

# Risikobewertung von Technologieprojekten in der Produktentwicklung

Michael Schabacker

Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

Abstract: Dieses Paper beschreibt ein Vorgehensmodell zur Bewertung von Technologieprojekten. Bei der Entwicklung von innovativen Produkten oder Dienstleistungen stehen in der Regel kaum Erfahrungswerte aus Vorgängerprojekten zur Verfügung. Daher können die in der Praxis häufig eingesetzten Nettobarwertmethode und Value-based Management-Ansätze keine Prognose über die zukünftigen Rückzahlungen und keine Schätzung der erwarteten Rendite des Technologieprojektes treffen. Mithilfe dieses Vorgehensmodells und des BAPM<sup>®</sup>-Verfahren aus [1], welches die Nutzenrendite von eingesetzten Technologien bewertet, kann nun die Nutzenrendite eines Technologieprojektes ermittelt werden.

## 1 Einführung

Die kurzfristige Entwicklung neuer Produkte, verbunden mit einem frühzeitigen Markteintritt (Time-to-Market), hat sich zum entscheidenden Kriterium für den Markterfolg eines Unternehmens entwickelt. Der „erste Anbieter“ sichert sich insbesondere in innovationsintensiven Bereichen häufig die Marktführerschaft vor seinen Mitbewerbern und damit durch beträchtliche Gewinne die Chance einer raschen Amortisation von Investitionen.

Daher sind weitere wesentliche Schlüsselfaktoren für die Zukunft eines Unternehmens Kreativität und Innovationsfähigkeit seiner Produktentwicklung. Das Bestreben, einerseits innovative, qualitativ immer hochwertigere Produkte zu entwickeln und andererseits die Zeitspannen von der Idee bis zur Marktreife für ein Produkt stetig zu verkürzen, stellt die Unternehmen hinsichtlich Reaktionsfähigkeit auf sich verändernde Marktbedingungen und Kundenbedürfnissen vor große Herausforderungen. Erfolgreiche Produkte zeichnen sich durch ausgereifte und neuartige Funktionalitäten, den direkt ersichtlichen Kundennutzen und eine meist verblüffende Einfachheit aus. Um Produkte mit diesen Anforderungen zu entwickeln, muß vor allem der Ideenfindungsprozeß bei der Entwicklung eines Produktes unter methodischen, organisatorischen und technologischen Aspekten durchgeführt werden [2]. Ebenso rückt der Mensch in den Mittelpunkt der Bemühungen um Verbesserungen und Effizienzsteigerungen. Neben der Fachkompetenz wird vermehrt auch die Methoden- und Sozialkompetenz gefordert [3].

## 2 Prozeßmanagement

In den 90er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts fand daher in den Unternehmen der Übergang von den traditionellen Strukturen und der konsolidierten Ablauforganisation zur Prozeßorganisation statt. Die Konzentration auf Prozesse verlangt die Schaffung einer integrierten Struktur, in der die funktional definierten Abteilungsbereiche durchlässiger und auf die Erwartungen der Konsumenten und der übrigen „Stakeholder“ (z. B. Mitarbeiter, Kapitalgeber, Zulieferanten, Gesellschaft) ausgerichtet werden. In dem Maße, wie das Denken und Handeln in getrennten Funktionen an Bedeutung abnimmt, steigt die Notwendigkeit interfunktionaler Strukturen [4]. Die Unternehmen werden daher zu Netzwerken:

- Individuen aus verschiedenen Abteilungsbereichen, hierarchischen Ebenen und Einheiten arbeiten gemeinsam an der Zufriedenstellung aller Stakeholders.
- Strategische Geschäftseinheiten sind um die Schlüsselfähigkeiten des Unternehmens gruppiert.
- Zulieferanten liefern bei Bedarf Komponenten, Halbfertigprodukte und Dienstleistungen.

Da ein Prozeß aus miteinander verbundenen Aktivitäten mit Angabe ihrer jeweiligen Dauer oder Teilprozessen zur Bearbeitung einer Aufgabe besteht [1], liegt der Fokus nach Gaitanides auf „planerische, organisatorische und kontrollierende Maßnahmen zur zielorientierten Steuerung der Wertschöpfungskette eines Unternehmens hinsichtlich Qualität, Zeit, Kosten und Kundenzufriedenheit“ [5]. Gaitanides prägte dafür den Begriff Prozeßmanagement, dessen eigentlicher Ursprung in den Untersuchungen von Bewegungsstudien von Frank B. Gilbreth und Lilian M. Gilbreth ([6], [7]) zu finden ist.

In zahlreichen Veröffentlichungen (u. a. in [5], [8] - [12]) werden die Prozesse im Unternehmensumfeld auch als Geschäftsprozesse (Business processes) bezeichnet.

