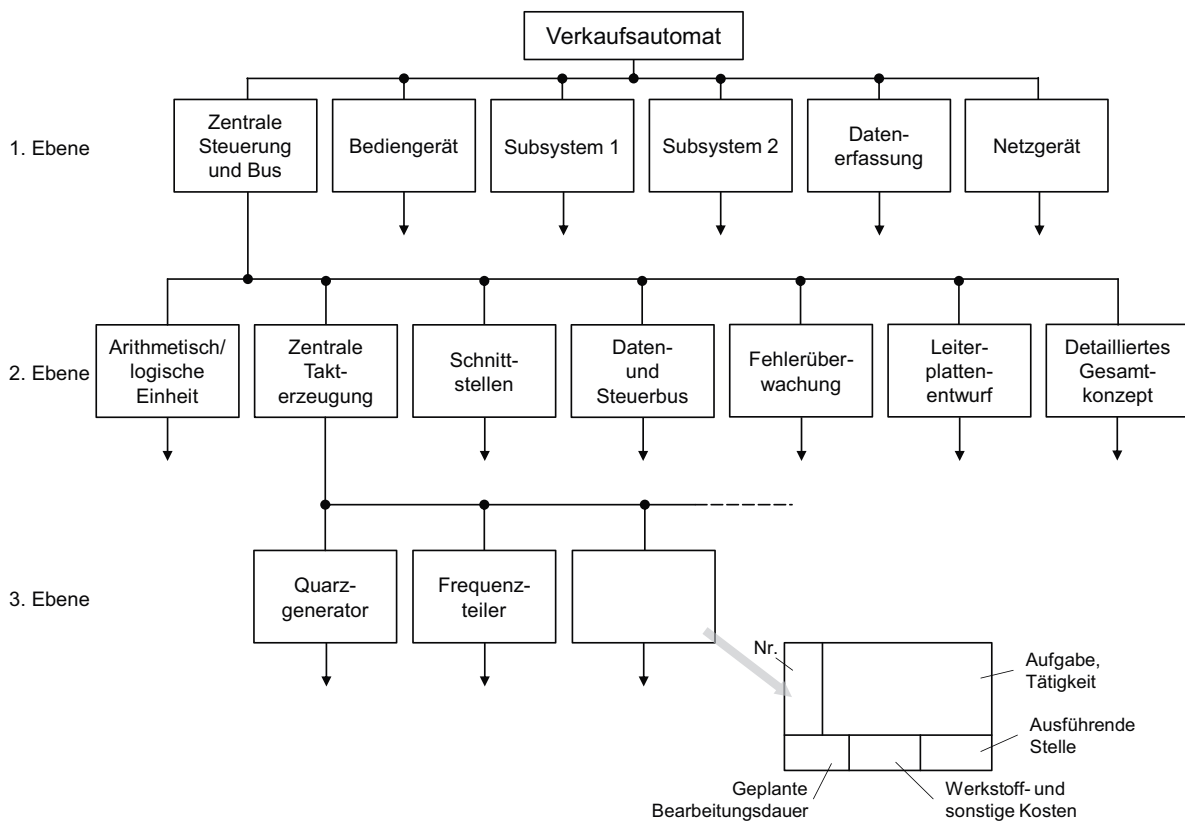
Die Terminplanung stellt ein besonderes Problem im Rahmen der Entwicklungsplanung dar. Ihre Notwendigkeit ist unbestritten, und die Firmenleitungen fordern mit Recht die Angabe und Einhaltung von Terminen und Kosten auch von ihren Entwicklungsabteilungen. Für den Aufbau eines brauchbaren Termin-Planungssystems 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*. Wie später noch gezeigt wird, stellt dieser die Gesamtheit aller Vorgänge und ihrer gegenseitigen Abhängigkeiten grafisch dar. Ein wirkungsvoller Einsatz der Netzplantechnik ist jedoch nur möglich, wenn

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

Dabei ist zwischen dem eigentlichen Planungssystem und den Eingabewerten zu unterscheiden. Bezüglich der verschiedenen Planungssysteme und -techniken muss auf die umfangreiche Spezialliteratur verwiesen werden, z. B. [3].

