

Managementwissen für Naturwissenschaftler und Ingenieure

Leitfaden für die Berufspraxis

Bearbeitet von
Olaf E Kraus

2., erw. u. ergänzte Auflage 2009 2010. Buch. xii, 287 S. Hardcover

ISBN 978 3 540 69244 7

Format (B x L): 15,5 x 23,5 cm

Gewicht: 629 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Technik Allgemein > Betriebswirtschaft für Ingenieure](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei


DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Kapitel 2

Einstieg Projektmanagement

D. Bolz, O. Kraus

Ingenieure und Naturwissenschaftler wachsen mit Projekten auf. Jedes Experiment, jeder Laborversuch, jede technische Planungsaufgabe, jede Pflanzen- oder Tierbeobachtung, jede Exkursion oder Kartierungsmaßnahme, Seminar- oder Diplomarbeit ist ein Projekt: ein in sich abgeschlossener Vorgang, der durch eine bestimmte Zielvorstellung ausgelöst wird und mit bestimmtem Zeit-, Finanz- und Personal-Aufwand zu einem Ergebnis – positiv oder negativ – geführt wird. Es hat sich gezeigt, dass diese aus der Wissenschaft stammende Arbeitsweise auch im Geschäftsleben außerordentlich erfolgreich eingesetzt werden kann, gerade weil sie sich auf ein begrenztes Gebiet konzentriert – oder „fokussiert“ – und alles daran gesetzt wird, das gesamte verfügbare Wissen und Können für die Lösung eines bestimmten und begrenzten Problems einzusetzen. Zumal sich damit auch entscheidende Zeitgewinne realisieren lassen und Zeit immer mehr zu der überragenden Wettbewerbskomponente der global agierenden Wirtschaft wird. Nicht nur F+E- (Forschungs- und Entwicklungs-) Projekte, sondern auch andere Aufgabenstellungen, die früher in die fest definierten Kompetenzen der hierarchischen Linienorganisation gehörten, werden heute projektartig organisiert und durchgeführt: die Investition in eine neue Fabrikhalle ebenso wie die Untersuchung eines bestimmten Kundenverhaltens, die Umstrukturierung einer Abteilung, die Verbesserung der Qualität, die Verkürzung von Produktions-Durchlaufzeiten, die Reduzierung der Lagerbestände usw.

Jede „einmalige“ Maßnahme, die nicht zum Tagesgeschäft der Linienorganisation gehört, wird demnach in der Industrie als „Projekt“ bezeichnet und entsprechend behandelt. Projektorganisationen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie Menschen aus unterschiedlichen Hierarchiestufen und Sachgebieten in Teams zusammenfassen. Die „Teamfähigkeit“ von Mitarbeitern ist deshalb zu einem zentralen Anforderungselement des Personalwesens geworden. Gleichzeitig lösen sich dadurch die alten hierarchischen Strukturen mehr und mehr auf, wie wir noch sehen werden. Es entsteht ein neues Führungsverhalten, das durch Delegieren von Entscheidungsbefugnis Autonomie, Motivation, Eigeninitiative, unternehmerisches Denken fördert und damit die wirkungsvollsten Erfolgs-„Treiber“ der menschlichen Natur freimacht. Die modernen Qualitätsmanagement-Methoden (s. Kap. 5.3) und viele andere Erfolgskonzepte basieren darauf.

Auch wenn die Methodik der Projektarbeit aus der Wissenschaft stammt, die Werkzeuge und Vorgehensweisen wurden in der Industrie systematisiert und verfeinert. Eine umfangreiche Literatur beschäftigt sich mit den verschiedenen Aspekten von Projektmanagement. Da sie gewöhnlich von besonders komplexen Projekten ausgeht, erscheint sie dem Rat suchenden Praktiker meist zu theoretisch und zu überfrachtet. Der folgende Überblick versucht deshalb, möglichst praxisorientiert vorzugehen.

2.1 Diplomarbeit

Als junger Mensch ist man zum ersten Mal „managementmäßig“ gefordert, wenn man das Thema für seine Diplom-, Seminar- oder Studienabschluss-Arbeit erhält. Nur, das sagt einem in der Regel niemand! Und wie oft kommt es dann vor, dass man sich mit allem wissenschaftlichen Enthusiasmus der Jugend in seine Aufgabe stürzt und nach einigen Monaten entsetzt feststellen muss, dass man sich hoffnungslos an einem unbedeutenden Teilproblem festgebissen hat. Bei Einstellungsgesprächen mit Hochschulabsolventen wird selten nach der Note der Diplomarbeit, aber immer nach der benötigten Zeit und den Ergebnissen der Arbeit gefragt. Der Schwerpunkt einer Diplomarbeit sollte eigentlich bei der Management-Funktion liegen. Denn auch für einen angehenden Wissenschaftler oder Ingenieur ist entscheidend, dass er ein Thema oder eine Aufgabe zielführend und effizient bearbeitet und das muss er spätestens während seiner Diplomarbeit gelernt haben.

Wir schauen uns deshalb zunächst beispielhaft an, welche organisatorischen Aspekte man bei einer Diplom- oder ähnlichen Arbeit zu beachten hat und leiten dann zum professionellen Projektmanagement über, wo wir die gleichen fünf Kern-Elemente finden werden. Es sind:

1. Ziel des Projektes
2. Projekt-Team/Organisation
3. Zeitplan
4. Kostenplan
5. Projektsteuerung

Der erste Punkt klingt lächerlich – das ist doch selbstverständlich, dass zunächst das Projektziel feststehen muss! Die langjährige Berufserfahrung zeigt jedoch, dass die häufigsten Fehler gerade bei diesem Punkt gemacht werden. Weil nämlich oft nicht eindeutig feststeht, definiert und auch niedergeschrieben ist, was bei dem Projekt, der Maßnahme, der Marketing-Aktion usw. eigentlich herauskommen soll.

Wir springen jetzt einmal in unser Beispiel. Es greift das Thema einer geologischen Diplomarbeit auf und zwar der des Herausgebers, die in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts erstellt wurde. Mit der Zielsetzung – dem ersten Element – haben wir hier im Allgemeinen keine Probleme, denn das Projektziel steht bei Diplomarbeiten meist fest, auch wenn es häufig nicht vorher schriftlich

fixiert wird (worauf man immer bestehen sollte). Im vorliegenden Beispiel hieß die Aufgabe:

- Geologische Kartierung des Westteils der Heiterwand (Lechtaler Alpen) im Maßstab 1:10.000.
- Klärung der tektonischen Verhältnisse im Bereich der Inntal-Deckenstörung.
- Klärung der faziellen und sedimentologischen Entwicklung des Ladin.

Auf die Zielfestlegung folgt laut Lehrbuch der Projektstrukturplan. Dessen wesentliche Elemente sind unserer Meinung nach:

- Projektorganisation,
- Zeitplan und
- Kostenplan

Der Umfang der Strukturierung unterscheidet sich jedoch abhängig von Art und Komplexität des Projektes. So zeigt das Beispiel des Anlagenbaus (Kap. 2.3), dass eine Reihe weiterer Elemente dazu kommen können, aber die genannten sind die Kernelemente und für ein Kleinprojekt wie für eine Diplomarbeit sind diese Elemente auch ausreichend.

Beim Element der „Projektorganisation“ sind wir dabei in unserem Beispiel mit einem schwierigen Problem konfrontiert: Als Diplomand ist man sozusagen auf dem hierarchischen Niveau des „Lehrlings“ in einer Institutsorganisation (s. Abb. 2.1). Man braucht aber Mithilfe von Werkstatt-Meister, den Assistenten und sogar den Professoren. Wie schafft man das?

Dazu eine Zwischenbemerkung: Wir werden später sehen (Kap. 6), dass in Wirtschaft und Industrie die traditionellen hierarchischen Ordnungen mehr und mehr von projektbezogenen Organisationsformen abgelöst werden. Wesentliche Merkmale einer Projektorganisation sind, dass es einen Projektleiter gibt, der die Verantwortung trägt (ganz unabhängig von seiner hierarchischen Position) und dass

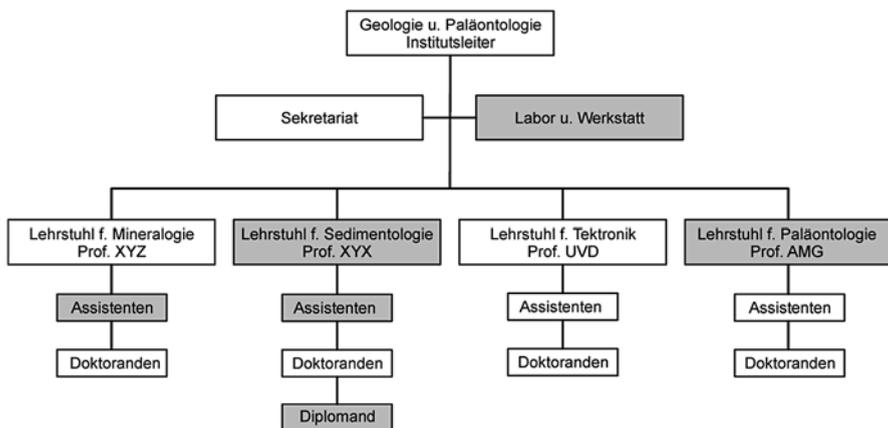


Abb. 2.1 Der Diplomand in der Institutsorganisation

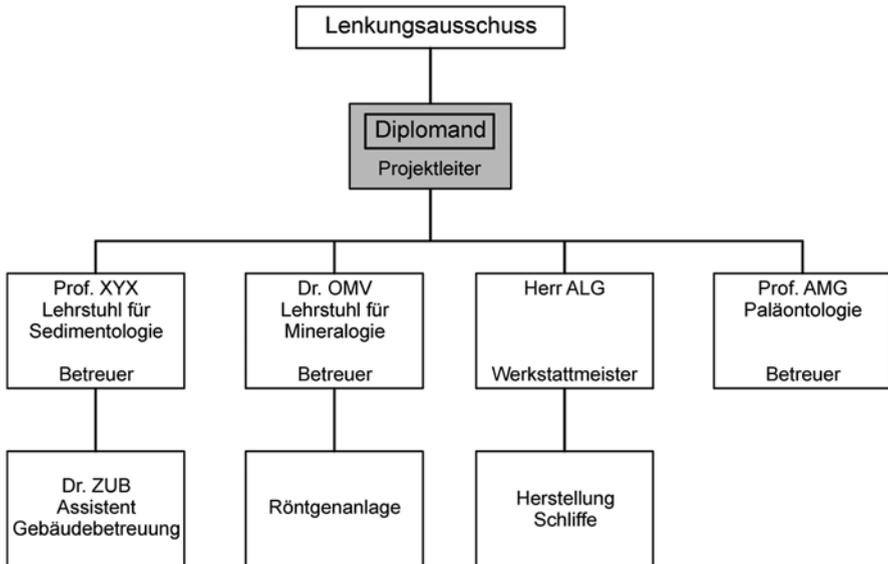


Abb. 2.2 Angestrebte Projektorganisation der Diplomarbeit

das Team aus Mitgliedern unterschiedlicher Hierarchie-Stufen und Fachgebiete zusammengesetzt ist. Um sicherzustellen, dass Entscheidungen des Teams in der Gesamtorganisation auch durchgesetzt werden, gibt es einen sogenannten „Lenkungsausschuss“, an den der Projektleiter in regelmäßigen Sitzungen berichtet und der die hierarchisch übergeordnete Ebene repräsentiert. Was hier beschlossen wird, wird auch durchgesetzt.

Eine entsprechende Projektorganisation könnte man sich auch für Diplomarbeiten vorstellen (s. Abb. 2.2), auch wenn sie im Universitäts-Umfeld unüblich ist. In unserem Fallbeispiel könnte das bedeuten, dass der „Diplomvater“ mit einem Kollegen oder Assistenten, welcher beispielsweise die Arbeit betreut, einen „Lenkungsausschuss“ bildet, der sich – ohne bestimmte Formalitäten – einmal am Anfang der Arbeit mit dem Projektleiter (Diplomanden) trifft, um festzulegen, welche Instituts-Ressourcen der Diplomarbeit zur Verfügung stehen sollen (Werkstatt, Röntgengeräte etc.) und welche Personen am Institut welche Hilfestellungen leisten mögen. Weitere Treffen wären bei wichtigen Entscheidungen, ansonsten eventuell erst dann notwendig, wenn die wesentlichen Ergebnisse vorliegen und der Diplomand mit dem Formulieren der Arbeit beginnt. Im weiteren Verlauf der Arbeit kann sich dann der Diplomand selbständig der Ressourcen bedienen.

Der dritte Schritt ist der Zeitplan (s. Abb. 2.3). Dabei muss man sich zuerst überlegen, wann man mit der Arbeit fertig sein will oder muss (weil z.B. sonst das Geld ausgeht) und dann die Einzelschritte sorgfältig planen: Geländeaufenthalt im Sommer, Literaturstudien, Laborarbeit im Winter, Zeiten für schreiben, zeichnen, Fotoarbeiten etc. ausreichend berücksichtigen. Das Ganze stellt man in einem sogenannten Balkendiagramm dar.