Bei der Organisation von Prozessen können Aktivitäten mit Zielen koordiniert werden, d. h. „Ziele beschreiben

angestrebte Zustände bzw. erwünschte Wirkungen des zu gestaltenden Bereiches“ [13]. Diese Ziele werden hier als Prozeßziele bezeichnet. Beispiele sind die

- Minimierung der Prozeßzeit, d. h. die Minimierung der Durchlaufzeit eines Prozesses
- Minimierung von Prozeßkosten, d. h. die Minimierung von Kosten, die für die Bearbeitung des Prozesses anfallen
- Verbesserung der Prozeßqualität, d. h. die Qualitätsverbesserung eines Prozesses, der keine Nacharbeit erfordert.

### **3 Projektmanagement**

Gerade in der Produktentwicklung führt aber Prozeßmanagement nicht weit genug, da es nur eine starre Abbildung von Aktivitäten ist. Auch hier setzte sich die Abkehr von starr getrennten Aufgaben und Aktivitäten nicht nur in funktional definierten Abteilungen immer mehr durch, sondern auch zu einer teamorientierten Projektarbeit (z. B. in [14], [15]). In Anlehnung an [16] ist ein Projekt ein Vorhaben bestehend aus einer Menge von Arbeitspaketen, das gekennzeichnet ist durch [17]

- Klar definierte Zielsetzung
- Begrenzte Zeitspanne für die Bearbeitung mit eindeutig definiertem Anfangs- und Endpunkt
- Hohe Komplexität bezüglich der Problemstellung, des Lösungsweges oder der beteiligten Stakeholders
- Neuartige Ziele oder Methoden bezüglich Technik, Markt, Organisation oder für die Beteiligten
- Interdisziplinäre Bearbeitung verschiedener Arbeitspakete
- Unternehmenspolitische Tragweite bezüglich Auswirkung, Kosten, Risiko oder Erfolg
- Abgesteckter Finanzrahmen.

Management ist nach [16] die Leitung soziotechnischer Systeme in personen- und sachbezogener Hinsicht mit Hilfe von Methoden. Projektmanagement bedeutet also die Leitung eines Projekts und die das Projekt leitende Institution.

Im allgemeinen lassen sich die vielfältigen Ziele, die mit dem Einsatz des Projektmanagements verbunden sind, auf drei grundlegende Projektziele eingrenzen [18]:

- Projektzeit, d. h. Einhaltung von Terminen
- Projektkosten, d. h. Begrenzung der Kosten, die für die Bearbeitung des Prozesses anfallen
- Projektqualität, d. h. Qualitätsverbesserung eines Projektes, der keine Nacharbeit erfordert.

Beispiele für Prozesse, bei denen sich Projektmanagement schon oft bewährt hat, sind Entwicklung neuer Produkte oder Dienstleistungen, Bauprojekte, Abwicklung von Kundenaufträgen, IT-Projekte und Veranstaltungen.

Im folgenden wird die Entwicklung neuer Produkte oder Dienstleistungen als *Technologieprojekt* bezeichnet.

### **4 Heutige Bewertung von Technologieprojekten**

Wird ein neues Produkt oder Dienstleistung entwickelt, so interessieren sich Führungskräfte, ob und welche Technologieprojekte sie angehen sollen oder nicht. Hierzu müssen sie unter verschiedenen Alternativen wählen. Um rational zu wählen, müssen sie in der Lage sein, den Beitrag der konkurrierenden Investitionsmöglichkeiten an den Unternehmenswert festzustellen und diejenige Alternative zu wählen, welche den größten Beitrag leistet. Dies geschieht sehr häufig mit der Nettobarwertmethode. Unternehmen realisieren hier diejenigen Projekte, welche einen positiven Nettobarwert (engl. net present value) erzielen bzw. bei begrenztem Kapital dasjenige Projekt, welches den höchsten Nettobarwert schöpft. Obwohl die Nettobarwertmethode das ökonomisch korrekte

Investitionskriterium ist, existieren in der Praxis noch andere Ansätze, die mehr oder weniger vom Gedanken der Nettobarwertmethode abweichen [19]. Diese sind unter Value-based Management-Ansätze bekannt [1]:

- Shareholder-Value-Analyse ist ein Verfahren zur Unternehmensbewertung und schätzt den wirtschaftlichen Wert einer Investition durch die prognostizierten Cash-Flows [20], d. h. Quantifizierung von Unternehmensstrategien als Bindeglied zwischen qualitativer Strategieplanung und operativer Mittelfristplanung [21]
- Stakeholder-Value-Konzept ist eine Erweiterung der Shareholder-Value-Analyse, um auch Interessen z. B. von Mitarbeitern als nur von den Kapitaleignern berücksichtigen zu können [22]
- Economic Value Added (EVA) zur zukunftsorientierten Unternehmens- bzw. Projektbewertung wie auch zur historischen Leistungsmessung [23]
- Weitere Shareholder-Value orientierte Ansätze (zusammengestellt in [23]): Discounted Cash Flow (DCF), Economic Profit, Cash Flow Return on Investment (CFROI), Added Value, Market Value Added (MVA)

Jedoch haben die Nettobarwertmethode und die Value-based Management-Ansätze zwei gravierende Nachteile: zum einen in der Prognose der zukünftigen Rückzahlungen (Netto Cash Flows), zum anderen in der Schätzung der erwarteten Rendite des Technologieprojektes. Weil kaum Erfahrungswissen aus Vorgängerprojekten angewendet werden kann, gestaltet sich die Bewertung der erwarteten Rendite von neuen Technologieprojekten in der Regel als sehr schwierig. Im folgenden wird nun beschrieben, wie aus der zweiten Kapitalmarktvariable Risiko mit den Konzepten des Risikomanagements die erwartete Nutzenrendite eines Technologieprojekts ermittelt werden kann.

