

### 3 ÜBERBLICK ÜBER VORHANDENE VERFAHREN ZUR MESSUNG DER INNOVATIONSLEISTUNG

Bei der vorliegenden Fragestellung kann man - anders als in weiter entwickelten Gebieten der Betriebswirtschaftslehre - nicht auf einen vorhandenen, theoretisch gesicherten und praktisch erprobten Unterbau zurückzugreifen<sup>186</sup>. Dies mag zum einen an der Interdisziplinarität des Forschungsgebiets des F&E-Managements<sup>187</sup>, zum anderen aber auch an der bis dato untergeordneten Dringlichkeit betriebswirtschaftlicher Fragestellungen auf dem Gebiet von Forschung und Entwicklung liegen<sup>188</sup>. Faktisch liegen keine übergreifenden und strukturierenden Studien und Ansätze zur Messung der Innovationsleistung vor. Statt dessen handelt es sich bei den meisten Publikationen um auf einzelne Unternehmen bezogene Fallstudien und Beschreibungen der gängigen Unternehmenspraxis auf diesem Gebiet. Zusammenfassende und konzeptionelle Publikationen gibt es kaum.

Eine Meta-Analyse der Literatur zur Messung der Innovationsleistung stellt somit den Ausgangspunkt für ein eigenes Konzept dar. Aus der Retrospektive der vorhandenen, in der Literatur dargestellten Erfahrungen auf diesem Gebiet können wichtige Schlüsse für ein eigenes Konzept gezogen und früher gemachte Fehler in Zukunft vermieden werden. Gleichzeitig kann auf bereits vorhandenem Wissen aufgebaut werden, so daß „das Rad nicht zum wiederholten Male“ erfunden werden muß. Ziel dieses Kapitels ist es, die stark variierenden Ansätze zur Messung der F&E-Leistung zu klassifizieren und zu katalogisieren, um daraus strukturierte Aussagen zu deren Anwendungsgebieten, Vor- und Nachteilen und Praktikabilität zu gewinnen.

#### 3.1 Vorgehensweise

Die in der Literatur gefundenen Ansätze zur Messung der Effizienz von F&E variieren sehr stark und sind derart auf Einzelsituationen zugeschnitten, daß es auf den ersten Blick nicht möglich erscheint, sie einer systematischen Klassifikation zuzuordnen<sup>189</sup>.

---

186 Vgl. Liker, J.K./Hancock, W.M., Effectiveness, 1986, S. 82 f.; Bürgel bescheinigt der "[...] F&E-Betriebswirtschaft [...]" einen "[...] auffallenden Mangel an theoretisch sicherem Wissen.", Bürgel, H.D., Controlling, 1989, S. 3.

187 Vgl. Kap. 2.4, S. 52 ff.

188 Vgl. Kap. 1.2, S. 8 ff.

189 Vgl. Brown, M.G./Svenson, A., Productivity, 1988, S. 13; Geisler, E., Cost-Performance Model, 1995, S. 4 f.; Geisler, E., Cost-Performance Model, 1995, S. 3 f.; Koenig, M.E.D., Bibliometric Indicators, 1983, S. 136 f. Bean, T./Gros, J.G., Benchmarking, 1992, S. 32-33; Cordero, R., Measurement, 1990, S. 185 f. Beispielsweise beschreibt Robb ein System zur F&E-Leistungsmessung, das speziell für eine F&E Abteilung gedacht war, die wie ein Profit-Center geführt wird, vgl. Robb, W.L., Research, 1991, S. 16-21.

Bei einer näheren Betrachtung der in der Literatur beschriebenen Methoden zur Messung der Forschungsleistung muß zunächst zwischen dem Einsatz von Methoden zur Messung in öffentlichen Forschungseinrichtungen<sup>190</sup> und in unternehmensinternen F&E-Bereichen unterschieden werden. Dies gilt insbesondere für die öffentlichen Einrichtungen in denen Grundlagenforschung betrieben wird, die aufgrund ihrer großen Anwendungsbreite von öffentlichem Interesse<sup>191</sup> und daher zunächst nicht profitorientiert oder primär auf eine Vermarktung gerichtet ist. Öffentliche Forschung hat daher – oft im Gegensatz zur privatwirtschaftlichen Forschung – einen längeren Zeithorizont und ist von der Thematik her mit hohem Risiko behaftet. Demzufolge ist auch die Messung der Effizienz nur in Grenzbereichen mit einem privatwirtschaftlichen Vorgehen vergleichbar.

Mit der Beschränkung der vorliegenden Untersuchung auf die privatwirtschaftliche Forschung geht auch die Konzentration auf die Messung der Innovationsleistung auf mikro-ökonomischer Ebene einher, also Methoden, die sich auf Einflüsse im Unternehmen beziehen. Methoden auf makro-ökonomischer Ebene konzentrieren sich dagegen auf Einflüsse der allgemeinen F&E, auf Teile der Gesellschaft oder auf die Gesellschaft an sich<sup>192</sup> und sind nicht Gegenstand der Arbeit.

Eine Strukturierung der vorliegenden Literatur ist auf verschiedene Arten möglich. Im Hinblick auf ein eigenes prozeßorientiertes Konzept erscheint jedoch eine Darstellung nach zwei verschiedenen Dimensionen sinnvoll. Angelehnt an das in Kapitel 2.3.1 beschriebene Modell zur Abbildung des Innovationsprozesses kann man zwischen der Aufnahme von Input-, Prozeß- oder Output-Daten zur Messung der Innovationsleistung unterscheiden. Die im Innovationsprozeß aufgenommenen Daten können in einer zweiten Dimension hinsichtlich ihrer Darstellung in quantitative oder qualitative Daten unterschieden werden. Quantitative Daten können zusätzlich auf objektiven oder aber subjektiven Beobachtungen beruhen. Während sich quantitative Methoden auf den Innovationsprozeß als Bewertungsobjekt beziehen, tritt bei den qualitativen Methoden das Personal im Innovationsprozeß als Objekt der Bewertung der Innovationsleistung in den Vordergrund. Die Gliederung des Kapitels der

---

Koenig hingegen beschreibt ein auf bibliometrischen Indikatoren aufgebautes Meß-System, das allerdings nur für pharmazeutische Unternehmen anwendbar ist, vgl. Koenig, M.E.D., *Bibliometric Indicators*, 1983, S. 136-145.