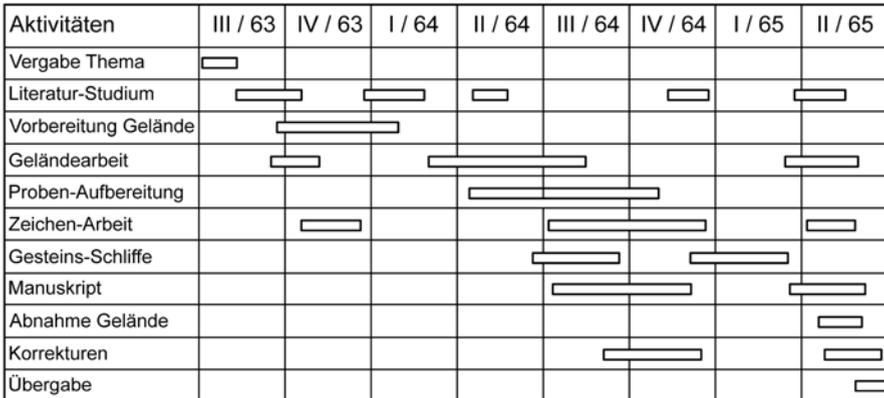


Abb. 2.3 Zeitplan als Balkendiagramm

Der vierte Schritt ist jetzt einfach: Man kalkuliert oder schätzt die Kosten, welche die einzelnen Arbeitsschritte in den vorgesehenen Zeitabschnitten verursachen werden und erhält damit das wichtigste Dokument jeden Projektplanes, die Datentabelle mit den Kosten (s. Abb. 2.4).

Nun hat man die Basis geschaffen, um das fünfte entscheidende Element zu organisieren, die Projektsteuerung. Man kann z. B. wie in Abb. 2.5 die Kosten (in Prozent der Gesamtkosten) pro Quartal auftragen, um zu visualisieren, in welchen Quartalen die wesentlichen Kostenlasten anfallen werden oder man kann eine Summenkurve des Verlaufs der Gesamtkosten erstellen, wie es bei allen größeren Projekten gemacht wird. So eine Summenkurve gibt einem sehr schnell Indikationen, wenn irgendetwas aus dem Ruder läuft. Beispiel: Im 2. Quartal '64 stellt man fest,

Aktivitäten / Kosten	Art	p.E.	Gesamtkosten	III/63	IV/63	I/64	II/64	III/64	IV/64	I/65	II/65
Literaturstudium	Kopien (2000)	0,2 - p. St.	400,-DM	150,-	100,-				50,-		100,-
Vorbereitung Gelände	Karten	Beschaffung	200,-DM		50,-	150,-					
	Luftbild	Kopien	50,-DM			50,-					
	Ausrüstung	pauschal	300,-DM		100,-	200,-					
Gelände- arbeit	Reiskosten	Auto	0,3 / km 2100,-DM		300,-	500,-	800,-	200,-		50,-	250,-
	Aufenthalt	Gasthaus	600,- pro Monat 4200,-DM		600,-	1000,-	1500,-	500,-		250,-	350,-
Probenaufbereitung	(Institut)										
Zeichnenarbeit	Material		300,-DM					150,-	150,-		
Gesteinsschliffe	Fotos		250,-DM					150,-		100,-	
Manuskript	Schreibkraft		800,-DM					200,-	200,-		400,-
Abnahme Gelände	Bewirtung		200,-DM								200,-
Sonstiges			800,-DM	100,-	100,-	100,-	100,-	100,-	100,-	100,-	100,-
Gesamt			9600,-DM	250,-	1250,-	2000,-	2400,-	1300,-	500,-	500,-	1400,-

Abb. 2.4 Kostenplanung der Diplomarbeit

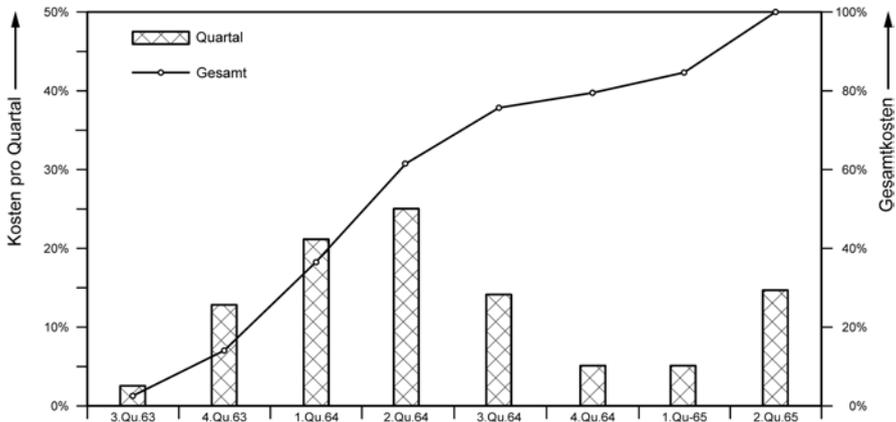


Abb. 2.5 Auswertung des Datengerüsts der Kosten der Diplomarbeit. Balkendiagramm = Kosten pro Quartal, Summenkurve = Gesamtkosten

dass die Kurve viel steiler ansteigt als geplant. Was tun? Managen! Wie immer stehen zwei Steuerungsoptionen offen (s. auch Abb. 1.1):

- In der „Regelstrecke“ eingreifen: In den Folgequartalen schneller und mit weniger Kosten arbeiten, um den Kostenplan einzuhalten (Gegensteuern!).
- Am „Regler“ eingreifen: Den Plan ändern, noch einmal kalkulieren und das Kostenbudget entsprechend erhöhen (falls Eltern oder sonstige Sponsoren mitspielen!).

Man sieht: Plötzlich hält man ein Instrument in der Hand. Ein sehr simples und einfach zu erstellendes, aber es ist Voraussetzung dafür, dass man steuern, also managen kann. Es werden Werte geplant, ein „SOLL/IST-Vergleich“ wird durchgeführt (d.h. Messwerte werden erfasst) und auf dieser Basis werden Gegensteuerungsmaßnahmen beschlossen und eingeleitet. Dabei hat man grundsätzlich immer zwei Handlungsoptionen: Entweder man ändert etwas an der Durchführung (Gegensteuerungsmaßnahmen) oder man ändert den Plan. Wichtig ist, dass man etwas unternimmt. Managen heißt immer handeln und niemals Ereignisse schicksalsergeben und passiv hinnehmen!

2.2 Die wesentlichen Elemente des Projekt-Management

Es gibt völlig verschiedene Arten von Projekten in allen denkbaren Sachgebieten und mit ganz unterschiedlichen Zielsetzungen. Dennoch lässt sich zeigen, dass einige wenige Grund-Elemente – nach unserer Meinung die fünf oben am Beispiel der Diplomarbeit gezeigten Kern-Elemente – die Basis jeden Projekt-Managements bilden sollten. Wir werden deshalb diese Elemente im Folgenden etwas ausführlicher behandeln. Allerdings dürfen sie niemals zu einem starren Gerüst werden. Man

kann Projekte auch leicht „übersteuern“ und formelles, bürokratisches Vorgehen ist genauso unproduktiv wie zu wenig Steuerung. Am Beispiel der Varianten „Innovationsgrad“ und „Strukturierungsgrad“ werden wir im Abschn. 2.2.5 auf diesen wichtigen Zusammenhang gesondert eingehen.

2.2.1 Zielfestlegung

Wie wir gesehen haben, ist die Zielfestlegung bei der Diplomarbeit einfach und klar durch die Themenstellung definiert. Aber auch in diesem einfachen Beispiel wird deutlich: Es kommt sozusagen ein Vertrag zwischen Diplomvater, der das Thema vorschlägt, und Diplomand zustande, der das Thema annimmt. Das gilt generell für alle Projekte: Es gibt einen Auftraggeber und einen Auftragnehmer. Der Projektauftrag sollte dabei so klar wie möglich definiert sein: mit den Projektzielen, aber auch mit den übrigen Rahmenbedingungen wie dem Zeitbedarf, den zur Verfügung stehenden Kapazitäten, den bewilligten Geldmitteln, den Entscheidungsbefugnissen des „Auftragnehmers“ – des Projektmanagers – usw. An unklaren Zieldefinitionen scheitern die meisten Projekte in der Industrie (Platz 1990) und sicherlich auch in der Forschung. Der Projektmanager muss in dieser Phase auch darauf achten, dass die Ziele nicht überfrachtet und damit unrealistisch werden. Schließlich muss er die Zielerfüllung am Ende verantworten. Deshalb liegt es auch in seinem Interesse, dass vor Beginn der Arbeiten die Messgrößen für die Zielerreichung klar definiert werden. Ist die wichtigste Messgröße die zur Verfügung stehende Zeit oder – in einem Kostensenkungsprojekt – die erreichten 10% Einsparung oder die Reduzierung der Abwasserfracht in einem Umweltprojekt? Woran wird die Arbeit des Teams und die des Projektmanagers gemessen werden?

Häufig lässt sich – und das gilt nicht nur für Forschungsprojekte – das endgültige Ziel noch gar nicht definieren. Forschungsprojekte sind häufig Suchbewegungen. Dann muss man stufenweise vorgehen, von einem Meilenstein (s. unten) zum anderen. Der Weg bis zum nächsten „Entscheidungsknoten“ muss jedoch eindeutig definiert sein. Wie in Kap. 2.3 gezeigt wird, werden auch große Anlagenprojekte in der Regel stufenweise realisiert. Ein „basic engineering“ klärt zunächst die technische Machbarkeit, darauf folgt eine grobe Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und erst wenn diese zu positiven Resultaten kommt, wird die detaillierte Projektstudie in Auftrag gegeben und erst wenn diese zu einem positiven Ergebnis kommt, erhält der Bau der Anlage grünes Licht. Das Gesamtprojekt besteht also aus mehreren Einzelprojekten, die aufeinander aufbauen.

2.2.2 Projektorganisation

Ein Projekt-Team ist ein Unternehmen im Unternehmen oder ein „Institut“ im Institut einer wissenschaftlichen Organisation. D. h. es steht neben der normalen, hierar-

chisch gegliederten „Linienorganisation“. Der Projektleiter ist der „Unternehmer“, der oberste Verantwortliche dieser Parallelorganisation und benötigt entsprechende Machtbefugnisse. Damit sind Konflikte zur „Linienorganisation“ sozusagen vorprogrammiert, manchmal sind sie durchaus gewollt! Das macht die Aufgabe für den Projektleiter so ungeheuer schwer und ist einer der häufigsten Gründe für das Scheitern von Projekten. Deshalb ist die Institution eines Lenkungsausschusses aus unserer Sicht unverzichtbar. Der Lenkungsausschuss ist sozusagen der „Aufsichtsrat“ des kleinen Projekt-„Unternehmens“. In ihm müssen Vertreter einer höheren Hierarchiestufe vertreten sein, die bestimmte Machtbefugnisse an den Projektleiter delegieren und dafür sorgen, dass diese auch durchgesetzt werden. Nur wenn das gewährleistet ist, kann der Projektleiter die volle Verantwortung für ein Projekt übernehmen.

In Unternehmen, die ausschließlich Projektarbeit betreiben, ist der Lenkungsausschuss häufig als oberstes Unternehmensgremium institutionalisiert. Bei großen Engineering-Firmen übernimmt in der Regel der Vorstand direkt diese Funktion. Die Projektleiter, die teilweise Projekte in Milliardenhöhe verantworten, berichten direkt an den Vorstand. Matrixartig vernetzt besteht daneben eine funktionale Organisation mit den Arbeitsgebieten Engineering, Einkauf, Baukonstruktion etc. Diese Abteilungen entsenden die entsprechenden Experten in die Projekt-Teams.

In der Literatur wird häufig eine interne Matrixorganisation empfohlen. Der Projektleiter erhält dabei die Aufgabe sozusagen als Koordinator die Arbeit verschiedener Mitglieder der Linienorganisation zu überwachen. Davor sei gewarnt. Meist wird die Kompetenz des Projektleiters dann nicht ernst genommen und der Lenkungsausschuss, v. a. sein Vorsitzender muss sich massiv in die operativen Aufgaben einschalten. Dann sollte der aber konsequenterweise die Projektleitung direkt übernehmen und das Projekt innerhalb der Linienorganisation abwickeln. Gerade weil sich Gruppenarbeit, Teamwork, workshops etc. großer Beliebtheit erfreuen und den Anstrich von „political correctness“ haben, ist es wichtig sich klar zu machen, dass ein Projekt-Team (oder irgendeine andere Gruppe) *nur* funktionieren wird, wenn die Verantwortlichkeiten klar geregelt sind. Das kann durchaus so erfolgen, wie im Beispiel Kap. 2.3.3, dass eine „Doppelspitze“ berufen wird. Die Rechte, Pflichten und die Aufgabenstellung müssen jedoch klar und transparent bekannt sein.