## 5 Risikoanalyse von Technologieprojekten

Risiko ist ein negatives, unerwünschtes und unerwartetes Ereignis, das zu Schäden führt und durch die beiden Dimensionen Schadenspotential und Eintrittswahrscheinlichkeit/erwartete Häufigkeit bestimmt wird. Diese Risikodefinition hat ihren Ursprung in den Ingenieurwissenschaften. Das Risiko als Ereignis (z. B. Vermögensverlust aus einem bestimmten Szenario) kann beschrieben werden als

$$R = W * A, \text{ mit}$$

R = Risikokennzahl, W = Eintrittswahrscheinlichkeit/erwartete Häufigkeit, A = Ausmaß (Schadenspotential).

Sowohl W als auch A lassen sich meist quantifizieren (Beispiele siehe in Tabelle 1 und 2).

W	Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit	Eintrittswahrscheinlichkeit
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz vorhandener Methoden und Verfahren in Konstruktion und Fertigung</li> <li>• Große Erfahrung des Produkteinsatzes</li> </ul>	unwahrscheinlich
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modifikation vorhandener Methoden und Verfahren in Konstruktion und Fertigung</li> <li>• Geringe Erfahrung des Produkteinsatzes</li> </ul>	selten
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutliche Abweichung von vorhandenen Methoden und Verfahren in Konstruktion und Fertigung</li> <li>• Keine ausreichende Erfahrung des Produkteinsatzes</li> </ul>	möglich
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neuartige Methoden und Verfahren in Konstruktion und Fertigung</li> <li>• Eventuell negative Erfahrung des Produkteinsatzes</li> </ul>	häufig

Tabelle 1: Werte für die Variable W (Eintrittswahrscheinlichkeit)

A	Charakter des Ausmaßes	Ausmaß
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine bzw. nur sehr kleine Auswirkung auf Projektzeit, Projektkosten und Projektqualität</li> <li>• Ohne Einfluß auf Wettbewerbssituation des Unternehmens</li> </ul>	unbedeutend
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Auswirkung auf Projektzeit, Projektkosten und Projektqualität</li> <li>• Geringer Einfluß auf Wettbewerbssituation des Unternehmens</li> </ul>	spürbar
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutliche Auswirkung auf Projektzeit, Projektkosten und Projektqualität</li> <li>• Deutlicher Einfluß auf Wettbewerbssituation des Unternehmens</li> </ul>	kritisch
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Große Auswirkung auf Projektzeit, Projektkosten und Projektqualität</li> <li>• Wettbewerbssituation des Unternehmens gefährdet</li> </ul>	katastrophal

Tabelle 2: Werte für die Variable A (Ausmaß)

Nach Ermittlung der Risikokennzahl R aus der Multiplikation der Variablen W und A wird ein Raster gebildet, aus der Vorgehensweisen für das Technologieprojekt abgeleitet werden können [24] (Bild 1).

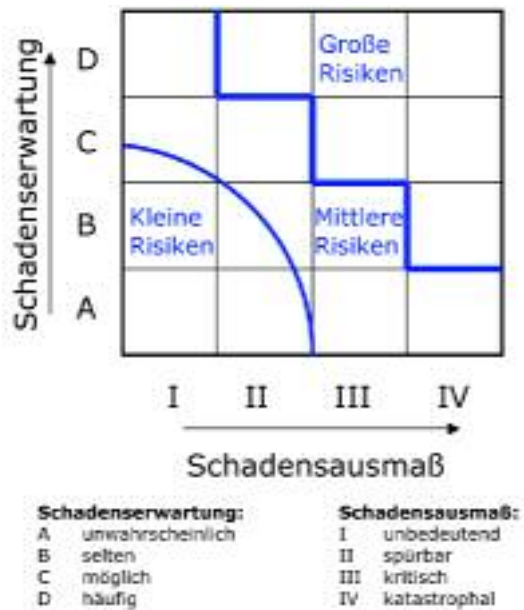


Bild 1: Klassifizierung von Risikoereignissen [24]

Allerdings kann aus der Risikokennzahl  $R$  keine monetär quantifizierbare Größe abgeleitet werden, um diese mit den Kosten des Technologieprojektes für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung entgegenstellen zu können. Daher wird noch eine weitere Definition benötigt [24]:

„Eine Wahrscheinlichkeitsverteilung von Ereignissen wird bestimmt durch den Mittelwert und durch die Streuung der Ergebnisse um diesen Mittelwert. Die Streuung, auch Standardabweichung genannt, ist das Maß für das Risiko.“

Diese Definition von Risiko ist weit verbreitet und kommt sowohl in der Entscheidungstheorie, in der Versicherungsmathematik und in der modernen Portfoliotheorie nach Markowitz [25] zu vielfältiger Anwendung. Die Versicherungsmathematik beschreibt auf diese Art Schadensverteilungen, der Kapitalmarkt das Risiko von einzelnen Kapitalmarktanlagen, wie z. B. von Aktien (Streuung des Kurses um den Mittelwert). Der Begriff für dieses Streumaß ist die Varianz oder die Volatilität.