190 Universitäten, Max-Planck-Institute, Institute der Fraunhofer Gesellschaft und andere öffentliche Großforschungseinrichtungen.

191 Vgl. Braun, C.-F., *Innovationskrieg*, 1994, S. 81 f.

192 Vgl. Geisler, E., *Output Indicators*, 1994, S. 3-5; Geisler, E., *Cost-Performance Model*, 1995, S. 4-10; Rubenstein, A./ Geisler, E., *Outputs*, 1991, S. 182-184; Tanaka, M., *MITI experience*, 1989, S. 361-378; Lichtenberg, F., *Industrial R&D*, 1990, S. 157-163; Kostoff, R.N., *Assessment*, 1993, S. 44-46.

Literaturanalyse basiert auf der oben beschriebenen zweidimensionalen Strukturierung, wie sie auch in Tabelle 3-1 dargestellt ist.

		Prozeßdimension				
		Input	Prozeß	Output	Kombinationen	
Datendimension	Quantitativ	Objektiv	Kap. 3.2.1.1	Kap. 3.2.1.2	3.2.1.3	Kap. 3.2.1.4
		Subjektiv	--	Kap. 3.2.2.2	--	Kap. 3.2.2.1
	Qualitativ	Verfahren der Einzelpersonenbewertung (Kap. 3.3.2) oder der Gruppenbewertung (Kap. 3.3.3)				
	Kombinationen	Kap. 3.4				

Tabelle 3-1: Zweidimensionale Strukturierung der Literatur nach Prozeß- und Datenqualitätsdimension

## 3.2 Quantitative Methoden

### 3.2.1 Objektive Bewertungsbasis

#### 3.2.1.1 Inputbezogene Kenngrößen

Ausgehend von dem oben geschilderten Modell des Innovationsprozesses, bestehend aus der Verkettung von Input, Prozeß und Output, werden zur Feststellung der F&E-Leistung zunächst Input-Kenngrößen ermittelt.

Die Ermittlung von Input-Kenngrößen ist nur dann sinnvoll, wenn man davon ausgeht, daß ein mittelbarer oder unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Input eines Innovationsprozesses und dem Ergebnis (= Output/Outcome) existiert. Dieser Zusammenhang muß sich nicht unbedingt in Form einer komplexen Funktion manifestieren, wie ihn Brockhoff darzustellen versucht<sup>193</sup>, jedoch sollte eine Abhängigkeit zwischen Output und Input derart gegeben sein, daß eine Erhöhung des Inputs immer auch zu einer Verbesserung des Outputs führt.

193 Vgl. Brockhoff, K., Forschung, 1992, S. 219 ff.; Kap. 3.2.1.4, S. 143 ff.

### Klassifikation und Beschreibung der Kenngrößen

Bei den für die Leistungsmessung in F&E verwendeten Input-Kenngrößen unterscheidet man zwischen materiellen und immateriellen Kenngrößen. Die materiellen Kenngrößen können kostenmäßig bewertet werden. Damit ergeben sich weitere Input-Kosten-Kenngrößen. Immaterielle Kenngrößen beziehen sich auf den für den F&E-Prozess wichtigen „Produktionsfaktor“ Information bzw. Know-how. Information kann als quantitativer Input-Faktor nur indirekt dargestellt werden und ist kostenmäßig kaum zu bewerten.

Die gebräuchlichsten Kenngrößen sind in der Tabelle 3-2 zusammengefaßt.

<b>Input-Kenngrößen</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Messung</b>	<b>Kostenmäßige Bewertung</b>
Materiell	Personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der Mitarbeiter</li> <li>• Mannjahre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personalkosten</li> <li>• Kosten pro Mannjahr</li> </ul>
	Sachmittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zahl von Forschungsgeräten</li> <li>• Räumlichkeiten</li> <li>• CPU-Stunden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abschreibungen auf Forschungsgeräte</li> <li>• Aufwendungen für Sachmittel</li> <li>• Investitionen</li> <li>• Gemeinkosten für F&amp;E</li> </ul>
	Externe Forschungsarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extern vergebene Mannjahre</li> <li>• Zahl der extern vergebenen Forschungsprojekte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Externe Forschungskosten</li> </ul>
	Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REFA-ähnliche Arbeitszeitmessungen – Messung von Normalzeiten für bestimmte Tätigkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nur indirekt über Arbeitskosten</li> </ul>
	Gesamte F&E		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Summe aller F&amp;E-Kosten</li> <li>• F&amp;E-Budget</li> </ul>
Immateriell	Informationen und Know-how	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bibliotheksbestände</li> <li>• Zahl der Datenbank-Abfragen</li> <li>• Zahl der Teilnahmen an Konferenzen und Messen</li> <li>• Weiterbildungsangebot</li> <li>• Zahl der Besuche im eigenen Labor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten für Bibliotheken</li> <li>• Kosten für Informationsbeschaffung</li> <li>• Kosten für Messe- und Konferenzbesuche</li> <li>• Weiterbildungskosten</li> </ul>

*Tabelle 3-2 Input-Kenngrößen*

Im Innovationsprozeß gibt es nur zwei wichtige Input-Faktoren: Personal und Sachmittel<sup>194</sup>. Die Personalkapazität kann durch die Zahl der besetzten Stellen oder Mannjahre gemessen werden. Die Zahl der Mannjahre ist meist direkt proportional zu den Personalkosten. Unter Sachmitteln versteht man alle Einrichtungen und Gegenstände, die für die Forschung und Entwicklung notwendig sind. Dazu gehören Forschungseinrichtungen, Laborbedarf, Rechnerkapazität usw. Alle Sachkosten können ebenfalls kostenmäßig über Investitionen, Abschreibungen oder Gemeinkosten-Verteilungsschlüssel bewertet werden. Zusätzlich zu der durch Sach- und Personalkosten definierten eigenen Forschung kann externe Forschung und Entwicklung (bewertet in Mannjahren oder Kosten für externe F&E) zugekauft werden.