Bei der Ausarbeitung des ausgewählten Lösungsvorschlages wird oftmals zuerst ein *Projektstrukturplan* (Abb. 2.5) aufgestellt. Dieser 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



**Abb. 2.5** Ausschnitt eines Projektstrukturplanes des Verkaufsautomaten gemäß Abb. 2.3

dabei die verschiedenen Teilaufgaben und ihre Beziehungen zu den über- und untergeordneten Aufgaben. Die Teilaufgaben, die Endpositionen des Planes darstellen, nennt man *Arbeitspakete*.

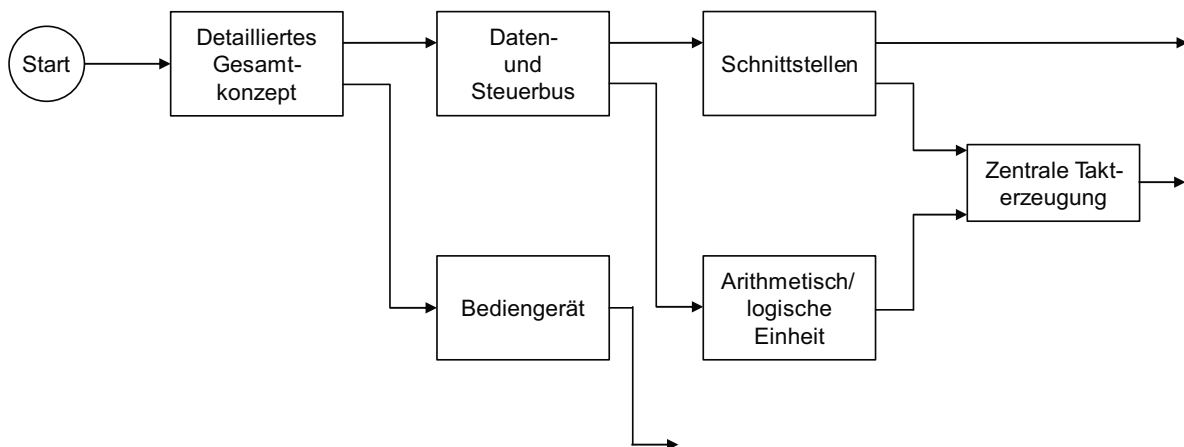
Der Projektstrukturplan stellt noch nicht den Netzplan dar. Ersterer sollte immer aufgestellt werden, da sich durch ihn die Möglichkeit verringert, dass man beim Netzplan wichtige Positionen vergisst.

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. Auch hängt sie 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/E-Mails und die Erledigung anderer Aufgaben aufzuwenden sind.

Nach dem Aufstellen des Projektstrukturplanes werden die Arbeitspakete in *Vorgänge* aufgelöst. Ein Vorgang ist ein zeiterforderndes Geschehen mit definiertem Anfang und En-





**Abb. 2.6** Ausschnitt eines Netzplanes (Vorgangsknotennetz) nach dem Projektstrukturplan des Verkaufsautomaten in Abb. 2.5

de. 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 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 (Abb. 2.6). Mitunter ist es einfacher, das Aufstellen des Netzplanes vom Termin des Projektendes aus zu beginnen. Die Frage, was vor einem Vorgang erledigt sein muss, ist oft leichter zu beantworten als die Frage der danach zu bearbeitenden Schritte.

Aus den Anordnungsbeziehungen und den Zeitschätzungen werden die frühesten und spätesten Anfangs- und Endzeitpunkte der einzelnen Vorgänge berechnet. Für viele ergeben sich dabei Zeitreserven (Pufferzeiten). Den Weg zwischen Anfang und Ende des Netzplanes, für den keine solche Reserven entstehen, bezeichnet man als *kritischen Weg*.

Abschließend setzt man die für die Planung verwendeten Zeiteinheiten in Kalenderdaten um und erhält dadurch einen *Balkenplan* (Abb. 2.7). Für die Kalendrierung müssen bekannt sein:

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

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