

# Entwicklung eines Projektmanagementsystems auf der Basis von Entscheidungstheorien und Risikomanagement

*J. A.Sandoval-Wong, J. Schwarz*

*Universität der Bundeswehr München Institut für Baubetrieb*

## 1 Einleitung

Risikomanagement ist heutzutage kein neues Feld, sondern wird innerhalb jeder unternehmerischen Aktivität angewendet. Gesetze wie Basel II und KonTraG streben nach einem ausreichenden Risikomanagement, aber sie definieren nicht die Mindestvoraussetzungen und Regeln für ein wirksames Risikomanagement. Sie überlassen den Unternehmern Umfang und Qualität des Verfahrens. Untersuchungen haben gezeigt, dass 60 % der Verluste bei Vorvertragsphasen<sup>1</sup> entstehen. Daher ist die Leistung des Projektmanagements und hier das Risikomanagement bestimmend für den geschäftlichen Erfolg. Risiken – Chancen und Gefahren - sind nicht die einzigen Merkmale, die beim Projektmanagement ständig kontrolliert werden müssen. Auch risikounabhängige Faktoren bestimmen den Projekterfolg. Beide werden meist getrennt bewertet. Die Entscheidungsfindungstheorien (EFT) bieten eine Möglichkeit, eine integrierte Bewertung durchzuführen. Projektmanagement, so betrachtet, ist insgesamt als ein Verfahren der Entscheidungsfindung zu verstehen, in der risikoabhängige und risikounabhängige Faktoren hierarchisch verknüpft werden. Die EFT integrieren Systematik und hierarchische Zuordnung für jede Entscheidung.

Unabdingbar für ein funktionales Projektmanagement ist eine effektive Kommunikation und der Informationsaustausch unter festgelegten Mindestanforderungen sowie eine quantitative Festlegung der zu bewertenden Hauptmerkmale.

---

<sup>1</sup> Göcke, Bettina.: Risikomanagement für Angebots- und Auftragsrisiken von Bauprojekten, Deutschland, DVP-Verlag Wuppertal, Deutscher Verband der Projektsteuerer - DVP e. V. 2002

## 1.1 Risikomanagement

Ungewissheit und Risiko sind Bestandteile des Risikomanagements. Risiken lassen sich durch ihre Quantifizierbarkeit von Ungewissheiten unterscheiden. Risiken sind messbar, quantifizierbar und definiert, während eine Ungewissheit eine unberechenbare Natur hat und sich nicht messen bzw. quantifizieren lässt und daher nicht definierbar ist<sup>2</sup>.

Risiken sind möglicherweise auftretende Faktoren, aus denen, wenn sie eintreten, Zielabweichungen mit positiven oder negativen Ergebnissen folgen können. Eine positive Abweichung ist als Chance anzusehen, während eine negative Abweichung als Gefahr gekennzeichnet ist. Risiken haben eine neutrale Natur, müssen jedoch untersucht werden um anschließend weiter als Chance oder Gefahr eingestuft werden zu können.