Informationen, Know-how und Erfahrungen der Mitarbeiter sind immaterielle Input-Faktoren und können - wenn überhaupt - nur indirekt bewertet werden, z.B. über die Größe eigener Bibliotheken, die Teilnahme an Kongressen und Messen oder die Zahl der Informationsbesuche der eigenen F&E durch externe Wissenschaftler.

Alle in der Tabelle gezeigten absoluten Kenngrößen werden oft auch als Relativzahlen verwendet, bspw. durch einen Vergleich des Personal- oder Sachkostenblocks mit den gesamten F&E-Kosten. Ein oft verwendeter Indikator ist die F&E-Intensität, definiert als:

$$\text{F \& E - Intensität} = \frac{\text{F \& E - Kosten}}{\text{Umsatz}}$$

Eine Sonderstellung nimmt die Bestimmung der F&E-Produktivität durch Messung der verschiedenen Tätigkeiten in Forschung und Entwicklung ein. Ein solches Vorgehen schlagen u.a. Martin/Thomson vor<sup>195</sup>. Dabei werden sich wiederholende Prozesse in der Anwendungsentwicklung für einen bereits weit fortgeschrittenen Innovationsprozeß in 53 Einzelarbeits-elemente differenziert und in direkt-produktive, indirekt-produktive, nicht-produktive und nicht-arbeitsbezogene Tätigkeiten unterteilt (vgl. Tabelle 3-3). Diese Einteilung ist kritisch zu sehen, da auch die sog. nicht-produktiven Tätigkeiten notwendige Vorarbeiten für die sog. produktiven Tätigkeiten darstellen und daher nicht einfach weggelassen werden können.

Die Zeitdauer der einzelnen Arbeitselemente wird mit REFA-ähnlichen Methoden gemessen und sogenannte Normalzeiten festgelegt. Auf diese Weise vergleichen Martin/Thomson verschiedene Entwicklungsabteilungen in einem Unternehmen und stellen deren F&E-Leistung fest. Durch Erhöhung des zeitlichen Anteils an produktiver Arbeit kann folgerichtig die Effizi-

---

194 Damit ist Forschung und Entwicklung einer typischen Dienstleistung sehr ähnlich.

195 Vgl. Martin, H.W./Thomson, R.J., *Productivity*, 1960, S. 83 ff. und Anonymous, *Measuring*, 1962, S. 91 f.

enz gesteigert werden. Die Produktivität einzelner Personen oder Abteilungen ist definiert als der Quotient der produktiven Tätigkeitszeit bezogen auf die Gesamttätigkeitszeit.

<b>Produktive Arbeit</b>	<b>Nicht-produktive Arbeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstruktionszeichnungen erstellen</li> <li>• Mitteilungen schreiben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suche von Akten</li> <li>• Verbesserung von Zeichnungen</li> </ul>
<b>Indirekt-produktive Arbeit</b>	<b>Keine Arbeit:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Denken</li> <li>• Berechnungen durchführen und kontrollieren</li> <li>• Fachbezogene Besprechungen</li> <li>• Technische Texte, Bücher, Zeitschriften lesen und bearbeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Essen besorgen, Essen gehen</li> <li>• Nicht-fachbezogene Gespräche</li> </ul>

*Tabelle 3-3: Unterteilung der Entwicklungsarbeit nach Martin / Thomson (Quelle: Martin, H., Productivity, 1960, S. 84)*

Durch Gewichtung der abteilungsbezogenen F&E-Kosten mit den jeweiligen Produktivitäten und anschließender Aufsummierung der gewichteten Abteilungskosten kommen die Autoren zu einer gewichteten Gesamteffizienz „E“ der F&E-Abteilung eines Unternehmens:<sup>196</sup>

$$\text{Effizienz } E = \frac{\sum_{\text{Alle Bereiche}} (\text{Produktivität}_{\text{Bereich}} \cdot \text{Kosten}_{\text{Bereich}})}{\sum_{\text{Alle Bereiche}} \text{Kosten der einzelnen Bereiche}}$$

Nach Ansicht von Martin/Thomson ist auf diese Weise eine kontinuierliche Messung der Produktivität und eine Identifikation von Schwachstellen zur Verbesserung der F&E-Leistung gegeben<sup>197</sup>. Bei dieser aus dem Jahre 1958 stammenden Art der Messung der Effizienz handelt es sich um eine dem tayloristischen Gedankengut nahestehende Definition und Lösung der Effizienzproblematik. Auffassungen, daß eine solche Vorgehensweise den kreativen Prozeß stören könnte, treten die Autoren mit dem Argument entgegen, daß ein großer Teil der in Forschung und Entwicklung geleisteten Arbeit aus routinemäßigen, sich wiederholenden Tätigkeiten besteht, die auf die oben beschriebene Weise gemessen werden können<sup>198</sup>. Diese Art der Effizienzmessung in Forschung und Entwicklung hat sich in den folgen-

196 Vgl. Martin, H.W./Thomson, R.J., Productivity, 1960, S. 83 ff. und Anonymous, Measuring, 1962, S. 94.

197 Vgl. Martin, H.W./Thomson, R.J., Productivity, 1960, S. 95.

198 Vgl. Martin, H.W./Thomson, R.J., Productivity, 1960, S. 83.

den Jahrzehnten allerdings als nicht besonders erfolgreich erwiesen und wurde in der Literatur nicht weiterverfolgt.

Im Sinne der Meßtheorie sind die oben beschriebenen Input-Kenngrößen die Meßobjekte. Erhoben werden diese Daten üblicherweise im F&E-Management von F&E-Controllern oder – falls kein eigenes F&E-Controlling vorhanden ist – im Konzern-Controlling.