Wenn man eine Vielzahl von Risiken in einem Portfolio zusammenfaßt, wird das versicherungstechnische Risiko verringert. Genauso ist es im Bereich der Kapitalmarktanlagen: bringt man in einem Portfolio eine Vielzahl von einzelnen Kapitalmarktanlagen mit unterschiedlichen Streuungen zusammen, so kann dadurch ein Teil der unsystematischen Risiken (d. h. die individuellen, nicht voneinander abhängigen Risiken) wegdiversifiziert werden. Wie in einem Versicherungsportfolio streben dann diese Risiken mit zunehmender Zahl gegen 0. Ein anderer Teil der Risiken, die sog. systematische Risiken, aber bleibt erhalten, weil die risikobeeinflussenden Faktoren sich auf mehrere Einzelanlagen im Portfolio gleichzeitig auswirken. Ihre Ursachen liegen z. B. in der Konjunktur oder in der Veränderung des Marktzinssatzes.

## 6 Vorgehensmodell zur Bewertung von Technologieprojekten

In der folgenden Vorgehensweise kann in fünf Schritten die Nutzenrendite eines Technologieprojektes monetär ermittelt werden:

- *Definition und Modellierung des Technologieprojektes:* Im ersten Schritt wird das Technologieprojekt durch eine Projektbeschreibung anhand der durchzuführenden Prozeßaktivitäten mit Qualifikationsprofilen der Ressourcen, deren Stundensätze und Zeiten sowie die zur Durchführung notwendigen Werkzeugen und Materialien aufgenommen, die ein systematisches Vorgehen zur Erreichung der Projektziele gewährleisten.
- *Ermittlung der Kosten des Technologieprojektes:* Im zweiten Schritt können in einer ersten Technologieprojektsimulation die Durchlaufzeit und die Kosten eines Technologieprojektes ermittelt werden. Die ermittelten Kosten sind für die monetäre Ermittlung der Nutzenrendite von Relevanz.
- *Risikoidentifikation:* Im dritten Schritt werden „worst-case“-Betrachtungen auf die Ziele des Technologieprojektes und die Durchführung der einzelnen Prozeßaktivitäten untersucht und daraus Risiken abgeleitet. Diese Vorgehensweise kann durch Checklisten unterstützt werden, die ein systematisches Vorgehen gewährleisten. Die Ziele des Technologieprojektes können sowohl Unternehmensziele als auch technische Ziele umfassen.
- *Risikoanalyse:* Im vierten Schritt werden die Risiken nach ihrer Identifikation mit der Variable  $W$  mit Hilfe der Tabelle 1 klassifiziert. Da aber für die Ermittlung der erwarteten Rendite %-Angaben benötigt werden, wird der Variable  $W$  entsprechend ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit die Risikobereitschaft des Investors mit einem Risiko(intervall) zugeordnet. Daraus können wiederum entsprechende Renditeintervalle aus Erfahrungen des Kapitalmarktes zugewiesen werden (Tabelle 3). Hierbei ist die Dauer der Aktivitäten im Technologieprojekt, in denen jeweils die Ziele mit den dazu zugeordneten Risiken vorkommen, zu berücksichtigen.

W	Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos	Risikobereitschaft des Investors (Risikoklassen)	Risiko [%]	Kapitalmarktanlage nach [26]	Annualisierte Renditeintervall [%] (ermittelt aus Investmentfonds-Geschäftsberichten der letzten 5 Jahre)
1	Unwahrscheinlich	Nur andeutungsweise erkennbar	0 %	Termin-/Festgeld, Geldmarktfonds	1 % - 3 %
2	Selten	Mittel	0 % - 7 %	Inlandsanleihen	2 % - 7 %
3	Möglich	Hoch	7 % - 30 %	Inländische Aktien	4 % - 20 %
4	Häufig	Extrem	> 30 %	Anleihen in Emerging Markets, Warrants	20 % - 40 %

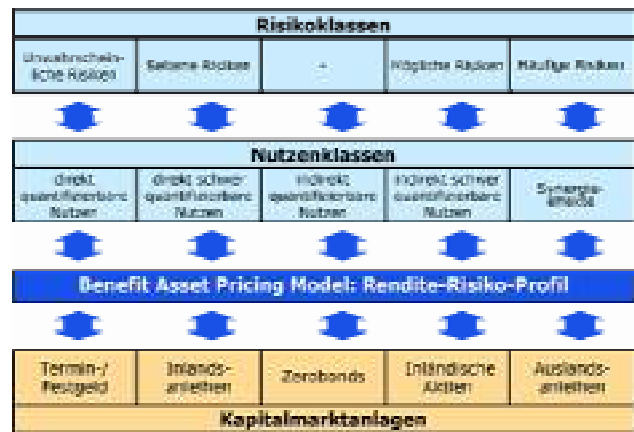
**Tabelle 3:** Ermittlung der annualisierten Renditeintervalle

- *Ermittlung der Nutzenrendite eines Technologieprojekts:* Im fünften Schritt werden die Risiken anhand ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit zu Risikoklassen für jede Aktivität im Technologieprojekt zusammengefaßt.