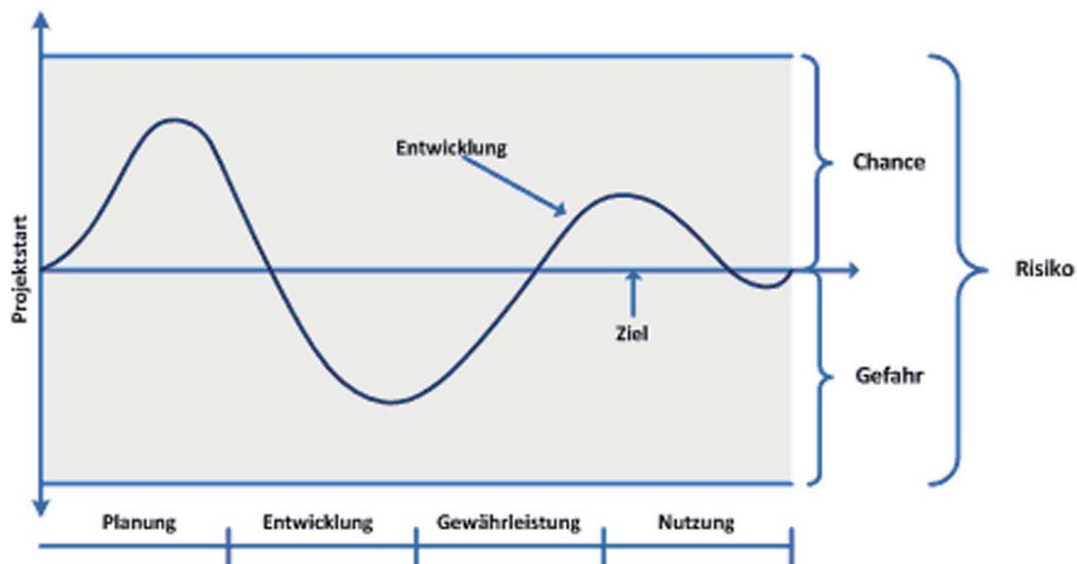


Abbildung 1: Risiken bei Bauprojekten

Risiken lassen sich abhängig von ihrer Entstehung in zwei Arten klassifizieren: die globalen Risiken und die Projektrisiken. Die ersten haben ihre Entstehung außerhalb des Projektes und sind vom Unternehmer nicht kontrollierbar. Die zweiten entstehen innerhalb des Projektes und sind bis zu einem gewissen Grad kontrollierbar.

Risikomanagement ist als „die strukturierte regulierte Annäherung (Analyse,

<sup>2</sup> Knight, Frank H.: Risk, Uncertainty, and Profit, Boston, MA: Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Company, 1921

Bewertung und Kontrolle) an Risiken<sup>3</sup> definiert. Mittels Risikomanagement werden die Risiken nach unternehmerischen Betrachtungen bewertet und analysiert. Damit werden sie für die Optimierung der Ressourcen des Unternehmens berücksichtigt.

Für die bestmögliche Funktionalität des Risikomanagements sollen mittels einheitlicher Definition und Kongruenz der Ziele die strategischen und operativen Ebenen koordiniert und integriert werden.

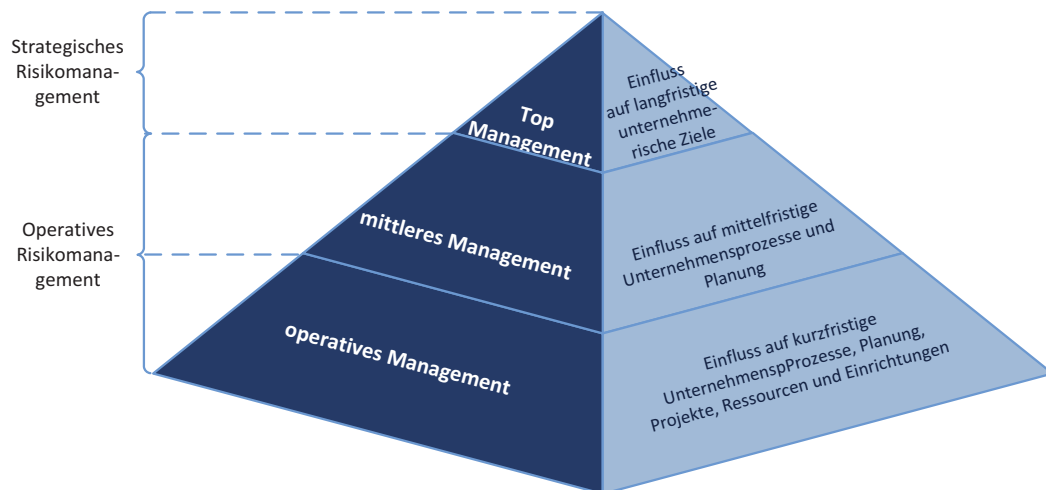


Abbildung 2: Managementebenen und Risikomanagement; eigene Darstellung

## 1.2 Risikomanagementprozess

Risikomanagement ist eine zyklische Abfolge von Prozessen, die eine spezifische Reihenfolge aufweisen und definierte Funktionen abdecken. Risikomanagement wird im Allgemeinen in fünf Prozesse gegliedert:

- Risikoidentifizierung
- Risikoanalyse
- Risikobewältigung
- Risikoüberwachung
- Risikocontrolling

Dabei ist das Risikocontrolling in der Mitte der vier anderen Prozesse mit allen verbunden.