### Vergleich und Bewertung der inputbezogenen Kenngrößen

Die Input-Kenngrößen sind im Sinne eines Produktionsprozesses Ressourcen bzw. Potentiale für einen unspezifischen Output. Sie lassen keine direkten Rückschlüsse auf den Output zu<sup>199</sup>, sondern sind lediglich Beschreibungen des Status quo bzw. Reflexionen der Vorgaben des F&E-Managements. Wie schon aus der Definition von Leistungsfähigkeit bzw. Effizienz zu erkennen ist, hängt die Effizienz jedoch vom Zusammenspiel von Output und Input ab. Input-Faktoren allein stellen damit nur einen unvollständigen Teil bei der Messung der Effizienz dar und werden in der Literatur relativ selten als singuläre Indikatoren verwendet. Außerdem wirken sich Veränderungen im Input erst mit einer nicht zu vernachlässigenden Zeitverzögerung auf den Output aus.

Vorteilhaft an der Verwendung von Input-Kenngrößen ist deren einfache Verfügbarkeit bzw. automatische Erhebung im Zuge der Budgetplanung und des F&E-Controllings. Der frühestmögliche Zeitpunkt einer Bewertung der Daten ist nach den jährlich stattfindenden Budget-Gesprächen, bzw. unterjährig bei Vorliegen entsprechender Hochrechnungen. Eine monatliche Kontrolle ist auf niedrigeren Aggregationsebenen nicht sinnvoll, da F&E-Projekte oft eine unstetige Verwendung von Input-Ressourcen aufweisen. Die Bewertung erfolgt zunächst rückblickend im Vergleich zu früheren Input-Daten (Steigerungsraten).

Zwar kann aus der Analyse der Input-Daten nicht die Effizienz einer Forschungs- und Entwicklungseinheit bewertet werden, jedoch sind Vergleiche zwischen Ist- und Plan-Daten von F&E-Inputgrößen möglich. Plandaten zum F&E-Prozeß können aus einer quantitativen Ableitung der F&E- oder Unternehmensstrategie stammen, beispielsweise aus Aussagen wie „Technologieführerschaft im Bereich X durch Steigerung der F&E-Intensität auf über 10%“. Durch den Vergleich der strategischen Planwerte mit den tatsächlich in der Vergangenheit erreichten Istwerten für den Input kann die Effektivität bei der Umsetzung der Unternehmensstrategie im F&E-Bereich bewertet werden („werden die richtigen Dinge getan?“).

---

199 Es sei denn, es wird eine feste Funktion  $\text{Output} = f(\text{Input})$  definiert.

Aus der Literatur sind allerdings kaum Fallstudien bekannt, bei denen auf die alleinige Messung des Inputs zur Bestimmung der F&E-Leistung zurückgegriffen wird.

### 3.2.1.2 Prozeßbezogene Kenngrößen

Innovationsprozesse und -projekte werden vergleichbar bezüglich ihrer Effektivität und Effizienz, wenn der einzelne Prozeß nicht als einmaliges Ereignis, sondern als wiederholbar und nachvollziehbar betrachtet wird. Dies ist dann der Fall, wenn Prozesse in definierte und sich wiederholende Schritte gegliedert sind<sup>200</sup>. Die Projektstrukturierung, -steuerung sowie Projektfortschrittsbetrachtung und -kontrolle sind Bestandteil des Projektmanagements bzw., weiter gefaßt, des Innovationscontrollings<sup>201</sup>.

Elementare Dimensionen zur Planung und Steuerung von Projekten sind

- Zeit/Termine;
- Kosten/Aufwand;
- Sachfortschritt/Leistung<sup>202</sup>.

Kenngrößen, die sich direkt auf den Innovationsprozeß bzw. auf den Projektfortschritt beziehen, werden aus diesen Elementen abgeleitet. Meilensteine stellen bestimmte Teilprojektziele dar und verknüpfen diese mit Zeit- und Kostenvorgaben<sup>203</sup> (Abbildung 3-1).

Zwischen diesen drei Projektdimensionen gibt es Zusammenhänge, z.B. daß die Erhöhung des Aufwandes eine Verkürzung der Zeit bis zu einem bestimmten Meilenstein zur Folge hat<sup>204</sup>. Zeiten und Kosten lassen sich an den Meilensteinen in Form von Ist- zu Sollaufwand und Ist- zu Sollzeiten vergleichen. Dies ist zwar noch keine direkte Produktivitätsmessung, man erhält jedoch durch die Abweichungsanalyse notwendige Kontrollinformationen<sup>205</sup>.

---

200 Vgl. Nayak, P.R., Effectiveness, 1992, S. 48.

201 Vgl. Gentner, A., Entwurf eines Kennzahlensystems, 1994, S. 65.

202 Vgl. Burghardt, M., Projektmanagement, 1988, S. 272; Madauss, B., Projektmanagement, 1990, S. 223. Brockhoff, K., Forschung, 1992, S. 320 f.; Specht, G./Beckmann, C., F&E-Management, 1996, S. 354; Gentner, A., Entwurf eines Kennzahlensystems, 1994, S. 117.

203 Dazu Schmelzer, H.J., Produktentwicklungen, 1992, S. 131: „Wesentliches Element der prozeßorientierten Leistungsbetrachtung ist die Messung von Zielerreichungsgraden. Die Zielerreichungsgrade können über mehrere Prozesse aggregiert werden, um die Leistung von Prozeß- oder Organisationseinheiten darzustellen. Markante Meßpunkte sind wichtige Meilensteine. Von besonderem Interesse sind Zielerreichungsgrade bezogen auf Entwicklungszeiten, -kosten, Projekttermine, -kosten, Produktqualität, -kosten in den einzelnen Entwicklungsprozessen und -phasen.“