Die Risikoklassen bilden somit ein Portfolio und haben die gleichen Eigenschaften wie die Nutzenklassen aus [1].

Damit kann nun das BAPM<sup>®</sup>-Verfahren aus [1] angewendet werden (Bild 2). Ergebnis der Bewertung des Portfolios ist die erwartete Nutzenrendite des Technologieprojektes mit dem dazugehörigen Ausfallrisiko (engl. shortfall risk), die mit der Ausfallwahrscheinlichkeit, damit eine bestimmte vorgegebene Rendite nicht erreicht wird, gemessen wird.

Anhand einer Beispielbewertung soll nun das Vorgehensmodell nachvollzogen werden.



**Bild 2:** Nutzenzuordnung im BAPM<sup>®</sup>

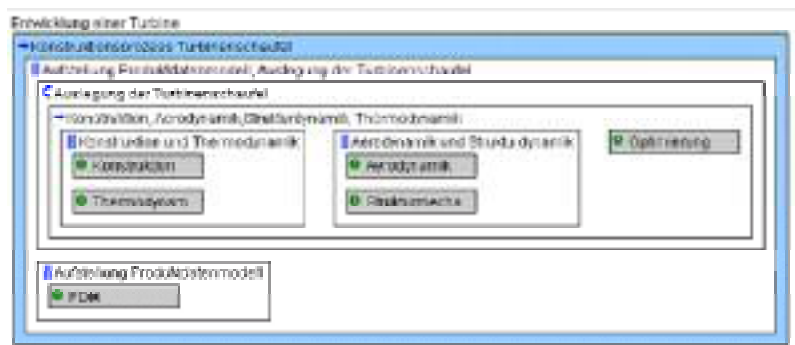
## 7 Beispielbewertung

Bei der Verwendung von neuen Materialien im Flugzeugbau müssen z. B. deren Eigenschaften und Einflüsse in Turbinenschaufeln aufwendig untersucht werden, um die Auswirkungen auf Gewichtsparsnis etc. ermitteln zu können. Es wird nun ein Technologieprojekt aufgesetzt und in mehr oder weniger detaillierter Form beschrieben. Darin sind folgende Inhalte verfügbar:

- Projektbeschreibung mit dazugehörigen Arbeitspakete
- Ziele (z. B. Gewichtsparsnis, Steigerung der Wettbewerbsposition), aus denen finanzielle, organisatorische oder technische Risiken hervorgehen
- Kosten (z. B. Personal-, Materialkosten, Fremdvergabe)
- Risikoanalyse

### Definition und Modellierung des Technologieprojektes

Das Technologieprojekt beinhaltet den Konstruktionsprozeß einer Turbinenschaufel und umfaßt die Arbeitspakete „Auslegung der Turbinenschaufel“ und „Aufstellung eines Produktdatenmodells“. (Bild 3). Das Arbeitspaket „Auslegung der Turbinenschaufel“ beinhaltet eine iterative Schleife mit den Aktivitäten „Konstruktion“, „Thermodynamik“, „Aerodynamik“, „Strukturanalyse“.



**Bild 3:** Prozeß eines Technologieprojekts

„Strukturmechanik“ und „Optimierung“. In den jeweiligen Aktivitäten ist die dazugehörige Bearbeitungszeit aufgenommen.

*Ermittlung der Kosten des Technologieprojektes*

**Entwicklung einer Turbine - Details**

ID und Bezeichnung	simulierte Gesamtzeit (Tagel)	simulierte Bearbeitungszeit (Tagel)	simulierte Kosten
(0) Konzept (aerodynamisch, Turbinenschaukel)	297,0	1346,0	400000,00 €
(00) Aufstellung Produktdatenmodell, Auslegung der Turbinenschaukel	297,0	1346,0	400000,00 €
(01) Auslegung der Turbinenschaukel	297,0	1100,0	354000,00 €
(01) Konstruktion, Aerodynamik, Strukturdynamik, Thermodynamik	300,0	540,0	300000,00 €
(02) Konstruktions- und Thermodynamik	144,0	260,0	180000,00 €
(03) Konstruktion	165,0	340,0	110000,00 €
(00) Thermodynamik	25,0	25,0	6000,00 €
(100) Aerodynamik und Strukturdynamik	55,0	160,0	110000,00 €
(101) Aerodynamik	55,0	85,0	5000,00 €
(102) Strukturmechanik	75,0	75,0	5000,00 €
(10) Optimierung	140,0	140,0	40000,00 €
(01) Konstruktion, Aerodynamik, Strukturdynamik, Thermodynamik	300,0	560,0	300000,00 €
(02) Konstruktions- und Thermodynamik	144,0	260,0	180000,00 €
(03) Konstruktion	165,0	340,0	110000,00 €
(00) Thermodynamik	25,0	25,0	6000,00 €
(100) Aerodynamik und Strukturdynamik	55,0	160,0	110000,00 €
(101) Aerodynamik	55,0	85,0	5000,00 €
(102) Strukturmechanik	75,0	75,0	5000,00 €
(10) Optimierung	140,0	140,0	40000,00 €
(110) Aufstellung Produktdatenmodell	297,0	297,0	104000,00 €
(11) PDM	297,0	297,0	104000,00 €