Natürlich wird der Projektleiter nicht weit kommen, wenn er seine Teammitglieder majorisiert, unterdrückt, schlecht informiert – kurz Führungsfehler macht. Um solche Fehler ggf. zu korrigieren, ist aber unter anderem der Lenkungsausschuss da. Insgesamt ist das Führen von Projekt-Teams eine der heikelsten und anspruchsvollsten Tätigkeiten, die es in der Personalführung gibt. Sie ist eine echte Bewährungsprobe für den Projektleiter. Seine Führungsqualität ist der eigentliche Erfolgs-„Treiber“ eines Projektes. Alles, was in Kap. 6 über Menschenführung gesagt wird, sollte in der Projektführung besonders beherzigt werden.

Wie solch eine Projektorganisation aussieht, zeigen Abb. 2.2 und 2.12 für das Beispiel eines großen Anlagenprojektes.

Arbeitsschritt erst begonnen werden kann, wenn ein vorhergehender abgeschlossen ist. Sehr detaillierte Balkenpläne werden heute über die EDV generiert.

Meilensteine

Als Meilensteine bezeichnet man die wichtigsten, nachprüfbaren Projektdaten. Typische Meilensteine sind:

- Anfang und Ende von Projektphasen, Teilprojekten und Arbeitspaketen
- Test- und Lieferereignisse
- Planungsverknüpfungen
- Projektüberprüfungen
- etc.

In unserem Beispiel Diplomarbeit sind das außer Start- und Übergabe-Termin die klimabedingten Anfangs- und End-Termine der Geländearbeit sowie die Abnahme der Geländearbeiten (Abb. 2.6). Dies sind die Hauptmeilensteine, daneben gibt es natürlich weitere Termine geringerer Bedeutung. D. h. man untergliedert auch die Meilensteine hierarchisch entsprechend ihrer Bedeutung und der Ebene im Projektstrukturplan.

Der Startpunkt eines Projektes wird häufig durch ein sogenanntes „Kick-off-meeting“ markiert. Lenkungsausschuss, Projektleiter und Kernteam treffen sich und legen die wichtigsten Termine, vor allem jedoch die wesentlichen Regeln der Zusammenarbeit für das Projekt, fest.

Für das Top-Management ist es meist ausreichend, eine Liste der wichtigsten „Meilensteine“ eines Projektes zu erhalten, mit der die wesentlichen Projekt ereignisse verfolgt und verifiziert werden können. Das ist ein übersichtliches und handliches Werkzeug zur groben Projektsteuerung. Die zeitliche Distanz von zwei Meilensteinen sollte drei Monate nicht übersteigen, damit gesichert ist, dass „reviews“ – also Lenkungsausschuss-Meetings – in nicht zu weiten Abständen stattfinden.

Der Ablauf komplexer Projekte wird heute mit der Methode der Netzplantechnik optimiert, die in Kap. 2.4 erläutert wird.

2.2.4 Kostenplanung

Der nächste Schritt der Projektplanung ist die Kostenplanung. Obwohl er keine besonderen Anforderungen an die Planungstechnik stellt, ist er besonders heikel und verantwortungsvoll. Im Allgemeinen beginnt diese Phase mit der Kapazitätsplanung, vor allem bei Planungs-, Entwicklungs- und Engineering-Projekten. Das Volumen von Ingenieursstunden, Montagestunden, Fertigungsstunden etc. ist zunächst zu schätzen und anschließend so detailliert wie möglich zu planen. Im Übrigen lässt sich bei der Kapazitätsplanung die Netzplantechnik (s. Kap. 2.4) sinnvoll einsetzen, da sich mit ihr verschiedene Projektablaufe über die EDV simulieren lassen. Man wird versuchen, Kapazitätsengpässe zu vermeiden und z. B. die kosten-trächtige Häufung von Ingenieursstunden in kurzen Zeiträumen auszugleichen, in-

dem man Vorgänge so verschiebt (ohne den kritischen Weg zu verlängern), dass sie nacheinander angeordnet sind (Wischniewski 1999). Das kann zu entscheidenden Kostenreduzierungen führen.

Wie problematisch Kostenschätzungen sind, erleben wir fast täglich aus Skandalmeldungen der Tagespresse, wenn bei großen öffentlichen Bauvorhaben die Kosten um 40% oder gar 50% überschritten werden. Versagt hier die Planungstechnik? Sicherlich liegt es nicht an den Methoden, sondern es sind andere Managementfehler dafür verantwortlich. Es verdeutlicht jedoch die Brisanz der Kostenplanung. Wenn bei anderen Elementen der Projektplanung häufig übersteuert wird, wird im Allgemeinen oft leichtsinnigerweise nicht daran gedacht, dass die Kosten eines Projektes ganz am Projektanfang determiniert werden. Zeitverzögerungen kann man später durch Einsatz zusätzlichen Personals etc. aufholen, Kostenüberschreitungen nicht. Deshalb muss die Kostenplanung ganz besonders sorgfältig durchgeführt werden (s. Abb. 2.11). Je weiter die Projektrealisierung fortschreitet, desto geringer werden die Möglichkeiten für Kostengegensteuerungen. Auch bei öffentlichen Bauten werden Überschreitungen ja im Allgemeinen erst dann publik, wenn die Maßnahme fast abgeschlossen ist und keine Möglichkeiten mehr für Korrekturen bestehen. Die Kostenplanung muss also das Herzstück der Projektsteuerung bilden und als Frühwarnsystem fungieren.

Auch die technische Qualität der Kostenplanung muss vor dem Projektstart besonders kritisch überprüft werden. Wie das Target Costing bei Industrieprodukten gezeigt hat, kann Vermeidung von „overengineering“ zu Kosteneinsparungen von 40% und mehr führen (Frech 1997). Das gilt entsprechend für Bau-, Anlagen- und vermutlich auch für Forschungsprojekte.

Bei Großprojekten ist ein Nebenprodukt der Kostenplanung von immer größer werdender Bedeutung: die Finanzierungs- oder „Cash-Flow“-Planung eines Projektes. Stets „cash positiv“ zu sein, ist zu einem wesentlichen Erfolgsfaktor für große Anlagenprojekte geworden.

2.2.5 Projektsteuerung

Wir haben jetzt die wesentlichen Instrumente einer professionellen Projektplanung kennen gelernt. Was macht ein Manager mit so einem Plan? Setzt er alles daran, ihn möglichst detailgenau umzusetzen? NEIN! Managen bedeutet niemals bürokratisches, starres Abarbeiten eines Planes. Der Manager wird alles daran setzen, jeden Einzelschritt seines Planes zu optimieren. Laufend besser werden als der Plan! Und gleichzeitig wird ihm „Murphy’s Law“ (was schief gehen kann geht auch schief) ein ums andere Mal ein Bein stellen. Es gibt immer Rückschläge. Managen ist also ein schöpferischer, innovativer Prozess, der einer fortwährenden Steuerung bedarf. Und dafür brauchen wir ein funktionierendes Projekt-Controlling, eine effiziente Projektsteuerung.

In unserem Eingangsbeispiel der Diplom-Arbeit ist das „Controlling“ einfach: Ich brauche nur ein ordentliches Kassenbuch führen, das ich entsprechend den ge-

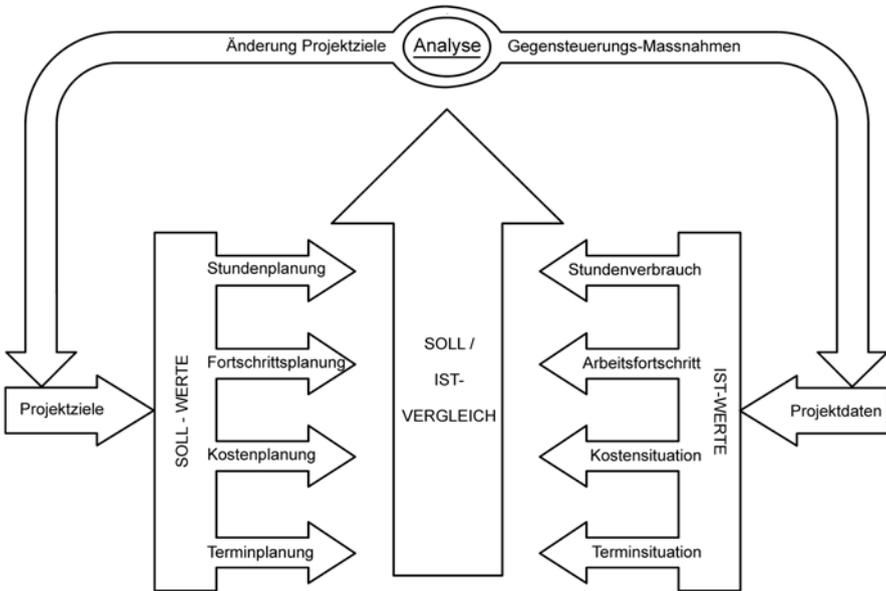


Abb. 2.7 Prinzip der Projektsteuerung bei Engineering-Projekten (nach Löffler 1997)

planten Kostenkategorien (Geländearbeit, Zeichenmaterial, Fotomaterial etc.) gegliedert habe. Nach einem Quartal wird Kassensturz gemacht und schon sehe ich, wo mein „IST“ über dem „SOLL“ ist und wo nicht. Und dann kann ich mich sehr schnell entscheiden, mit welchem der beiden Steuerungs-Hebel ich eingreifen muss: mit Gegensteuerungsmaßnahmen oder mit der Änderung der Planziele.

In Großprojekten ist es natürlich aufwändiger, die Messdaten zu generieren. Das Prinzip ist jedoch das gleiche, wie Abb. 2.7 am Beispiel der Steuerung von Großprojekten zeigt. Wir sehen das vertraute Bild eines Regelungssystems. Die Steuerungskriterien sind hier die „SOLL/IST“-Vergleiche von „Stundenverbrauch“, „Arbeitsfortschritt“, „Kosten“ und „Terminen“. Wenn Abweichungen auftreten, muss die Analyse zeigen, welche der beiden Steuerungsoptionen gewählt werden: Gegensteuerungsmaßnahmen oder Änderung der Projektziele. Dieser Regelungskreis unterstreicht deutlich den Prozesscharakter von Projektmanagement (s. auch Schulte u. Stumme 1998).

Entscheidend für den Aufbau einer effektiven Projektsteuerung ist, dass das Projekt-Controlling die geeigneten Messdaten richtig und zeitnah zur Verfügung stellt. Auch hier bestimmen Komplexität und Größe der Projekte, mit welchen Steuerungskriterien man arbeiten will. Dabei zeigt die Praxis manchmal überraschende Einblicke, wie zwei persönliche Erfahrungen des Herausgebers illustrieren mögen.

Ein persönlich bekannter kleinerer Bauunternehmer, der Objekte in der Größenordnung 0,5 bis max. 3 Mio. € erstellt und selbst vertreibt, antwortete verblüffenderweise auf die Frage, welche Steuerungs- und Überwachungsinstrumente er einsetzt, folgendes: Seiner Erfahrung nach sei es unwirtschaftlich und würde zu viel

Planungsaufwand verursachen, seine Objekte detailliert steuern zu wollen. Er hält lediglich die aufgelaufenen Gesamtkosten einer Baumaßnahme ständig nach und weiß aus Erfahrung, wenn diese Gesamtkosten in Bezug auf einen bestimmten Baufortschritt abweichen oder nicht. Wichtigeres Steuerungsinstrument seien für ihn die Geldeingänge der – während der Bauzeit – verkauften Wohnungen. Das bestimme, wann er mit dem generierten „cash“ eine neue Maßnahme beginnen könne ohne Kredite aufnehmen zu müssen (was er ablehne). D. h. in diesem Fall werden nur die kumulierten Gesamtkosten und der Projekt-cash-flow als Messdaten herangezogen, der Rest wird aus Erfahrung und „aus dem Bauch“ entschieden.

In die gleiche Richtung geht die Aussage eines erfahrenen Mittelständlers, der mit beispielhafter Energie eine Ingenieursgesellschaft mit ca. 500 Mitarbeitern und bis zu 50 Mio. € Honorar-Umsatz pro Jahr aufgebaut hat. Er beschäftigte bewusst keinen Controller, lediglich einen Buchhalter alten Stils. In seiner Firma kümmerte er sich vornehmlich um die Akquisition der Neuaufträge. Sein Steuerungsinstrument bestand darin, immer so viele Aufträge im Hause zu haben, dass er – aus seiner jahrzehntelangen Erfahrung – wusste, dass die Bearbeitung an die Kapazitätsgrenze seiner Belegschaft ging. Das sorgte für den notwendigen Druck. Diese Methode funktionierte erstaunlich gut, solange der Unternehmer persönlich die Zügel in der Hand hielt. Kaum war er aus Altersgründen ausgeschieden und hatte die Geschäftsführung an einen der Abteilungsleiter übertragen, schlitterte das Unternehmen in kürzester Zeit in eine existenzbedrohende Krise. Erste Aufgabe während der folgenden Sanierung war es, ein modernes Berichtswesen und Controlling aufzubauen.