204 Vgl. Nippa, M./Reichwald, R., Durchlaufzeit, 1990, S. 94 ff.; Riedl, J.E., Projekt-Controlling, 1990, S. 136.

205 Vgl. Brockhoff, K., Effizienz, 1986, S. 351.



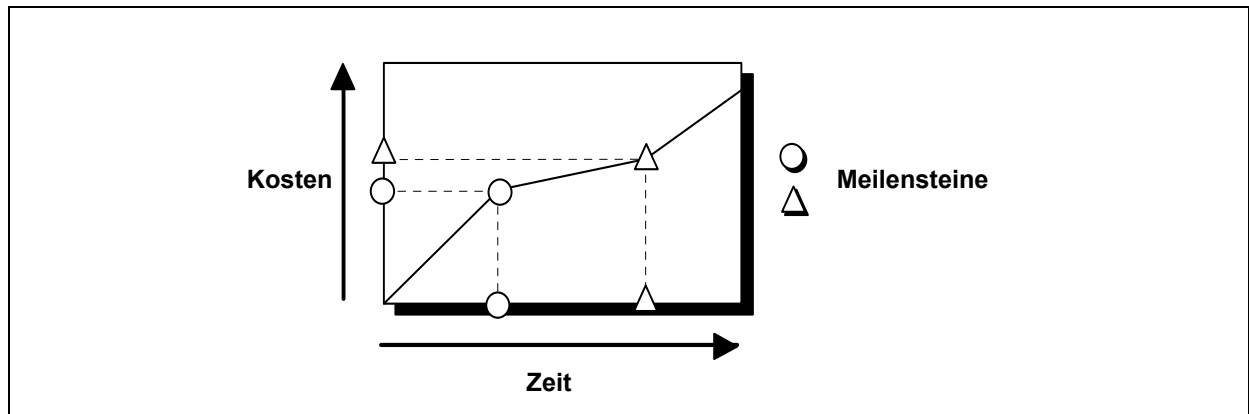


Abbildung 3-1: Projekt-Fortschritt

Voraussetzung für die Messung von Prozeß-Kenngrößen ist es, daß der betrachtete Innovationsprozeß gut strukturierbar ist. Oftmals geht man davon aus, daß dies erst im Bereich der angewandten Forschung bzw. in der Entwicklung möglich ist. Im folgenden Phasenschema wird versucht, ein allgemeines, einheitliches Ablaufschema für F&E-Projekte mit entsprechend definierten Meilensteinen festzulegen (Tabelle 3-4). Um im konkreten Falle eine aussagefähige Messung zu erlauben, muß die obige generelle Einteilung projektindividuell angepaßt werden.

Mit der Phasengliederung muß auch eine Gliederung der Kosten und Aufwände sowie der Zeitabschnitte durchgeführt werden. Die Projektparameter müssen nicht nur im Voraus geplant werden, sondern auch vom Projektmanagement aktualisiert werden. Nach Ende des Projektes müssen alle wichtigen Projektgeschehnisse zusammengetragen und dokumentiert werden, um für zukünftige Projekte eine Datenbasis zu schaffen.

Grundsätzlich gehört das Realisierungscontrolling sowie die Erfahrungssicherung nach Projektabschluß zu den Aufgaben eines F&E-Controllings. Die Projektplanung, Führung und Verfolgung von Projekten wird durch ein meist separates Projektmanagement erledigt. Ein vorhandenes Projektmanagement und F&E-Controlling ist somit Voraussetzung für die Erfassung projekt-/prozeßspezifischer Kenngrößen. Die Aufgabe des Projektcontrollings, komplexe Prozesse in F&E-Projekten transparent zu machen und eine objektive Einschätzung des Projektfortschritts darzulegen, stellt eine der wichtigsten Voraussetzungen einer systematischen Verbesserung der Effizienz und Effektivität von F&E-Projekten dar<sup>206</sup>.

206 Vgl. Specht, G./Beckmann, C., F&E-Management, 1996, S. 354; Lewis, C., R&D projects, 1993, S. 43 ff.

Standard-Projekttablauf für neue Produkte		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Verantwortliche Stelle</li> <li>○ Mitarbeitende Stelle</li> <li>◇ Entscheider</li> <li>PM Projektmanagement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>V Vertrieb, Marketing</li> <li>E Entwicklung</li> <li>P Produktion</li> <li>Q Qualitätswesen</li> <li>C Controlling</li> </ul>					
Phasen	lfd. Nr.	Arbeitsschritte, Aktivitäten	Zuständige Stellen					
			PM	V	E	P	Q	C
Phase I Planung	1	● Projektantrag stellen						
	2	- Projektantrag genehmigen	◇					
	3	- PM und Team einsetzen	●					
	4	- Aufgaben konkretisieren		○	○	○		
	5	● Vorfeld-, Konzeptentwicklung			○	●		
	6	- Ergebnisbericht verfassen			●			
	7	- Kostenschätzung durchführen		●	○	○		○
	8	● Projektierung genehmigen	◇					
	9	- Projektteam zusammenstellen		●	○	○	○	
	10	- Anforderungsprofil erarbeiten		●	○	○	○	
	11	- Projektübersicht, Kosten, Termine		●	○	○	○	
	12	- Vergleichsangebote einholen			○			
	13	- Umsatz-, Ertragsschätzung			●			○
	14	- Entwicklungsauftrag formulieren		●	○	○	○	
	15	- Freigabe Entwicklung	◇	○				
Phase II Entwicklung	16	● Labormuster entwickeln			●			
	17	- Zwischen- und Prüfbericht		○	●			○
	18	- Anforderungen Vertrieb präsentieren		○	●			
	19	- Anforderungen Produktion präsentieren		○			●	
	20	- Qualitätsprüfungen			○			●
	21	- Patentprüfungen			●			
	22	- Vorläufige Ertragsrechnung		○	○			●
	23	- Zwischenpräsentation		●	○	○	○	
	24	- Funktionsmuster genehmigen	◇					
	25	● Prototyp entwickeln			●			
	26	- Prototyp prüfen			○			●
	27	- Ergebnisbericht Prototypprüfung		○	●			
	28	- Machbarkeitstests			○	○		
	29	- Vorläufiges Vertriebskonzept		○	●			
	30	- Vorläufiges Produktionskonzept		○			●	
	31	- Genaue Ergebnisrechnung			○			●
	32	- Investitionsantrag formulieren		●	○	○	○	
	33	- Freigabe Investition, Realisierung	◇					
Phase III Realisierung	34	● 0-Serie vorbereiten			○		○	
	35	- 0-Serie fertigen und prüfen			○		●	
	36	- Technische Produktfreigabe	◇					
	37	- Begleitprojekt festlegen			○		●	
	38	- Fertigungskonzept erarbeiten			○		●	
	39	- Endgültiges Vertriebskonzept		●				
	40	- Genaue Ergebnisrechnung			○			●
	41	- Zwischenpräsentation		●	○	○	○	
	42	- Freigabe Serie	◇					
	43	● Serie, AV, Stückzahl, Termin		○			●	
	44	- Anlagen umstellen, einrichten					●	
	45	- Serie fertigen					●	
	46	- Qualitätsprüfungen						●
	47	- Nachkalkulation, Ergebnisrechnung		○		○		●
	48	- Schlußpräsentation, Dokumentation		●	○	○	○	○
	49	- Freigabe, Markteinführung	◇					
	50	● Markteinführung (nach Plan)		○	●			
51	- Beseitigung Anfangsmängel		○	●	○	○		
		- Projekt-ENDE		○				