In einer ersten Technologieprozesssimulation werden nun die Durchlaufzeit und die Kosten eines Technologieprojektes ermittelt. Hierbei wird angenommen, daß die iterative Schleife zweimal durchlaufen wird. In Bild 4 sind die Bearbeitungszeiten und die Durchlaufzeiten anhand der Prozeßstruktur und die Bearbeitungszeiten der Teilprozesse und Aktivitäten sowie die dazugehörigen Kosten aufgelistet.

**Bild 4:** Durchlaufzeit und Kosten eines Technologieprojekts

*Risikoidentifikation*

Während der Auslegung der Turbinenschaukel und der Aufstellung des Produktdatenmodells werden vorhandene Konstruktionsmethoden und Verfahren der Thermo- und Aerodynamik sowie Strukturmechanik benutzt. Beispiele für Risiken sind sowohl für die einzelnen Aktivitäten als auch für das Technologieprojekt in Tabelle 4 dargestellt.

Aktivitäten für Entwicklung einer Turbinenschaukel	Beschreibung der Aktivitäten	Identifizierte Risiken in den Aktivitäten
Konstruktion	Modellierung der Turbinenschaukel in einem 3D-CAD-System	- Nicht alle benötigten Geometrieinformationen sind verfügbar. - Anwendungen der Konstruktionsmethoden sind nicht in ausreichendem Umfang möglich.
Thermodynamik	Auslegung der Turbinenschaukel anhand thermodynamischer Verfahren	- Lebensdauer des Produktes ist nicht ermittelbar.
Aerodynamik	Untersuchung der Turbinenschaukel unter aerodynamischen Aspekten	- Aerodynamik kann nicht in ausreichender Qualität ermittelt werden.
Strukturmechanik	Untersuchung der Turbinenschaukel unter strukturmechanischen Aspekten	- Strukturmechanik kann nicht in ausreichender Qualität ermittelt werden.
Optimierung	Optimierung der Turbinenschaukel	- Die Optimierung der Konstruktion kann nicht in ausreichender Qualität durchgeführt werden.
PDM	Aufstellung eines Produktdatenmodells	- Kein einheitliches Produktdatenmodell kann entwickelt werden.
Konstruktion Thermodynamik Aerodynamik Strukturmechanik Optimierung PDM		- Finanzierung des Projektes kann nicht sichergestellt werden. - Personelle Ressourcen stehen nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung. - Benötigte Arbeiten aus Parallelprojekten sind nicht/verspätet verfügbar.

**Tabelle 4:** Beispiele für identifizierte Risiken

## Risikoanalyse

Da die Aktivitäten eine unterschiedliche Dauer haben und der Rückfluß des eingesetzten Kapitals erst nach dem Ende des Technologieprojektes einsetzt, müssen für die im vorigen Schritt identifizierten Risiken sogenannte periodenkonforme Renditen ermittelt werden, die sich mit Hilfe der Formel

$$r_n = (1+r)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad \text{mit}$$