Die Beispiele zeigen, unternehmerisches Gefühl, jahrelange Erfahrung usw. sind außerordentlich riskante Steuerungsfaktoren. Beide oben genannten, bei Erscheinen der 1. Auflage noch existierenden Firmen, haben nicht überlebt. Natürlich gilt das nicht nur für die Bauindustrie, aus der die Beispiele stammen, sondern entsprechend auch für andere Bereiche und vor allem für die Forschung, wo ebenfalls gelegentlich mit dem Argument der Erfahrung die Notwendigkeit konsequenten Einsatzes moderner Steuerungsmethoden in Frage gestellt wird. Es liegen heute so ausgewogene, einfache, billige und übersichtliche Steuerungs- und Messmöglichkeiten vor, dass es als fahrlässig gelten muss, sie nicht einzusetzen. Aufwand und Nutzen jeder Messmethode müssen jedoch bei jedem Projekt neu überlegt, abgewogen und festgelegt werden.

Berichtswesen, Dokumentation, Strukturierung

Die Qualität einer Projektsteuerung hängt zunächst entscheidend davon ab, dass die Messwerte zeitnah, regelmäßig, verlässlich und richtig generiert werden. „garbage in – garbage out“ sagen die Amerikaner und deuten damit an, dass man mit falschen „input“-Werten keinen korrekten „output“ erwarten kann.

Die wesentlichen Messwerte in der Projektarbeit sind:

- Termine
- Kapazitäten
- Kosten

Das Berichtswesen wird entsprechend dem Projektstrukturplan aufgebaut. Je übersichtlicher dieser ist, desto einfacher wird das Berichtswesen strukturiert sein. Die Planung des Berichtswesens ist eine zentrale Aufgabe des Projektleiters, die nach der „top down“ Methodik erfolgt, d. h. sie muss vom Projektleiter vorgegeben werden und darf nicht darauf basieren, was die einzelnen Unter-Teams und Team-Mitglieder für angemessen halten. Die Berichte selbst werden dann „bottom up“ generiert, d. h. die höhere Projektebene baut ihre Berichte auf den Informationen der jeweils tieferen Ebene auf.

Wie das Berichtswesen, so muss auch das Dokumentationswesen von Anfang an hierarchisch entsprechend dem Projektstrukturplan aufgebaut werden. Die Datenbasis muss in der EDV hinterlegt werden, alle Dokumente müssen schnell und mit einfachem Zugriff zugänglich sein. Bei komplexen Projekten wird vorgeschlagen, ein Projekthandbuch anzulegen, das dem Qualitätshandbuch des Projektes entspricht und alle wesentlichen Dokumente des Projektes enthält (Schulte u. Stumme 1998).

Die Berichtsfrequenz hängt von Projekttyp und der Größenordnung ab. Es gibt durchaus tägliche Berichterstattung, bei mittelgroßen Objekten wöchentliche, in jedem Fall monatliche Information. Die Berichte sollten auf Formularen vorgefertigt sein, nach Wischnewski (1999) soll die Abfassung in fünf Minuten erledigt sein, wobei dieser Autor vorschlägt, darauf zu achten, dass das Berichtswesen nicht hierarchie-konform, sondern rein sachbezogen organisiert wird. Die Berichte haben sonst die Tendenz, die Position der jeweiligen Hierarchie-Stufe zu verteidigen, schlechte Nachrichten werden verzögert. Es muss dafür gesorgt werden, dass wichtige Informationen, wie z. B. Änderungsmeldungen ungefiltert vom Sachbearbeiter zur Projektleitung gelangen. Neben Grafiken, Tabellen und formularmäßig vorgegebenen Informationen sollte der Bericht unbedingt auch einen narrativen Teil enthalten, in dem kurz auf wichtige Situationen, Trends und vor allem auf Risiken hingewiesen wird, eine DIN A4 Seite pro Bericht muss jedoch genügen.

Je höher aggregiert die Einzelberichte werden, umso wichtiger wird es, die wesentliche Projektsituation darzustellen und anschaulich zu machen. Es ist immer auch eine Management-Aufgabe, Komplexität zu reduzieren. Abbildung 2.8 zeigt eine Gesamt-Projektübersicht eines Anlagenprojektes. Es handelt sich um einen Balkenplan, der die Teilprojekte, sowie die wichtigsten Arbeitspakete darstellt. Mit den dunklen Zusatzbalken ist der IST-Stand jeden Arbeitspaketes markiert. Die Hauptmeilensteine machen den groben Projektstand deutlich. Die Summenkurve vergleicht unmittelbar SOLL und IST: Während die Engineering-Arbeiten gut im Plan liegen, begann die Montagephase mit kräftiger Verzögerung. Mit so einer Darstellung kann man die Projektsituation ausgezeichnet visualisieren und dem Team, der Projektleitung und dem Lenkungsausschuss den Projektstand anschaulich vermitteln. Natürlich wird man im narrativen Berichtsteil die Angabe der Gründe für die Montageverzögerung erwarten, mit einer Tendaussage und den eingeleiteten Gegensteuerungsmaßnahmen.

Die wichtigste Dimension des Berichtswesens ist das Geld. Die Kostensituation bestimmt über Erfolg oder Misserfolg eines Projektes. Zu der Kostenanalyse gehören bei großen Industrieanlagen-Projekten nicht nur die aufgetretenen Kostenab-

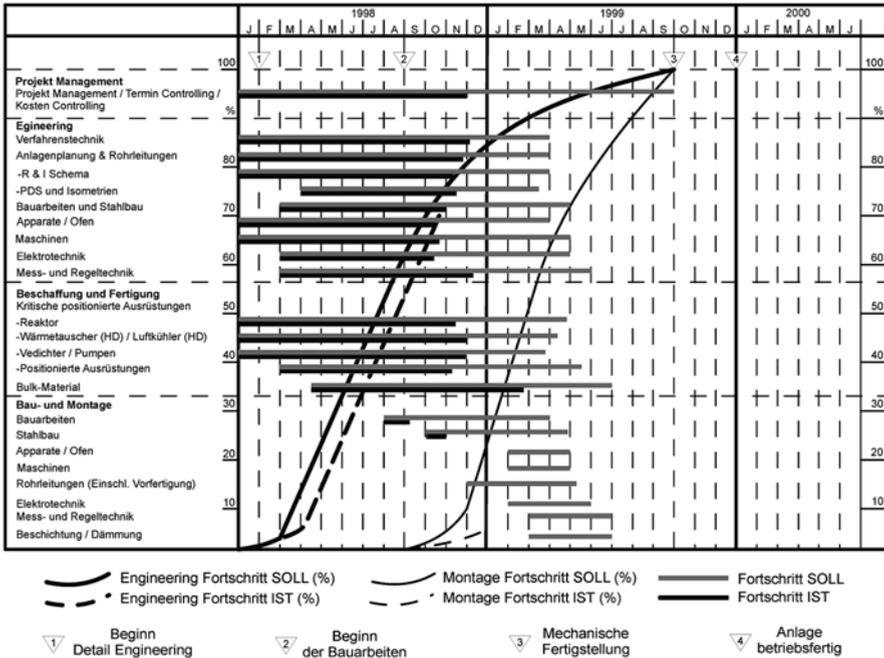


Abb. 2.8 Beispiel einer Projekt-Gesamtübersicht eines Anlagen-Projektes (nach Löffler 1997)

weichungen, sondern v. a. Restkostenanalyse und Risikoanalyse. Bei Großprojekten werden Risikoanalysen laufend über EDV-Systeme simuliert, um jederzeit angeben zu können, wie groß das wirtschaftliche Risiko eines Projektes ist und welche Risikovorsorge in den wirtschaftlichen Prognosen für das Projekt vorzusehen ist.

Abweichungen

Damit sind wir beim zentralen Anliegen des Berichtswesens, bei den Abweichungen. Auf die Abweichungen muss sich das Projektmanagement konzentrieren. Damit die Änderungsmeldungen schnell und ungefiltert zur Projektleitung vordringen, muss man durch entsprechende Menschenführung dafür sorgen, dass Änderungsmeldungen nicht als Angst auslösend empfunden werden. Wenn sich in einem Projekt-Team das Gefühl durchsetzt, dass der Überbringer schlechter Nachrichten abgestraft wird, lebt der Projektleiter gefährlich. Dann wird er früher oder später über das „90%-Syndrom“ stolpern: die Tendenz von Projekt-Mitarbeitern und Verantwortlichen von Arbeitspaketen, die Projektleitung mit „fast fertig“-Meldungen zu beruhigen und Probleme zu verheimlichen. Das Problem kommt dann regelmäßig erst dann hoch, wenn es für Gegensteuerungsmaßnahmen bereits zu spät ist. Änderungsmeldungen sollten enthalten:

- Datum und Kennzeichnung des Vorganges
- Zeitlicher Mehraufwand

- Mehrkosten
- Verursacher der Abweichung
- Trendaussage über Auswirkungen der Abweichung (Termin, Kosten)
- Gegensteuerungsmaßnahmen

Wichtig sind v. a. die letzten beiden Punkte. Ohne eine Trendaussage können die Gesamtfolgen der Abweichung für das Projekt nicht abgeschätzt werden, es können keine Simulationen mit dem Rechner gefahren werden, um zu versuchen, auf höherer Ebene die Folgen der Abweichung aufzufangen usw.

Die Angabe von Gegensteuerungsmaßnahmen ist bei jeder Art von Abweichung die selbstverständliche Pflicht jedes managementmäßig arbeitenden Menschen. Das hat sich allerdings noch lange nicht überall herumgesprochen. Es ist Aufgabe und Verpflichtung jeder Führungskraft gerade in der Projektarbeit durch Vorbild und „Erziehung“, seinen Mitarbeitern dieses Grundprinzip ständig nahe zu bringen.

Die vorgeschlagenen Gegensteuerungsmaßnahmen können sehr unterschiedlich sein. Sie können darauf abzielen, die Kapazitäten zu erhöhen (z. B. durch Überstunden), Arbeiten fremd zu vergeben, Personal oder Lieferanten auszuwechseln, preiswertere Materialien einzusetzen, die Spezifikation oder das technische Konzept zu ändern etc. Sollten keine sinnvollen Gegensteuerungsmaßnahmen existieren, muss man auf die verbleibende zweite Steuerungsoption zurückgreifen: den Vorschlag einer Planänderung, der dann jedoch besonders plausibel und gründlich zu begründen ist.

Bei Forschungsprojekten, Entwicklungsprojekten, innovativen Vorhaben können Änderungsmeldungen wichtige positive Weichenstellungen bedeuten. Sie markieren häufig den Ausgangspunkt neuer Ideen.

Für den Projektleiter ist es wichtig, verstehen zu lernen, dass es seine zentrale Aufgabe ist, Abweichungen zu managen. Die Begleitung des normalen Arbeitsfortschrittes kann er getrost seinen Mitarbeitern überlassen.

Wesentliche Erfolgsfaktoren

Die eigene Erfahrung wird beim Durchsehen der einschlägigen Literatur bestätigt. Es gibt drei wesentliche Gründe für das Scheitern von Projekten:

1. Unklare Zielformulierung
2. Unklare Führung
3. Unklare Kompetenzen

Alle drei Gründe haben ihren Ursprung in unzulänglicher Personalführung. Die Führungsqualität, die menschliche Atmosphäre, die Motivation des Projektteams, die Zielorientierung sind ebenso entscheidend wie klare Kompetenzen und der Umgang mit natürlichen Konflikten. Diese Punkte werden in Kap. 6 behandelt und sollen deshalb hier nicht vertieft werden. Bezüglich der Problematik von Kompetenzüberschneidungen sei ein Beispiel eigenen fehlerhaften Verhaltens angeführt, weil es deutlich macht, wie schwierig die á priori bestehende Konfliktsituation zwischen Projektorganisation und Linienorganisation zu lösen ist.