Tabelle 3-4: Ablaufschema für F&E-Projekte inkl. Nutzungsphase (Quelle: Geschka, H., Zeit, 1993, S. 79)

Die Messung kann entweder simultan mit der Durchführung des Projektes oder nach Beendigung des Projektes erfolgen. Die prozeßspezifischen Kenngrößen können sich auf ein individuelles Projekt oder auf eine Anzahl von Projekten gleichzeitig beziehen.

Als Quellen während der Projektdurchführung dienen Meilenstein- und Projektzwischenberichte mit den Aufzeichnungen der Projektdimensionen Zeiten, Kosten und Sachfortschritt. Während Zeiten und Kosten relativ einfach zu kontrollieren sind, ist der wichtigste Parameter

„Sachfortschritt“ nur indirekt zu messen. Der Sachfortschritt gliedert sich auf in Produkt- und Projektfortschritt. Der Produktfortschritt zeigt die Zielerreichung bestimmter vorgegebener technischer Daten, z.B. die Erreichung von bestimmten Datenübertragungsraten, Speicherdichten, Motorleistungen oder Endgeschwindigkeiten. Beim Projektfortschritt wird der Fertigstellungsgrad von Arbeitsschritten im Rahmen des Projektes und damit indirekt die Erreichung der vorgegebenen Produktziele betrachtet.

Quellen für die Erfassung der prozeßspezifischen Kenngrößen nach Projektbeendigung ergeben sich im Rahmen einer Projektabschlußanalyse. Dazu gehört die Nachkalkulation der im Projektplan beschriebenen Kosten- und Aufwandsziele und damit verbunden eine kostenmäßige Projektbewertung. Die Abweichungsanalyse dokumentiert die Ursachen der Abweichungen und die Wirkung von Maßnahmen zur Einhaltung der ursprünglichen Pläne. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse schließlich bewertet das Projekt und das Produkt unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten (z.B. Nutzen oder Rentabilität)<sup>207</sup>.

Die Projektabschlußanalyse dient nicht nur einer abschließenden Bewertung eines Projektes sondern auch der Sicherung der im Rahmen des Projektes gewonnenen Erfahrungen. Die wohl aufwendigste Art der Erfahrungssicherung ist die Ablage der Projekterfahrungen in sogenannten Erfahrungsdatenbanken bzw. die Erstellung und Verifizierung von Kennzahlensystemen<sup>208</sup>. Diese dienen in späteren Projekten dann beispielsweise der Aufwandschätzung. Erfahrungsdatenbanken können zur Bewertung einzelner Projekte im Kontext früherer Vorhaben verwendet werden. Andererseits sind Erfahrungsdatenbanken auch hervorragend geeignet, allgemeine Aussagen über eine Zeitreihe von Projekten zu treffen.

Der Ansatz der prozeßspezifischen Messung von F&E-Effizienz ist in der Unternehmenspraxis im Rahmen des Controllings weit verbreitet. Mit den Instrumenten des Projektmanagement steht auch eine gute Basis für die prozeßbezogene Messung zur Verfügung<sup>209</sup>. In einer Umfrage von 1988 wurde festgestellt, daß 81,4% der befragten deutschen Unternehmen Zeit- und Kostenkontrollen, 10,7% ausschließlich Kosten und 7,9% keine Kontrollen vornehmen<sup>210</sup>. In einer amerikanischen Umfrage wird die Wichtigkeit von Prozeß-Kenngrößen bestätigt. Moser berichtet in dieser Umfrage weiter, daß unter den 13 wichtigsten Kenngrößen zur Messung der F&E-Leistung in amerikanischen Unternehmen zwei Projekt-Kenngrößen

---

207 Vgl. Burghardt, M., Projektmanagement, 1988, S. 381 ff.

208 Eine Auswahl von Kennzahlen, getrennt nach produktorientierten, projektorientierten, prozeßorientierten und netzplanorientierten Kennzahlen findet man bei Burghardt, M., Projektmanagement, 1988, S. 393 ff.

209 Vgl. Gentner, A., Entwurf eines Kennzahlensystems, 1994, S. 33.

210 Vgl. Brockhoff, K., Forschung, 1992, S. 330.

ßen stehen: „Zahl der rechtzeitig abgearbeiteten Arbeitspakete“ und „Prozentsatz der abgeschlossenen Projekte“<sup>211</sup>.

Andere Aussagen gibt es allerdings bei der Anwendung für Innovationsprojekte. Laut Uhlmann gibt es in 59% aller von ihm untersuchten Innovationen regelmäßige, periodische Kontrollen bezüglich der Einhaltung von Zeiten, Kosten und Leistungen. In mehr als einem Drittel aller Fälle geschieht dies monatlich. Immerhin wurden aber bei über 40% der 201 untersuchten Innovationen Zeiten und Fristen weder vorgegeben noch kontrolliert<sup>212</sup>.