<sup>3</sup> Maria Sánchez, Pedro.: Neuronal risk assessment system for construction projects.: Renningen, Expert-Verl. 2005



**Abbildung 3:** Risikomanagementprozess; eigene Darstellung

### 1.2.1 Risikoidentifizierung

Risikoidentifizierung ist die wichtigste Aufgabe im Risikomanagementprozess, da jedes nicht identifizierte Risiko automatisch eine Ungewissheit wird, demzufolge nicht bewertet werden kann und keine adäquate Reaktion oder Prävention geplant werden kann. Für die Identifizierung von Risiken werden verschiedene Verfahren verwendet, z. B.:

- Brainstorming  
(Intuitiv und unstrukturiert)
- Abwägen [Pondering]  
(Intuitiv und strukturiert)
- Checklisten  
(Systematisch und strukturiert)
- Befragungen  
(Systematisch und sehr strukturiert)
- Fragebogen  
(Systematisch und sehr strukturiert)

Durch die Kombination dieser Verfahren sollen alle möglichen Risiken in umfassender Form identifiziert werden. Checklisten spiegeln das „Know-how“ des Risikomanagers wider und sollen nach definierten Hauptzielen entwickelt werden.

Im Anschluss an die Identifizierung der Risiken beginnt ihre Klassifikation und Zuordnung nach Risikoarten (z. B. Technik, Management, Termin, etc.) und Risikofelder (z. B. Projektplanung, Kunden, Personal, etc.)<sup>4</sup>. Diese Einteilung von

<sup>4</sup> Girmscheid G., Busch Th. A.: Risikomanagement in Bauunternehmen - Projektrisikomanagement in der Angebotsphase.: Bauingenieur (2003), Band 78 / Dezember (H. 12/2003), 2003, S. 571-580.

Risiken nach Kategorien ermöglicht eine bessere Bearbeitung und Analyse von Risiken und gewährleistet eine begründete Einbindung in den Risikomanagementprozess.

### 1.2.2 Verfahren der Risikoanalyse

Die zentrale Aufgabe der Risikoanalyse ist die Bewertung und Analyse der identifizierten Risiken, um eine spätere Quantifizierung zu ermöglichen. Für diese Bewertung stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Das richtige auszuwählen, erfolgt anhand der Natur und der Eigenschaften der jeweiligen Risiken.

Art	Komplexität	Grundsatz	Methode
qualitative Methode	einfach	grafisch/ dokumenta- risch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pondering</li> <li>• Checklists</li> <li>• Brainstorming</li> <li>• Historic review</li> <li>• Risk register</li> <li>• Interviewing</li> </ul> *Quelle: [9,7]
	mittel	grafisch/ Unterlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysis of inter-connected decision areas (AIDA)*</li> <li>• Strategic options development and analysis (SODA)*</li> <li>• Strategic choice method*</li> <li>• Soft systems methodology (SSM)*</li> </ul> *Quelle: [7]
quantitative Methode	einfach	Index	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delphi Method*</li> <li>• Key Indicator Method*</li> <li>• Risk Potential Method*</li> </ul> *Quelle: [7]
	mittel	nicht probabilistisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibility Analysis*</li> </ul> *Quelle: [9,7]
	mittel bis hoch	statistisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volatility Method*</li> <li>• Value at Risk*</li> <li>• Quantitativity Risk Analysis*</li> </ul> *Quelle: [9]
	mittel bis hoch	stochastisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Program Evaluation and Review Technique (PERT)*</li> <li>• Monte Carlo Simulation*</li> <li>• Latin Hyper-Cube Sampling*</li> <li>• Probability Sensitivity Analysis*</li> </ul> *Quelle: [9,7]
	hoch	künstliche Intelligenz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neuronal Risk Assessment System (NRAS) Quelle: [3]</li> <li>• Support Vector Machine Quelle [10]</li> </ul>

Abbildung 4: Zuordnung der Risikobewertungsverfahren; eigene Darstellung

Die Vielzahl von Verfahren, welche die Risiken quantifizieren können, lässt sich in zwei Gruppen unterteilt: Die „qualitativen“ und die „quantitativen Verfahren“. Das schließt nicht aus, dass viele der quantitativen Verfahren nach einer

einfachen Anpassung für qualitative Daten verwendet werden können. Der Unterschied ist die Funktionalität der Verfahren und deren Prinzipien (Annahmen). Die gemeinsame Basis aller Verfahren wiederum ist die Risikobewertung anhand der Eintrittswahrscheinlichkeit [„W“ in %] und der Einwirkung [„E“, z. B. eine finanzielle Einwirkung als Schaden]. Aus der einfachen Multiplikation dieser Werte ergibt sich die Risikobewertung (Risikomaß). Verfahren wie die Sensibilitätsanalyse werden nicht als eine reine Risikobewertung betrachtet und sollen in Kombination mit anderen Verfahren verwendet werden. Die Sensibilitätsanalyse erlaubt nur die Bestimmung der Faktoren, auf die das Projekt besonders reagiert.