In einem Konzern wurde dem Herausgeber die Projektleitung eines konzernweiten Einkaufsprojektes übertragen. In den Vorarbeiten mit einem Beraterteam

wurde die Zielvorstellung formuliert: Vom beeinflussbaren Einkaufsvolumen des Konzerns sollten innerhalb von 12 Monaten 15% eingespart werden. Das bedeutete einen beträchtlichen zweistelligen Millionenbetrag. Nach „Kick-off“-meeting und Beginn der Arbeiten stellte sich sehr schnell heraus, dass von allen Seiten „gemauert“ wurde, das Projekt kam nicht voran. Ein Kollege – auf gleicher Hierarchie-Stufe – öffnete sich eines Tages: Wenn das Projektziel erreicht würde, müsste er sich sagen lassen, er hätte vorher seine „Hausaufgaben“ nicht gemacht. Deshalb sein passiver Widerstand. Unabhängig davon, ob der Lenkungsausschuss seine Funktion richtig wahrgenommen hatte, musste der Projektleiter sich eingestehen, an der Situation nicht unschuldig gewesen zu sein. Zwar wurden Mitarbeiter aus allen Bereichen in das Projektteam berufen, aber er hatte versäumt, die Chefs der Bereiche so einzubinden, dass sie sich mögliche Erfolge selbst anheften konnten. Daraufhin wurde die Arbeit stärker in die Bereiche verlagert, dort hat man dann kräftig daran gearbeitet, möglichst viel der Zielvorgabe zu realisieren. Trotzdem war das Projekt teilweise gescheitert – wegen einer psychologischen Unachtsamkeit.

Die Lehre daraus: Man muss bei Projekten darauf achten, mögliche „Verlierer“ früh mit einzubinden. Der Lenkungsausschuss hat allerdings darauf zu achten, dass obstruktives Verhalten sanktioniert und unterbunden wird. Das Beispiel mag beleuchten, wie schwierig Projektarbeit gerade bezüglich der menschlich/psychologischen Aspekte sein kann.

Exkurs Projektmanagement in Forschung und Entwicklung

Zur Definition: In der Privatwirtschaft sind Forschung und Entwicklung stets markgetrieben. Die Unterscheidung der beiden Begriffe erfolgt nach dem Kriterium der Zeit bis zur Marktreife (time to market): der kurzfristigen – im Projektmanagement straff strukturierbaren – *Entwicklung* steht die langfristige, innovative *Forschung* gegenüber. Arbeiten, welche erst für die übernächste Produktgeneration oder für Zeiträume von 15 Jahren und mehr relevant sind, werden bereits der Grundlagenforschung zugeordnet (u.E. handelt es sich dabei allerdings immer noch um „angewandte Forschung“).

Insgesamt befindet sich der FuE-Bereich in einer dynamischen Entwicklung. Die schnelle Produktinnovation ist zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor geworden und der FuE-Bereich ist aus seinem beschaulichen „Elfenbeinturm“-Dasein ins Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt. Die FuE-Aufwendungen von technologisch geprägten Unternehmen haben sich in den letzten Jahren vervielfacht und übersteigen sogar in Industrieunternehmen heute die Höhe der Anlageninvestitionen (Boutellier et al. 2000). Diese stürmische Entwicklung hat zu veränderten Anforderungen an die Leistungsträger der FuE-Bereiche geführt, die sich zunächst zu widersprechen scheinen, genauer betrachtet jedoch in einem polaren Spannungsverhältnis stehen: die Forderung nach höherer Disziplin und gleichzeitig nach gesteigerter Kreativität.

Disziplin fordert v.a. das Diktat der Schnelligkeit, dem die *Entwicklungs-Anstrengungen* heute unterliegen. Die zeitliche Beschleunigung wurde besonders dadurch erreicht, dass die früher nacheinander ablaufenden Phasen von Forschung, Entwicklung, Produktion und Vermarktung heute so weit wie möglich parallel und

zeitgleich geschaltet werden. Sogar externe Zulieferfirmen aus dem internationalen Lieferanten-Netzwerk werden häufig direkt in die Entwicklungsarbeiten mit eingebunden. Das erfordert naturgemäß hohen Koordinationsaufwand, tiefe Projektstrukturierung und die disziplinierte Anwendung aller modernen Planungs- und Steuerungstechniken, wie wir sie in den vorhergehenden Abschnitten kurz behandelt haben und wie sie in den einschlägigen Lehrbüchern detailliert beschrieben sind. Die Tagesarbeit findet in hierarchie- und spartenübergreifenden Arbeitsgruppen statt, die man sich nicht als lockere Diskussionsrunden, sondern als straff geführte Einheiten mit klarer Kompetenz- und Verantwortungsverteilung und eindeutigen Zeit- und Ressourcen-Vorgaben vorzustellen hat. Der hier eingebundene Ingenieur oder Naturwissenschaftler wird sich auch mit den ihm fremden Disziplinen der Produktion und Vermarktung beschäftigen müssen, um Verständnis für deren Problematik zu gewinnen.

Auf die Forderung nach gesteigerter Kreativität in der **Forschung** hat man v. a. mit organisatorischen Maßnahmen reagiert. Waren die Forschungsbereiche früher eher „Spielwiesen“, die in hierarchisch untergeordneter Position angesiedelt waren, hat man jetzt den Grundsatz verstanden, dass eine Aktivität hierarchisch umso höher angesiedelt sein muss, je innovativer und langfristiger sie angelegt ist. Alle innovativen internationalen Großfirmen haben ihre Forschungsabteilungen inzwischen direkt dem Top-Management unterstellt. Das ist auch insofern folgerichtig, als von diesen Abteilungen Anstöße zu langfristig neuen Entwicklungen erwartet werden. Alles wirklich Neue ist jedoch nicht nur unsicher, sondern auch riskant (Drucker 2000) und deshalb müssen die entsprechenden Weichenstellungen für ein Unternehmen frühzeitig mit dem Top-Management abgestimmt und von diesem an die Organisation kommuniziert werden.

Forschung braucht Kreativität und Freiheit und keine bürokratische Gängelung. Sie bewegt sich im Spannungsfeld zwischen Disziplin und Chaos. Entsprechend der Abb. 2.9 ist sie mit umso geringerer Strukturierung zu organisieren, je höher ihr erwarteter Innovationsgrad ist. Allerdings: Je weniger Struktur ein Projektmanagement trägt, desto stärker ist die Menschenführung gefordert. Forschungsabteilungen sind deshalb als *echte* Teams zu organisieren. Echt deshalb, weil sie nicht – wie das häufig mit der etwas unaufrichtigen Modeerscheinung von „Teambildung“ in Unternehmen geschieht – als „Feigenblatt“-Funktion die immer noch bestehende Kommando-Struktur verschleiern sollen, sondern aus individualistischen Experten gebildet werden müssen, von denen jeder ein bestimmtes Spezialwissen mitbringt, von dem die übrigen Mitglieder in gewisser Weise abhängig sind. Die Team-Mitglieder müssen sich ergänzen. Es müssen die Regeln gelten, die in Kap. 6 generell für Teamarbeit gefordert werden.

Die Forschungsteams sollten außerdem unbedingt Kontakte zu Hochschulen und Forschungsinstituten des öffentlichen Sektors pflegen und erweitern. Die Privatwirtschaft versucht, diese Institutionen aus Gründen des Zeitgewinnes und der Ressourcenknappheit immer enger in ihre internationalen FuE-Netzwerke einzubinden. Forschungsaufgaben werden dabei durch „outsourcing“ an öffentliche Institute übertragen. Andererseits „outsourcen“ auch öffentliche Institute zunehmend anwendungsnahe Aufgaben an private Unternehmen. Die Vorgehensweisen

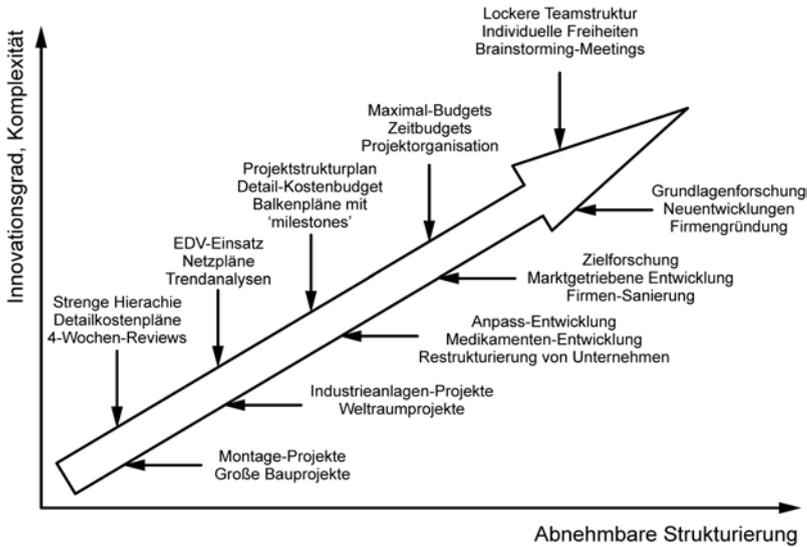


Abb. 2.9 Je innovativer ein Projekt, desto geringer der Strukturierungsgrad

von öffentlichen und privaten Institutionen müssen dementsprechend kompatibel sein. Damit ist auch bereits eine wesentliche Anforderung an die öffentlichen Forschungsinstitute angesprochen: Sie sollten sich bemühen, die gleichen Planungs- und Steuerungsmethoden einzusetzen, die sich in der Privatwirtschaft bewährt haben.

Neben den Projektmanagement-Aufgaben im Bereich Forschung und Entwicklung wird der Leserkreis dieses Buches vor allem mit Anlagenprojekten konfrontiert werden. Ob mit dem Aufbau einer Versuchsanlage, der Erweiterung einer Industrieanlage, dem Aufstellen einer neuen Produktionsmaschine, eines neuen Montagebandes, ob in der Industrie oder bei Behörden, mit diesen oder ähnlichen Aufgaben werden Naturwissenschaftler und Ingenieure – gerade in jungen Jahren – besonders häufig gefordert. In Kap. 2.3 sollen daher die Besonderheiten beim Bau großer Industrie-Anlagen – hier in der chemischen Industrie – erläutert werden, da sie eine Orientierung auch für das Management weniger komplexer und kleinerer Projekte bieten können. Davor wird im folgenden Abschnitt dargelegt, welche Kriterien für die Strukturierung von Projekten maßgeblich sind.

2.2.6 Innovationsgrad und Projektstrukturierung

Die eingesetzten Methoden müssen stets dem Anwendungszweck angepasst sein. Jedes Projekt ist ja bereits laut Definition ein „einmaliger“ Vorgang. Deshalb stößt das Bemühen, allgemeingültige Regeln und Methoden für alle Arten von Projekten aufzustellen an Grenzen.

Man bemerkt das auch bei der Durchsicht der Literatur: Ob der Autor mehr von Mammutprojekten der Raumfahrt, von Projekten des industriellen Anlagenbaues, von Engineering-Tätigkeiten, vom FuE-Bereich der Industrie etc. geprägt ist, wird sich in seiner Methodenbeschreibung und in seinen Handlungsempfehlungen niederschlagen. Wir haben uns deshalb vor allem um eine grobe Übersicht bemüht, um die entscheidenden und möglichst für alle Projektarten gültigen Grundsätze herauszuarbeiten. Wenn man in Großprojekte eingebunden ist, muss man sich ohnehin die geforderten Sonderkenntnisse z. B. über Netzplantechnik, Kalkulation von Preisgleitklauseln, Vertragsgestaltung etc. anhand der Spezialliteratur aneignen.

Wie detailliert ein Projekt organisiert wird und welche Instrumente sinnvoll einzusetzen sind, hängt naturgemäß zunächst von Größe und Komplexität des Vorhabens ab. Unabhängig davon wird jedoch der Strukturierungsgrad eines Projektes entscheidend vom Innovationsgrad abhängen. Abbildung 2.9 versucht, diesen Zusammenhang deutlich zu machen. Forschungsprojekte sind ja häufig Suchbewegungen, deren Ablauf höchst unsicher ist und gar nicht starr geplant werden darf. Allerdings sind auch manche Unternehmertätigkeiten entsprechend innovativ, wie z. B. die Gründung einer neuen Firma oder die Sanierung von Unternehmen. Auch diese Aktivitäten verlangen v. a. Kreativität und – oft blitzschnelles – situatives Handeln und Reagieren auf neue Konstellationen und nicht starres Abarbeiten eines Planes. Ein Bauprojekt muss dagegen in allen Abläufen sorgfältig geplant sein und strikt planmäßig ablaufen.

Dieser Zusammenhang darf allerdings *nicht* zu dem Trugschluss verleiten, bei innovativen Projekten könne auf Planung und Projektmanagement weitgehend verzichtet werden. Das Gegenteil ist der Fall: Die Instrumente und die Vorgehensweise sind nur andere. Es gibt mehr Entscheidungsknoten und meist lässt sich der Ablauf nur bis zum nächsten Entscheidungsknoten exakt planen. Das muss man dann aber auch tun. Keinesfalls darf man planlos suchen, planlos forschen, planlos entwickeln oder in einer existenzbedrohten Firma planlosen Aktivismus an den Tag legen. Konsequente planerische Gedankenarbeit und systematisches Personalmanagement sind gerade bei innovativen Vorhaben besonders wichtig und für den Erfolg entscheidend. Die fünf Kernelemente von Projekt-Management (Zielfestlegung, Projektorganisation, Zeitplan, Kostenplan und Projektsteuerung) müssen auch bei Projekten mit hohem Innovationsgrad die Orientierungslinien für das Projektmanagement bilden.