1992 führte die Unternehmensberatung Arthur D. Little eine weltweite Umfrage bezüglich der Verwendung von Output- und Projekt-Kenngrößen zur Steuerung von Innovationsprozessen durch. Befragt wurden 700 Führungskräfte, davon 512 amtierende oder stellvertretende Geschäftsführer und Vorstände<sup>213</sup>. Wie die Umfrage zeigt, wurden Output-Kenngrößen mit 53% durchschnittlich sehr viel häufiger eingesetzt als Prozeß-Kenngrößen ( $\emptyset = 44\%$ ). Während es bei den Output-Kenngrößen kaum signifikante Unterschiede im Gebrauch von bestimmten Kenngrößen gibt, stellt man für die Prozeß-Kenngrößen eine deutliche Polarisierung fest (vgl. Abbildung 3-2).

Prozeßkenngrößen werden eher in japanischen als in den amerikanischen oder europäischen Firmen angewendet. Während sich japanische Unternehmen insbesondere auf die Betrachtung der Planungsqualität und die Zeiteinhaltung beschränken, verwenden die Unternehmen in den USA eher eine breitere Palette von Prozeßkenngrößen. Europäische Firmen favorisieren dagegen die Kenngrößen „Zeiteinhaltung“, „Prozeßqualität“ und „Qualität der ersten Ingenieurstudien“.

---

211 Vgl. Moser, M.R., Performance, 1985, S. 32.

212 Vgl. Uhlmann, L., Innovationsprozeß, 1978, S. 115.

213 Vgl. Nayak, P.R., Effectiveness, 1992, S. 50 ff.

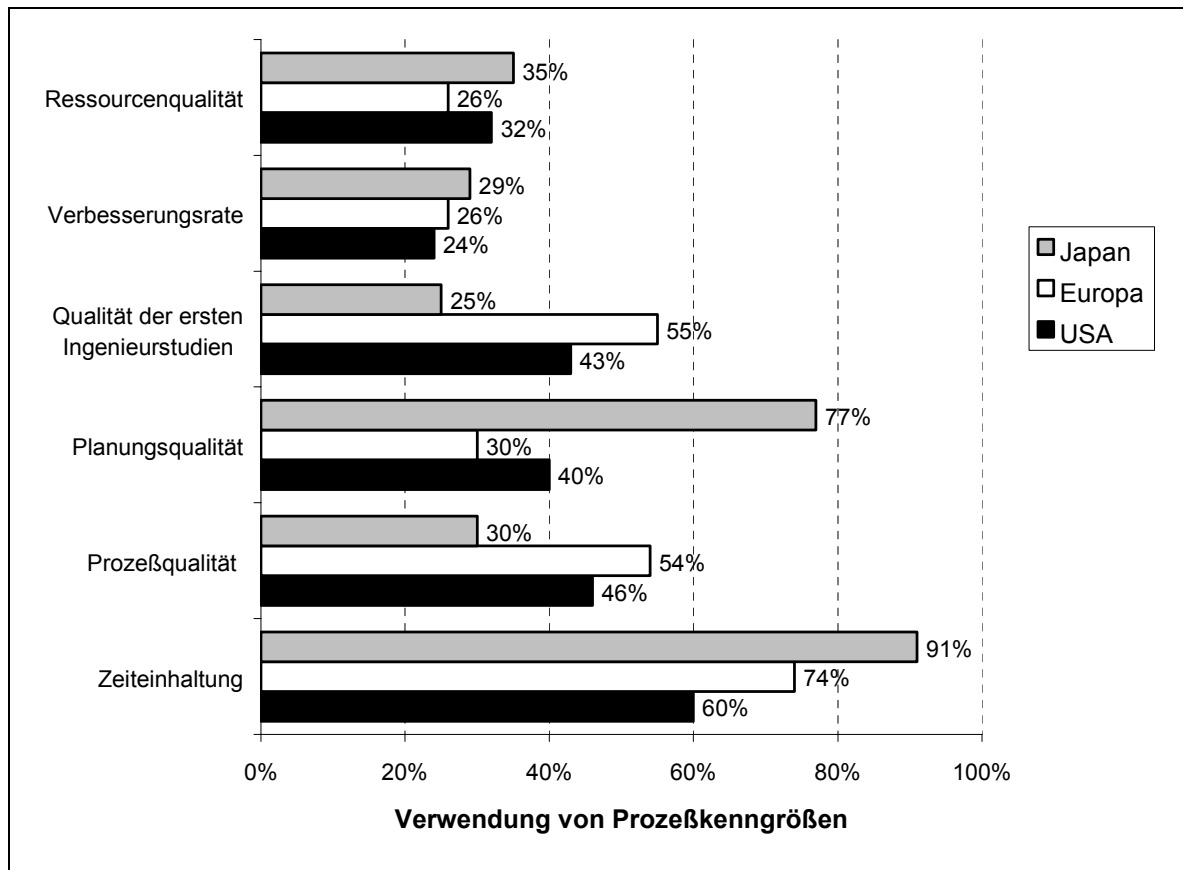


Abbildung 3-2: Verwendung von Prozeß-Kenngrößen (Quelle: Nayak, P.R., *Effectiveness*, 1992, S. 52)

### Klassifikation der Kenngrößen

Aufgrund der gut entwickelten Instrumente beim Projektmanagement und Projektcontrolling gibt es eine ganze Reihe von Kenngrößen, die zur Messung der Effizienz und Effektivität von Forschungs- und Entwicklungsprozessen geeignet sind.

Die Einteilung der verschiedenen Kenngrößen erfolgt zum einen mit Hilfe der oben beschriebenen elementaren Projektdimensionen Aufwand/Kosten, Zeit und Sachfortschritt. Zum anderen erfolgt die Untergliederung nach projektgebundenen und projektübergreifenden Kenngrößen. Projektgebundene Kenngrößen beziehen sich – im Gegensatz zu projektübergreifenden Größen – auf individuelle Projekte, zum Teil sogar auf individuelle Projektphasen und lassen sich bereits simultan zur Projektarbeit bestimmen. Als eindimensional werden alle projektgebundenen Kenngrößen bezeichnet, die sich nur auf eine der elementaren Dimensionen zur Projektsteuerung beziehen. Zweidimensionale Kenngrößen hingegen beziehen sich gleichzeitig auf zwei Projektparameter, beispielsweise auf die Zeit- und Kostensituation (vgl. Tabelle 3-5).