$r_n$  = periodenkonforme Rendite

$r$  = annualisierte Rendite

$n$  = Dauer einer Aktivität bzw. Durchlaufzeit des Technologieprojektes

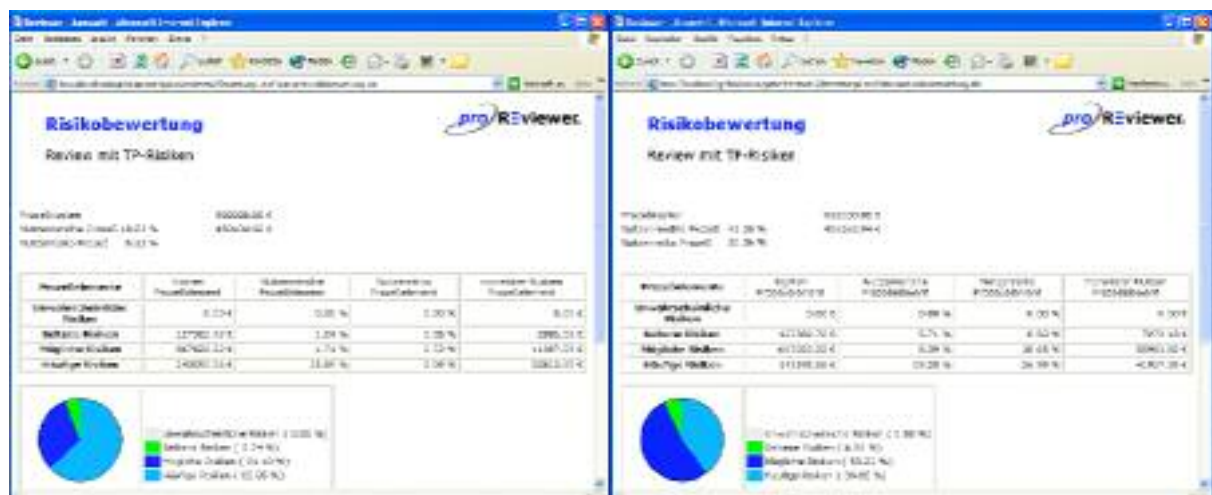
aus den annualisierten Renditeintervallen aus Tabelle 3 ergeben (Tabelle 5). Für die Umrechnung von Tagen in Jahre wird für die Variable  $n$  angenommen, daß ein Projektjahr 220 Tage dauert.

Risiko-klasse	Risiken	Durchlaufzeit der Aktivitäten bzw. Technologieprojekt (siehe in Bild 4)	Periodenkonforme Renditeintervalle (Werte aus Tabelle 3)
Unwahrscheinliche Risiken	Keine vorhanden	-	-
Seltene Risiken	- Nicht alle benötigten Geometrieinformationen sind verfügbar. - Kein einheitliches Produktdatenmodell kann entwickelt werden.	330 Tage	1,33 % - 4,61 %
		220 Tage	2,00 % - 7,00 %
Mögliche Risiken	- Finanzierung des Projektes kann nicht sichergestellt werden. - Personelle Ressourcen stehen nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung. - Benötigte Arbeiten aus Parallelprojekten sind nicht/verspätet verfügbar. - Anwendungen der Konstruktionsmethoden sind nicht in ausreichendem Umfang möglich. - Aerodynamik kann nicht in ausreichender Qualität ermittelt werden.	780 Tage	1,11 % - 5,28 %
		780 Tage	1,11 % - 5,28 %
		780 Tage	1,11 % - 5,28 %
		330 Tage	2,65 % - 12,92 %
		170 Tage	5,21 % - 26,61 %
Häufige Risiken	- Lebensdauer des Produktes ist nicht ermittelbar. - Strukturmechanik kann nicht in ausreichender Qualität ermittelt werden. - Die Optimierung der Konstruktion kann nicht in ausreichender Qualität durchgeführt werden.	190 Tage	23,50 % - 47,64 %
		150 Tage	30,66 % - 63,80 %
		280 Tage	20,41 % - 30,26 %

**Tabelle 5:** Berechnung der periodenkonformen Rendite

## Ermittlung der Nutzenrendite eines Technologieprojekts

Bild 5 zeigt nun die ermittelten Nutzenrenditen eines Technologieprojektes mit dem BAPM<sup>®</sup>-Verfahren [1]: Das Risiko des Technologieprojekts liegt zwischen 6,31 % – 10,36 %, d. h. mit ca. 90 % Wahrscheinlichkeit kann dieses Projekt mit einer Nutzenrendite von ca. 19 % – 43 % zum Erfolg geführt werden.



**Bild 5:** Ermittlung der Nutzenrendite eines Technologieprojekts (untere und obere Schranke des Renditeintervalls)

## 8 Zusammenfassung

In diesem Paper wurde ein Vorgehensmodell zur Bewertung von Technologieprojekten aufgestellt. Ausgangsbasis bilden hier Unternehmensziele und technische Ziele, aus denen Risiken abgeleitet werden. Diese Risiken werden aufgrund ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit in Risikoklassen eingeteilt. Weil in der Regel kaum Erfahrungswissen aus Vorgängerprojekten angewendet werden kann, werden den Risikoklassen mit Hilfe einer Analogiebetrachtung aus der Risikobereitschaft eines Investors Kapitalmarktanlagen zugeordnet. Aus dem Kapitalmarkt sind Erfahrungswerte bzgl. Rendite und Risiko vorhanden. Daher kann nun mit Hilfe des BAPM<sup>®</sup>-Verfahren aus [1] die Nutzenrendite eines Technologieprojektes ermittelt werden. Ebenso ermöglicht dieses Vorgehensmodell Aussagen darüber, welche Technologieprojekte mit den in den Projektbeschreibungen aufgeführten Zielen, Kosten und Risiken aufgrund des limitierten Budgets bevorzugt durchgeführt werden können. Durchlaufzeiten und Kosten werden dabei in einer Prozesssimulation berechnet, um den Return on Investment eines einzelnen Technologieprojekts zu ermitteln.