2.3 Projekte im Anlagenbau

Chemieanlagen gehören zu den komplexesten Systemen, die die Technik aktuell hervorbringt. Während der Planung einer typischen Chemieanlage sind etwa 10.000 Einzelaktivitäten und oft mehr als 40.000 Einzelpositionen der Anlagenstücklisten zu bearbeiten (Sattler u. Kasper 2000). Ein Bau mit dieser hohen Detaillierung ist für eine Strukturierung in Projekten geeignet (Lester 2007). So verwundert es auch nicht, dass im chemischen Anlagenbau die Disziplin des Projektmanagements einen besonders hohen Stellenwert hat. In einem typischen

Anlagenbauprojekt verwaltet der Projektmanager ein Budget in der Größenordnung von ca. 100 bis 250 Mio.€. Um hier das finanzielle Risiko durch Fehler in der Projektabwicklung zu minimieren, wurden spezifische Vorgehensweisen entwickelt (Rinza 1998). Wesentliche Elemente wollen wir in diesem Abschnitt genauer betrachten.

2.3.1 Projektphasen

Jedes Projekt sollte mit einer Zieldefinition starten. Dies ist auch im Chemieanlagenbau nicht anders. In ihr werden alle wesentlichen Eckpunkte der projektierten Anlage wie z. B. Produktspezifikation, Kapazität, Termine etc. schriftlich festgehalten. Die Zieldefinition ist dabei die Grundlage des Vertrages zwischen Auftragnehmer (z. B. Engineering-Abteilung) und Auftraggeber (Business-Unit).

Jedes Anlagenbauprojekt ist anders, gemeinsam ist allen jedoch, dass der Detaillierungsgrad in der Planung schrittweise zunimmt. Dazu teilt man ein Gesamtprojekt in die folgenden Projektphasen (vgl. Abb. 2.10), sozusagen in mehrere Teilprojekte (Wagner 1998):

- Machbarkeitsstudie (Feasibility)
- Vorplanung (Prebasic-Engineering)
- Basisplanung (Basic-Engineering)
- Ausführungsplanung (Detail-Engineering)
- Montage (Construction)
- Inbetriebnahme (Start up)

In der **Machbarkeitsstudie** wird für bestimmte Standorte geprüft, ob eine Projekt-idee technisch machbar ist und welche Investitionskosten damit verbunden sind.

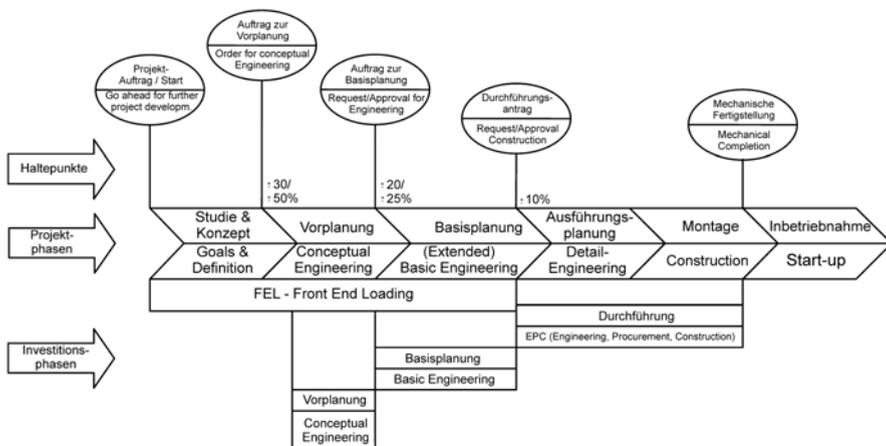


Abb. 2.10 Projekt-Phasen eines Anlagenbau-Projekts (interne Veröffentlichung Evonik Industries)

Die Kostenschätzungen sind zu diesem Wissensstand noch relativ ungenau ($\pm 30\%$). Am Ende dieser Projektphase werden den Entscheidern die verschiedenen Konzepte vorgelegt. Erfüllt das Projekt nicht die Erwartungen, so kann es hier mit noch geringen Kosten abgebrochen werden.

Ist das Projekt hingegen wirtschaftlich interessant, so wird die nächste Phase begonnen, die **Vorplanung**. Hier wird der Prozess genauer beleuchtet. Beispielsweise werden verschiedene Reaktorkonzepte und Anlagenverschaltungen hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit miteinander verglichen. Zunächst müssen die Massen- und Energiebilanzen vorliegen, womit in einem weiteren Schritt die variablen Kosten (s. Kap 3.2) für die Utilities (Kühlwasser, Druckluft, elektrische Versorgung) abgeschätzt werden. Diese Bilanzen werden auf der Basis eines Grundfließbildes (Blockschemas) und eines Verfahrensfließbildes erarbeitet, das sinnvollerweise auch die Ergebnisse einer numerischen Verfahrenssimulation enthält. Eine Verfahrenssimulation ist ein numerisches Modell der realen Anlage mit dem sämtliche Verfahrensparameter, Ströme und Zusammensetzungen berechnet werden können. Mit den detaillierten Informationen aus der Prozesssimulation können nun auch die wichtigsten Apparate ausgelegt werden (VDI 1997; Perry et al. 1997; Nauman 2002). Sämtliche Apparate werden in der Equipmentliste aufgeführt, welche die Basis für die Investitionskostenschätzung darstellt. Daneben enthält das Verfahrensfließbild auch ein Konzept zur Automatisierung.

Anschließend wird meist ein erstes Konzept zur Positionierung der Apparate (Aufstellungskonzept) erarbeitet. Überlegungen zum Materialfluss stehen in engem Zusammenhang mit dem Logistikkonzept, der Versorgung mit Rohstoffen und der Entsorgung von Abwasser, Abluft und festen Abfällen. Auf Grund des Gefahrenpotentials in der chemischen Industrie (giftige Stoffe, Explosionsgefahr) werden entsprechende Ansprüche an die Sicherheit gestellt. Die Erarbeitung von notwendigen Sicherheits- und Schutzmaßnahmen nimmt deshalb bereits in der Vorplanung einen erheblichen Raum ein. Um Altlasten im Bauareal auszuschließen, werden Bodenproben genommen. Bestätigen alle diese Voruntersuchungen die Wirtschaftlichkeit des Projekts, wird der Antrag auf Basisplanung gestellt. Der Antrag enthält eine Kostenschätzung mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 20\%$.

In der **Basisplanung** wird das Konzept weiter ausgearbeitet. Zu Beginn dieser Phase wird ein Terminplan bis zur Inbetriebnahme festgelegt. Das Verfahrensfließbild wird detaillierter ausgeführt, die Massen- und Energiebilanzen werden verfeinert. Damit kann der Verbrauch von Energien, Einsatzstoffen und Utilities verlässlich angegeben werden. Zusätzlich wird noch ein R&I-Fließbild (Rohrleitungs- und Instrumente) erstellt, das sämtliche zum Bau der Anlage notwendigen Informationen enthält. Dazu gehören zum Beispiel eine genaue Beschreibung aller Steuerungen und Regelkreise, aller Armaturen und Rohrleitungen. Für jeden Apparat werden Verfahrensdatenblätter angelegt, die genaue Angaben über die Prozessbedingungen enthalten. Analog dazu werden auch Datenblätter für die EMR (Elektro-, Mess- und Regelungstechnik) in die Projektdatenbank eingestellt. Für das gesamte Projekt wird eine Auslegungsspezifikation festgelegt, die für sämtliche Apparate vorschreibt, nach welchen Regelwerken ausgelegt werden muss (z. B. USA, China: ASME, Russland: GOSHT, Südkorea: KOSHA). Mit der Auslegungsspezifikation

können nun auch für die „Key-Equipments“ (wichtige Apparate) technische Spezifikationsblätter verfasst werden, die sämtliche technisch notwendigen Informationen wie Wandstärken, Skizzen und Stutzen enthalten. Mit ihnen werden die Apparate bei verschiedenen Herstellern angefragt.

Der Aufstellungsplan wird um Lastangaben ergänzt, die für eine Planung des Hochbaus, also z. B. eine Statik des Stahlbaus, erforderlich sind. Jedes Detail der Anlage wird in ein 3D-Modell eingefügt. Mit spezieller Ausrüstung kann dann ein virtueller Rundgang durch die Anlage gemacht werden. So können Fehler in der Planung gefunden werden, wie zum Beispiel eine Rohrleitung, die einen Fluchtweg kreuzt.

Auch das Sicherheits- und Brandschutzkonzept wird weiter ausgearbeitet. Da in dieser Phase bekannt ist, wo die Anlage gebaut wird, können nun Konzessionierungsunterlagen angefertigt werden, die für das sogenannte Behörden-Engineering, also das Genehmigungsprozedere der Anlage, notwendig sind.

Auf Grund des nun schon relativ weit fortgeschrittenen Planungsstandes können die Kosten mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 10\%$ angegeben werden. Auf dieser Basis wird nun eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsstudie erarbeitet, deren wichtigste Kennzahl heute bei Anlagenbauprojekten häufig die discounted cash flow rate (DCF-Rate) ist (s. Kap. 3.1.5). Deren Höhe bildet meist ein firmeninternes Freigabekriterium. Das Management prüft die vom Projektteam im Antrag auf Durchführung vorgelegten Informationen und genehmigt bei entsprechender Wirtschaftlichkeit anschließend das Projekt. Damit ist entschieden, dass das Projekt realisiert wird.

Die Projektphasen Vorplanung und Basisplanung haben weitreichenden Einfluss auf die Kosten, den Projektablauf und auf die Terminalsicherheit. Für ein erfolgreiches Projekt sollten die Planungsunterlagen bereits zu diesem Zeitpunkt eine hohe Qualität aufweisen (vgl. Front-End-Loading Kap. 2.3.2).

Zu Beginn der **Ausführungsplanung** (Detail Engineering) steht die erweiterte Basisplanung. Dabei werden beispielsweise noch ausstehende technische Spezifikationen für Maschinen und Apparate fertig gestellt. Weitere wichtige Tätigkeiten sind die tabellarische Erfassung von elektrischen Verbrauchern (Motoren, elektrische Begleitheizungen usw.) und Dämmungen. Auch wird in dieser Phase ein Konzept zur Instandhaltung erarbeitet.

Nun tritt das Projekt in die letzte planerische Phase ein, die eigentliche Ausführungsplanung. In dieser Phase werden sämtliche planerischen Unterlagen zum Bau der Anlage komplettiert. Zu den wichtigsten Aktivitäten gehören:

- Erstellung der letzten Revision des R&I-Fließbilds
- Fertigstellung des Aufstellungskonzeptes (inklusive Plänen für Fundamente, Stahlbau und Gebäude)
- Planung sämtlicher Details der Infrastruktur
- Komplettierung des Automatisierungskonzeptes
- Rohrleitungsplanung inklusive sämtlicher Armaturen

In dieser abschließenden Phase werden sämtliche Bauteile wie die Apparate, Armaturen, Rohrleitungen und EMSR-Technik montiert. Nun müssen sämtliche Steue-

rungs- und Regelsysteme eingehend getestet werden. Zur Vermeidung von Unfällen ist die Einhaltung der Sicherheitsvorschriften auf der Baustelle besonders wichtig. Die **Montage** wird mit der mechanischen Fertigstellung der Anlage abgeschlossen. Anschließend kann die Anlage **in Betrieb genommen** und nach einem Leistungstest dem Auftraggeber übergeben werden.

Während der Zusammenarbeit mit einem Engineering-Kontraktor ergeben sich gelegentlich vom Auftraggeber gewünschte Änderungen. Dem Change-Management kommt dabei eine wichtige Bedeutung zu. Jede Änderung muss vom Kontraktor erneut bearbeitet werden und ist deshalb mit Mehrkosten verbunden. Wie wir bereits im Unterpunkt „Abweichungen“ (Kap. 2.2.5) diskutiert haben, ist hier eine genaue Dokumentation besonders wichtig, um vom Projektmanagement gegensteuern zu können.

2.3.2 *Front-End Loading*

Im Kapitel Kostenplanung sind wir bereits auf den Umstand eingegangen, dass die Kosten maßgeblich am Anfang eines Projektes festgelegt werden. Dies ist auch bei Anlagenbauprojekten nicht anders.

Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie, die Vor- und Basisplanung haben einen besonders großen Einfluss auf die späteren Investitionskosten. Wird ein Projekt zu diesem frühen Zeitpunkt abgebrochen, so fallen im Vergleich nur geringe Kosten an, nämlich die Kosten für die Planungsstunden. Nach der Basisplanung kehrt sich dieser Zusammenhang um. Die Beeinflussbarkeit des Projektes nimmt rapide ab, während nun sehr hohe Ausgaben, zum Beispiel für die Apparate und Rohrleitungen anfallen (vgl. Abb. 2.11). Dieser Zusammenhang wird als Front-End-Loading bezeichnet. Die Investitionskosten werden zu einem großen Teil in der Vorplanung festgelegt. Als grober Anhaltswert gilt: 1% der Kosten, die für die Vorplanung ausgegeben werden, entscheiden über 70% der späteren Investitionskosten. Das Front-End-Loading-Konzept fordert deshalb, dass für jede Planungsphase eine angemessene Bearbeitungstiefe bei hoher Planungsqualität erreicht werden muss. Um Planungsfehler zu minimieren und Know-How-Schutz sicherzustellen, werden die Projektphasen bis einschließlich Basic-Engineering meist mit firmeneigenem Personal bearbeitet. Für das Detailengineering werden oft lokale Engineeringkontraktoren in das Projekt eingebunden, die aktuell zum Beispiel in China oder Indien noch deutlich niedrigere Stundensätze verrechnen.