## Beschreibung der Kenngrößen

### *Projektgebundene Kenngrößen*

Zur Durchführung der Effizienzmessung über die Projektfortschrittsmessung benötigt man folgende Angaben, die üblicherweise für ein Projekt aus dem Pflichtenheft abzuleiten sind<sup>214</sup>:

1. eine Liste von Meilensteinen, die die zu erbringenden Leistungen (Sachfortschritt) definiert
2. eine Vorstellung über die benötigten Inputs zur Erreichung der Meilensteine in Form von
  - Aufwand (Kosten) und
  - Zeitvorgaben

Die zu erbringenden Leistungen sind also fest vorgegeben, die Kosten und der Zeitaufwand werden je nach der Durchführungseffizienz variieren.

### a) Eindimensionale Kenngrößen

Prozeßspezifische, eindimensionale Kenngrößen beziehen sich auf jeweils eine der drei Projektparameter Zeit, Kosten und Sachfortschritt. Diese können zu bestimmten Meilensteinen innerhalb oder nach Beendigung des Projekts (nach dem letzten Meilenstein) gemessen werden.

---

214 Vgl. Brockhoff, K., Forschung, 1992, S. 340.

		Sachfortschritt		Aufwand/Kosten	Zeit
		Produktfortschritt	Projektfortschritt	(Prozeß)	(Prozeß)
<i>Projekt-gebundene Messung</i>	<i>eindimensional</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfüllungsgrad von Anforderungen aus dem Pflichtenheft</li> <li>• Zahl der noch auftretenden Fehler</li> <li>• Änderungsquote</li> <li>• Einhaltung der (Produkt-) Zielkosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erreichte Meilensteine</li> <li>• Zahl der abgeschlossenen Arbeitspakete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektkosteneinhaltung (Kostentreue)</li> <li>• Plankosten-Index</li> <li>• Phasenmäßige Kosten/ Aufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeiteinhaltung (Termintreue)</li> <li>• Plantermin-Index</li> </ul>
	<i>zweidimensional</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meilenstein -</li> </ul>		<del> </del>	- Trendanalyse
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten-Trend-Analyse</li> </ul>		<del> </del>	<del> </del>
<i>zweidimensional</i>		<del> </del>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten-Termin-Bericht / Kosten-Termin-Barometer</li> <li>• Kosten/Zeit-Kurve Kostenverlaufskurven</li> <li>• Projektfortschrittsbericht</li> <li>• Ressourcenverbrauch</li> <li>• Abweichungsanalyse</li> </ul>
<i>Projektübergreifende Messung</i>	<i>Prozeßqualität</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Projekt-Planungsqualität:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anzahl zeitkritischer Vorgänge/gesamte Vorgänge</li> <li>- Pufferweite</li> <li>- Projektüberstundenrate</li> </ul> </li> <li>• <u>Projekt-Abweichungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zahl der Planabweichungen (bzgl. Terminen/Kosten/Aufwänden)</li> <li>- Umfang/Ursache von Termin-/Kostenverzügen</li> <li>- Zahl der Planrevisionen</li> </ul> </li> <li>• <u>Projekt-Abbrüche:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zahl der Projektabbrüche</li> <li>- Zeitpunkt / Phase von Projektabbrüchen</li> <li>- Ursachen für Projektabbrüche</li> <li>- Kosten / Aufwand bis zum Projektabbruch</li> </ul> </li> </ul>			
	<i>Prozeßkosten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozeßkostenrechnung in F&amp;E</li> </ul>			

Tabelle 3-5: Klassifikation der prozeßbezogenen Kenngrößen zur Messung der Effizienz und Effektivität in F&E

### a.1) Sachfortschritt

Im Gegensatz zur Zeit- und Kostenkontrolle ist die Kontrolle des Sachfortschritts nur mittelbar möglich<sup>215</sup>. Er kann über den Produktfortschritt oder den Projektfortschritt gemessen werden. Kenngrößen zum Produktfortschritt sagen aus, inwieweit Leistungsmerkmale des zu entwickelnden Produktes im Laufe des Projekts erreicht werden:

$$\text{Erfüllungsgrad [\%]} = \frac{\text{Erreichte Leistungsdaten}}{\text{Geforderte Leistungsdaten}}$$

$$\text{Abweichung [\%]} = \frac{\Delta \text{Leistungsdaten}}{\text{Geforderte Leistungsdaten}}$$

Die erreichten Leistungsdaten können in einem Produktfortschrittsdiagramm graphisch über der Zeit sichtbar gemacht werden.

Ergänzend kann man die Änderungsquote nach bestimmten Projektphasen messen<sup>216</sup>. Das kaufmännische Pendant zu technischen Produktfortschritten ist die Einhaltung bestimmter Produkt-Zielkosten. Diese Kenngröße ist besonders dann interessant, wenn, wie in vielen Entwicklungsbereichen inzwischen üblich, Target-costing-Verfahren<sup>217</sup> angewendet werden. Der Projektfortschritt wird mit dem Fertigstellungsgrad, also dem Verhältnis der Anzahl der erreichten Meilensteine oder abgeschlossener Arbeitspakete zur Gesamtzahl der Meilensteine/Arbeitspakete beschrieben<sup>218</sup>:

$$\text{Fertigstellungsgrad [\%]} = \frac{\sum \text{abgeschlossene Arbeitspakete}}{\sum \text{aller Arbeitspakete}}$$

---

215 Vgl. Burghardt, M., Projektmanagement, 1988, S. 304.

216 Vgl. Burghardt, M., Projektmanagement, 1988, S. 393, Tabelle 5.4. Zu Änderungskosten vgl. Gaiser, B., Produktentwicklung, S. 15.

217 Als Vorläufer von Target costing im Projektmanagement nennt Madauss das „Design-to-cost“-Konzept, vgl. Madauss, B., Projektmanagement, 1990, S. 265 ff.; Friedmann, O., Target Costing, 1997, S. 8 ff.; Roesler, F., Target costing, 1996, S. 45 ff.

218 Vgl. Burghardt, M., Projektmanagement, 1988, S. 306 ff.