## References

1. Schabacker, M.: Bewertung der Nutzen neuer Technologien in der Produktentwicklung. Buchreihe Integrierte Produktentwicklung (Hrsg. Prof. S. Vajna), Band 1, Dissertation an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2001
2. Gehringer, R., Rust, H., Leibundgut, W., Ebert, G.: Wegweiser zu Innovationen, in: Interaktiv Fraunhofer Institut Produktionstechnik und Automatisierung (1998)2, S.17 - 20
3. Kaplan, R. S., Norton, D. P.: Balanced Scorecard - Strategien erfolgreich umsetzen, Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart, 1997
4. Hinterhuber, H. H.: Vom Denken in Funktionen zum Denken in Prozessen, in: Technologie- und Innovationsmanagement – Tools und Strategien für Führungskräfte (Hrsg. Hammer), Manzsche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, 1996, S.31 - 50
5. Gaitanides, M., Scholz, R., Vrohling, A., Raster, M.: Prozeßmanagement: Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen des Reengineering, Carl Hanser Verlag München Wien, 1994
6. Gilbreth, F.B., Gilbreth, L.M.: Classifying the Elements of Work, Methods of Analyzing Work Into Seventeen Subdivisions, in: Management and Administration 8(1924)2, S.151 - 154
7. Gilbreth, F.B., Gilbreth, L.M.: Applications of Motion Study, Ist Use in Developing the Best Methods of Work, in: Management and Administration 8(1924)3, S.295 - 297
8. Aichele, Chr.: Kennzahlenbasierte Geschäftsprozessanalyse, Schriften zur EDV-orientierten Betriebswirtschaft, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden 1997
9. Binner, H.F.: Integriertes Organisations- und Prozeßmanagement, (REFA-Fachbuchreihe Unternehmensentwicklung) Carl Hanser Verlag München Wien, 1997
10. Hammer, M., Champy, J.: Business Reengineering: Die Radikalkur für das Unternehmen, 5. Auflage, Campus-Verlag, Frankfurt/Main u.a. 1995
11. Lang, K.: Gestaltung von Geschäftsprozessen mit Referenzprozessbausteinen, Th. Gabler Verlag, Deutscher Universitäts-Verlag Wiesbaden, 1997
12. Pepels, W.: Produktmanagement: Produktinnovation, Markenpolitik, Programmplanung, Prozeßorganisation, R. Oldenbourg Verlag, München Wien Oldenburg, 1998
13. Fischermanns, G., Liebelt, W.: Grundlagen der Prozeßorganisation, Schriftenreihe Der Organisator Band 9, Verlag Dr. Götz Schmidt, Gießen 1997
14. Vajna, S., Burchardt, C.: Integrierte Produktentwicklung, Konstruktion 50(1998)4
15. Vajna, S.: An Introduction to Virtual Product Development, in: Proceedings of ICED 99, München, herausgegeben von U. Lindemann, H. Birkhofer, H. Meerkamm, S. Vajna, Band 1 S.257 - 260
16. Bullinger, H.-J., Warschat, J.: Forschungs- und Entwicklungsmanagement: Simultaneous Engineering, Projektmanagement, Produktplanung, Rapid Product Development, B.G. Teubner Stuttgart, 1997
17. Mönch, S.: Organisation und Führungselemente für Projektmanagement, in: Technologie- und Innovationsmanagement – Tools und Strategien für Führungskräfte (Hrsg. Hammer ), Manzsche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, 1996, S.260 - 288
18. Schmelzer, H. J.: Prozeßorientiertes FuE-Controlling, in: Controlling-Konzepte: Werkzeuge und Strategien für die Zukunft (Hrsg. E. Mayer), 4., vollständige überarbeitete und erweiterte Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, 1999
19. Loderer, C., Jörg, P., Pichler, K., Roth, L., Zraggen, P.: Handbuch der Bewertung – Praktische Methoden und Modelle zur Bewertung von Projekten, Unternehmen und Strategien, 2., erweiterte Auflage, Verlag Neue Zürcher Zeitung, Zürich, 2002
20. Rappaport, A.: Shareholder Value, Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart, 1995
21. Hoffmann, W.: Die Aufgabenfelder im Überblick, in: Controlling (Hrsg. R. Eschenbach), 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart, 1996, S. 177 - 180
22. Hoffmann, W., Niedermayr, R., Risak, J.: Führungsergänzung durch Controlling, in: Controlling (Hrsg. R. Eschenbach), 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart, 1996, S. 3 - 48
23. Hostettler, S.: Economic Value Added (EVA), Darstellung und Anwendung auf Schweizer Aktiengesellschaften, 3., unveränderte Auflage, Schriftenreihe des Instituts für Rechnungslegung und Controlling, Band 3 (Hrsg. R. Fickert), Verlag Paul Haupt Bern - Stuttgart - Wien, 1998
24. Brühwiler, B., Stahlmann, B. H., Gottschling, H. D.: Innovative Risikofinanzierung – Neue Wege im Risk Management, Th. Gabler Verlag, Deutscher Universitäts-Verlag Wiesbaden, 1999
25. Markowitz, H.M.: Portfolio Selection, in: Journal of Finance, March 1952, S.77 – 91
26. Spremann, K.: Portfoliomanagement, Oldenbourg Verlag, München Wien Oldenburg, 2001