2.3.3 *Projektorganisation*

Auch ein Anlagenbauprojekt wird hierarchisch untergliedert. Im Folgenden wird eine Organisationsform beschrieben, wie sie bei der Firma Evonik Industries üblich ist (s. Abb. 2.12). An der Spitze des Projektes steht der Projektmanager (PM), der die

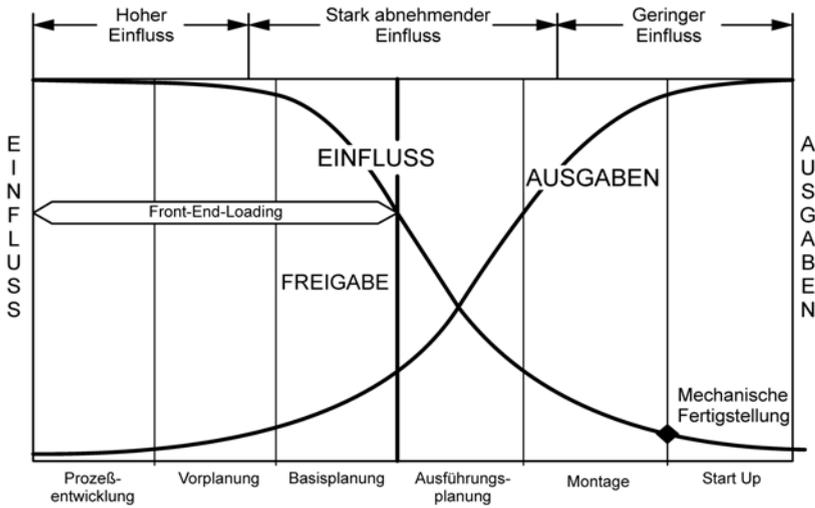


Abb. 2.11 Front-End-Loading eines Anlagenbau-Projektes (interne Veröffentlichung Evonik Industries)

Verantwortung für Kosten und Termine, sowie die ingenieurtechnische Umsetzung des Verfahrens trägt. Der Projektmanager führt das Team zusammen mit einem sogenannten Projektverantwortlichen (PV). Der Projektverantwortliche kümmert sich um das Verfahren, die Sicherheit und die Konzession. Der Projektmanager wird

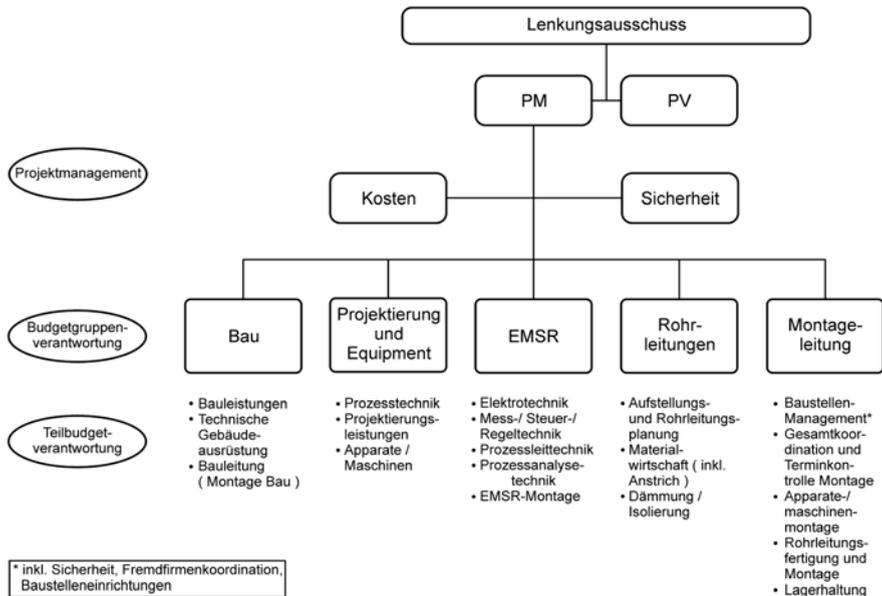


Abb. 2.12 Beispiel für eine Projektorganisation (interne Veröffentlichung Evonik Industries)

dabei häufig von der internen Engineering-Abteilung gestellt, der Projektverantwortliche ist meist ein prozesserfahrener Mitarbeiter aus der investierenden Business-Unit. Der PM trägt die Verantwortung für Kosten, Termine und die Funktion der Anlage bis zur mechanischen Fertigstellung. Die Inbetriebnahme liegt in der Verantwortung des PV und seiner Betriebsmannschaft.

PM und PV berichten in regelmäßigen Abständen an den Lenkungsausschuss der meist aus Mitgliedern des Managements, dem Leiter des Engineerings, bei strategisch wichtigen Projekten aber auch aus Vorstandsmitgliedern bestehen kann. Im Gegensatz zu dieser Organisationsform findet man bei den meisten anderen Firmen einen einzelnen Projektmanager an der Spitze eines Projektes.

Wie in Abb. 2.12 zu erkennen ist, wird das Projekt-Team aus den verschiedenen Fachdisziplinen rekrutiert. Die Budgetgruppenverantwortlichen kommen aus den Bereichen: Bautechnik, Projektierung und Equipment, EMSR (Elektro-, Mess-, Stell- und Regelungstechnik), Rohrleitungstechnik und Montageleitung. Jede Fachdisziplin stellt einen Leadingenieur, der dafür verantwortlich ist, dass die fachspezifischen Aufgaben mit dem zugewiesenen Budget erfüllt werden.

2.3.4 Investitionskostenschätzung von Chemieanlagen

Am Ende jeder Projektphase müssen Kosten mit über die Dauer der Projektbearbeitung zunehmender Genauigkeit abgegeben werden, um Aussagen über die Wirtschaftlichkeit des Projektes machen zu können. In Abb. 2.13 sind die dazu eingesetzten Methoden in Abhängigkeit von der Projektphase dargestellt.

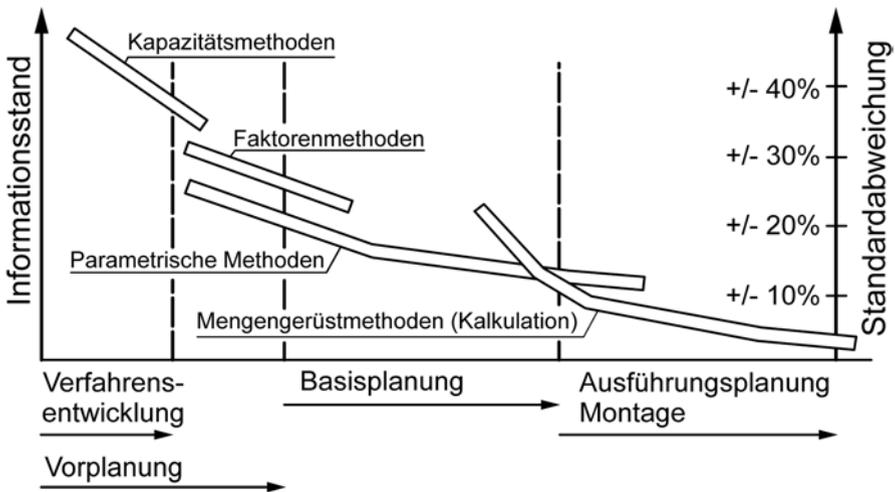


Abb. 2.13 Eingesetzte Methoden zur Kostenschätzung (interne Veröffentlichung Evonik Industries)

Während der Vorplanung können Investitionskosten basierend auf einer bereits bestehenden Anlage mit einer unterschiedlichen Kapazität mit Hilfe der sogenannten **Kapazitätsmethoden** geschätzt werden. Dabei wird mit Kapitalumschlagskoeffizienten (Kölbel u. Schulze 1960), spezifischen Kapitalbedarfszahlen (Gallager 1967), produktspezifischen Kostenkurven (Chilton 1950; Guthrie 1970) oder mit Durchschnittskosten von Produktionsanlagen gearbeitet (Zevnik u. Buchanan 1963; Wilson 1971). Verwendet man einen Degressionskoeffizienten, so berechnen sich die neuen Anlagenkosten wie folgt:

$$K_{neu} = K_{alt} \cdot \left(\frac{C_{neu}}{C_{alt}} \right)^m \quad (2.1)$$

K_{neu} : Anlagenkosten_{neu} C_{alt} : Anlagenkapazität_{alt}
 K_{alt} : Anlagenkosten_{alt} C_{neu} : Anlagenkapazität_{neu}
 m : Degressionskoeffizient ca. 0,67 je nach Verfahren

Sind die Kosten der Hauptausrüstungsgegenstände (Maschinen und Apparate) bekannt, so kann mit einem sogenannten Anlagenfaktor, der je nach Projekt bzw. Anlagentyp zwischen 3 und 6 liegt, auf die Gesamtkosten hochgerechnet werden. Man bezeichnet dies als die **Faktorenmethode**. Die Genauigkeit dieser Methode liegt bei geringem Aufwand bei zirka 30%.

In den Strukturmethode(n) (auch **parametrische Methoden**) unterteilt man die Chemieanlagen in Hauptpositionen (Maschinen und Apparate) und Nebenpositionen (Rohrleitungstechnik, EMSR-Technik, Bautechnik etc.). Ausgehend von den Kosten für Maschinen und Apparate (Prinzig u. Rödl 1985), die vorher ermittelt werden müssen, können nun die Kosten für die Nebenpositionen über einzelne Faktoren abgeschätzt werden. Diese Methoden erreichen eine Genauigkeit von 15–25%.

Will man ein genaueres Ergebnis erhalten, so müssen die Kosten für die Nebenpositionen auf der Grundlage von Materialauszügen detailliert kalkuliert werden. Dies geschieht bei der **Mengengerüstmethode**, die auch als Kalkulationsmethode bezeichnet wird. Sie hat eine Genauigkeit von bis zu 10%, ist jedoch auch mit dem größten Aufwand verbunden.

2.4 Netzplantechnik

Die ursprünglich für besonders komplexe Projektabläufe, wie sie in der Raumfahrt üblich sind, auf Basis der mathematischen Graphen-Methode entwickelte Netzplantechnik ist in der Zwischenzeit über entsprechende Software-Programme einer breiten Anwendung auf normalen Personalcomputern zugänglich geworden (z. B. Windows „Project“). Da die Vorgehensweise den Anleitungen zu den entsprechenden Software-Programmen zu entnehmen ist, wollen wir im Folgenden lediglich

einige Grundelemente der Technik erläutern und die drei gebräuchlichen Methoden kurz vorstellen.

Grundsätzlich eignet sich die Netzplantechnik zur Terminplanung und zwar von Zeit, Kapazitäten und Kosten. Mit ihr können komplexe, parallel laufende Vorgänge eines Projekts und ihre Abhängigkeiten zueinander dargestellt, berechnet und damit optimiert werden. Dazu müssen zunächst sämtliche Vorgänge des Projekts und ihre Abhängigkeiten zueinander dargestellt werden. Trägt man die zugehörigen Zeit-Bedarfe ein, kann man sowohl Projektdauer als auch Pufferzeit berechnen. Die Abfolge von Vorgängen ohne Pufferzeit bezeichnet man als „kritischen Pfad“, auf den besonderes Augenmerk zu richten ist, weil Verzögerungen bei diesen Vorgängen sofort zur Gesamtverzögerung des Projekts führen würden.

Zur grundsätzlichen Vorgehensweise:

1. Erstellen einer **Vorgangsliste**: Vorgänge sind nicht weiter zerlegbare Tätigkeiten mit einem definierten Anfang und Ende. Zusätzlich zur Tätigkeitsbeschreibung sollen auch Dauer, vertragliche Termine, bei Bedarf auch benötigte Betriebsmittel und anfallende Kosten aufgelistet werden. Eine solche Vorgangsliste ist für das Beispiel eines PKW-Kundendienstes in Tab. 2.1 dargestellt.
2. **Strukturanalyse**: Die gelisteten Vorgänge werden in Beziehung zu einander gesetzt und Abhängigkeiten aufgezeigt.
3. **Zeitanalyse**: Anhand der Strukturanalyse werden Zeitpunkte definiert, an denen der jeweilige Vorgang begonnen und abgeschlossen werden kann oder muss. Außerdem können Kontrollereignisse terminiert werden.
4. Eventuell **Kapazitäts- und Kostenanalyse**: Da durch die jeweilige Tätigkeitsbeschreibung auch der Kapazitätsbedarf z. B. an Personal bekannt ist, gilt es nun die Auslastung bei beschränkten Ressourcen mittels Reihenfolgenplanung zu optimieren und die anfallenden Kosten zu beschreiben.

Die Strukturelemente in der Netzplantechnik sind Vorgänge und Ereignisse, sie werden durch Pfeile und Knoten graphisch dargestellt. Erstere stellen Tätigkeiten dar, letztere definierte Zustände im Projektablauf. Je nach Methode kann ein Netzplan Vorgangs- oder Ereignis-orientiert erstellt werden, je nachdem worauf das Augenmerk gerichtet werden soll. Der Netzplan vermittelt also einen optischen Überblick

Tab. 2.1 Vorgangsliste PKW-Kundendienst

Vorgangsbezeichnung	Vorgangsbeschreibung	Dauer [min]
A	Öl ablassen	15
B	Reifen, Luftdruck, Radschrauben prüfen	20
C	Kühlflüssigkeit prüfen	5
D	Bremsen und Bremsflüssigkeit checken	10
E	Neues Öl einfüllen	5
F	Unterboden auf Rost untersuchen	20
G	Fahrzeug mit Hebebühne anheben	5
H	Fahrzeug ablassen	5
...		
Z	Endkontrolle	10

über den Arbeitsablauf und zeigt logistische Verknüpfungen zwischen den Tätigkeiten. Da er stärker ins Detail geht als übliche Terminpläne, lässt er kritische Stellen erkennen und erhöht dadurch die Kontrollierbarkeit des Projektablaufs.

Beim Erstellen eines Netzplans, egal mit welcher Methode gilt zu beachten:

- Es gibt nur einen Anfangs- (Start) und einen Endpunkt (Ziel).
- Man beginnt am Start oder am Ziel.
- Es dürfen keine Schleifen entstehen.
- Die Reihenfolge der Tätigkeiten entspricht der Vorgangsliste.
- Zeitangaben orientieren sich an Terminen der Vorgangsliste.

Jetzt sollen die drei wichtigsten Netzplanarten – Critical Path Method (CPM), Metra Potential Method (MPM) und Programm Evaluation and Review Technique (PERT) – vorgestellt werden.

Critical Path Method (CPM)

Bei CPM werden Vorgänge als Pfeile und Ereignisse als Knoten dargestellt. Die Ereignisknoten dürfen jeweils nur durch eine Tätigkeit verbunden werden, daher sind zur eindeutigen Darstellung häufig Hilfsknoten und -pfeile, sogenannte Scheintätigkeiten, notwendig. Zur Zeitanalyse wird die Vorgangsdauer am Ereignispfeil notiert und daraus vom Start vorwärts rechnend der früheste Zeitpunkt, an dem das Ereignis eintreten kann, bestimmt. Der späteste Termin jedes Ereignisses wird durch Rückwärtsrechnen vom Ziel aus ermittelt. Es gilt dabei immer; die Scheintätigkeiten zu beachten. Die Angaben frühester und spätester Zeitpunkt (FZ, SZ) werden im Knoten wie in Abb. 2.14 dargestellt.

Der aus den frühesten und spätesten Zeitpunkten resultierende Puffer lässt sich folgendermaßen berechnen, wobei i und j aufeinanderfolgende Ereignisse sind:

$$\text{Puffer}_{ij} = \text{SZ}_j - \text{FZ}_i - \text{Dauer}_{ij}$$

Anhand aller Ereignisse mit einem Puffer von null ergibt sich der kritische Pfad (in Abb. 2.15 dick gezeichnet). Auf diese Tätigkeiten ist besonderes Augenmerk zu richten, da bei einer Verzögerung an diesen Stellen der termingerechte Projektabschluss gefährdet ist.

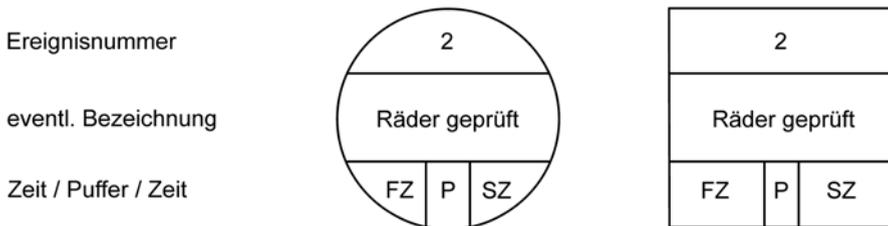


Abb. 2.14 Ereignis als Knoten (CPM und PERT)

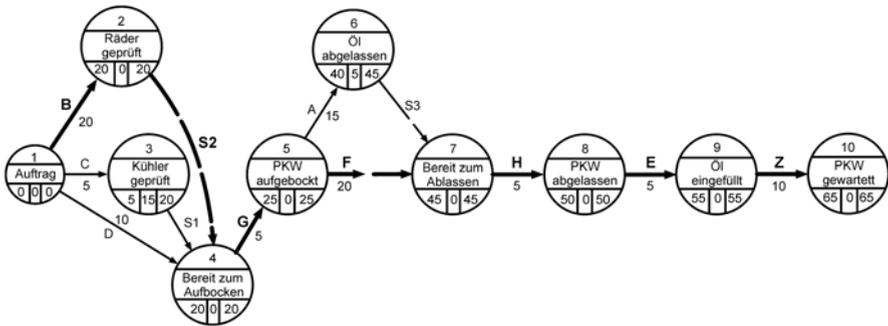


Abb. 2.15 PKW-Kundendienst als CPM-Netzplan

Program Evaluation and Review Technique (PERT)

Auch bei PERT sind die Ereignisse Knoten, Pfeile sind „Geschehnisse zwischen Ereignissen“ ohne weiter durch Vorgänge spezifiziert zu werden. Es werden also nur die Ereignisse explizit benannt. Diese Technik findet besonders in der Entwicklung Anwendung, da sie im Gegensatz zu CPM keine Zeitmessung vorsieht und in der Entwicklung Termine häufig keine große Rolle spielen oder zumindest mit geschätzten Zeitbedarfen gearbeitet werden kann.

Metra Potensial Method (MPM)

Im Gegensatz zu CPM und PERT sind bei MPM Vorgänge Knoten und die Pfeile stellen reine Anordnungsbeziehungen dar. Dadurch werden keine Scheintätigkeiten benötigt, was die Lesbarkeit erheblich vereinfacht. Da die Knoten Vorgänge darstellen, wird hier der früheste Anfangszeitpunkt (FAZ) und der späteste Endzeitpunkt (SEZ) neben der Dauer (D) der Tätigkeit angegeben (s. Abb. 2.16).

Im Gegensatz zur Critical Path Method sieht das Beispiel des PKW-Kundendienstes als MPM-Netzplan folgendermaßen aus (s. Abb. 2.17):

All diese Pläne wurden früher von Hand gezeichnet oder mit Magnettafeln umgesetzt. Wie anfangs erwähnt, stehen uns dafür heute verschiedene Software-Programme zur Verfügung. Das hat das Erstellen, vor allem aber das Überarbeiten von Netzplänen erheblich vereinfacht und daher ihren Einsatz bei allen komplexen Projektablaufen ermöglicht.

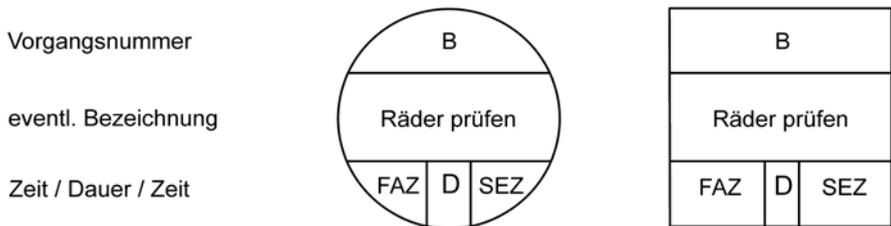


Abb. 2.16 Vorgang als Knoten (MPM)

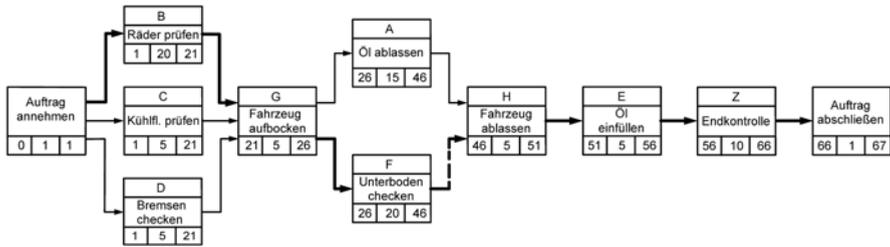


Abb. 2.17 PKW-Kundendienst als MPM-Netzplan

Literatur

- Balck H (Hrsg) (1990) Neuorientierung im Projektmanagement. Verlag TÜV Rheinland, Köln
- Blum J, Bürgel D, Horvath P (Hrsg) (1993) Wissenschaftsmanagement. Spitzenleistungen trotz knapper Mittel durch Management der Wissenschaft. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart
- Boutellier R, Gassmann O, Zedtwitz M v (2000) Managing global innovation. Uncovering the secrets of future competitiveness. Springer-Verlag, Berlin
- Chilton CH (1950) Six-tenth Factor applies to complete plant cost. Chem Eng 57:112–114
- Drucker PF (2000) Die Kunst des Managements. Econ Verlag, München
- Frech J (1997) Produktplanung mit Target Costing. In: Bullinger HJ, Warschat J (Hrsg) Forschungs- und Entwicklungsmanagement. Technologiemanagement – Wettbewerbsfähige Technologieentwicklung und Arbeitsgestaltung. BG Teubner, Stuttgart, S 175–194
- Gallager JT (1967) Rapid estimation of plant costs. Chem Eng 89–96
- Guthrie KM (1970) Capital and operating costs. Chem Eng 140/156
- GPM e V, D G f P (1999) Projektmanagement Fachmann, RKW-Verlag, Eschborn
- Köbel H, Schulze J (1960) Projektierung und Vorkalkulation in der chemischen Industrie. Springer-Verlag, Berlin
- Lester A (2007) Project Management, planning and control. Elsevier, New York
- Löffler N (1997) Brochure of Project Scheduling and Progress Control at LURGI Öl-Gas-Chemie GmbH, Frankfurt
- Madauss B (2000) Handbuch Projektmanagement. Mit Handlungsanleitungen für Industriebetriebe, Unternehmensberater und Behörden, 6. Aufl. Schäffer-Pöschel, Stuttgart
- Nauman EB (2002) Chemical reactor design, optimization, and scale up. McGraw Hill, New York
- Platz J (1990) Hat das FuE-Projektmanagement versagt? In: Balck H (Hrsg) Neuorientierung im Projektmanagement, Verlag TÜV Rheinland, Köln, S 41–59
- Perry RH et al (1997) Perry's chemical engineers' handbook. McGraw Hill, New York
- Prinzig P, Rödl R (1985) Investitionskosten-Schätzung für Chemieanlagen. Chem Ing Tech 57(1): 8–14
- Reichert O (1994) Netzplantechnik. Vieweg Verlagsgesellschaft, Braunschweig, Wiesbaden
- Rinza R (1998) Projektmanagement. Springer-Verlag, Berlin
- Sattler K, Kasper W (2000) Verfahrenstechnische Anlagen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim
- Schulte H, Stumme G (1998) Projektmanagement. In: Kleinaltenkamp M, Plinke W (Hrsg) Auftrags- und Projektmanagement. Projektbearbeitung für den Technischen Vertrieb. Springer-Verlag, Berlin, S 229–266
- Schwarze J (2006) Projektmanagement mit Netzplantechnik. NWB Studienbücher – Wirtschaftswissenschaften. NWB Verlag
- Steinle C (Hrsg) (1995) Projektmanagement. Instrument effizienter Dienstleistung. Verlag Frankfurter Allgemeine Zeitung, Frankfurt a. M.

- Verein deutscher Ingenieure (1997) VDI-Wärmeatlas- Berechnungsblätter für den Wärmeübergang. Springer-Verlag, Berlin
- Wagner W (1998) Planung im Anlagenbau. Vogel, Würzburg
- Warnecke HJ (1995) Fraktale Organisationsformen in der Forschung. Wissenschaftsmanagement 1(Jan./Febr. 1995): 8–12
- Wilson GT (1971) Schätzung der Kosten für Chemieanlagen. Br Chem Eng Process Technol 16(10): 931–934
- Wischniewski E (1999) Modernes Projektmanagement. Vieweg, Braunschweig
- Zevnik FC, Buchanan RL (1963) Generalized correlation of process investment. Chem Eng Prog 59(2): 70–77
- Zimmermann J, Stark C, Rieck J (2005) Projektplanung – Modelle, Methoden, Management. Springer-Verlag, Berlin