Die qualitativen Verfahren werden weiterhin unterschieden in „Graphisch/Dokumentarisch“ und in „Graphisch/Unterlage“. Sie finden Einsatz bei der Risikoidentifizierung, können aber auch in der Risikoanalyse weiterverwendet werden. „Historic review“ und „Check List“ z. B. sind geeignet, wenn ein ähnliches Projekt bereits durchgeführt wurde. Dagegen eignet sich das Interview, wenn das Projekt zum ersten Mal stattfindet. Die Checklisten und die Graphisch/Unterlage-Verfahren entsprechen einer fast rein dokumentarischen Natur und sind geeignet für die Vorbereitung von Risiko-Datenbanken.

Die quantitativen Verfahren sind in fünf Gruppen unterteilt: Verfahren, welche auf Indexerstellung basieren; non-probabilistische Verfahren; statistische Verfahren; die stochastischen Verfahren; neue, auf künstlicher Intelligenz basierende Verfahren.

Verfahren aus den statistischen und stochastischen Bereichen, wie z. B. Value at Risk, Monte Carlo Simulation und Latin Hypercube sind diejenigen, welche sich, aufgrund stabiler Leistung und vielfältiger Anwendungsmöglichkeit, auf dem Markt und in der Bauindustrie durchgesetzt haben. Diese Verfahren basieren auf der Annahme, dass alle Daten sich nach einer bestimmten Verteilungskurve verhalten, woraus Abweichungen zur Realität entstehen. Diese Probleme sind bekannt als Leptokurtosis, Fat tails und Skewness (Abb. 5).

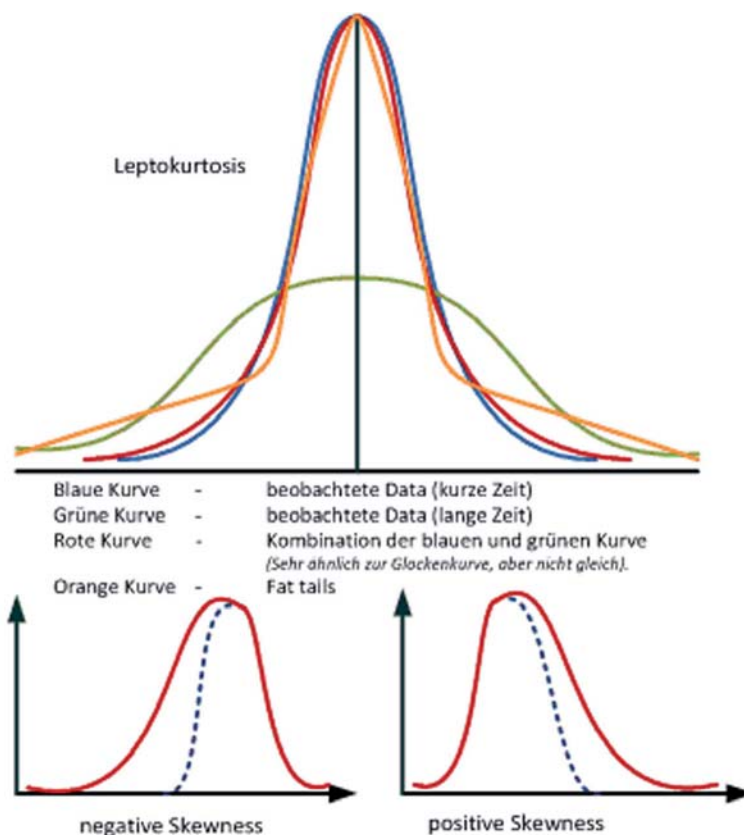


Abbildung 5: Abweichungen der Annahmen; eigene Darstellung<sup>5</sup>

Monte Carlo Simulation und ihre Verbesserung Latin Hypercube integrieren einen Zufallszahlengenerator (Random Generation Number), mit dem Simulationen durchgeführt werden. Als Ergebnis der Analyse entsteht eine Risikobewertung, die aus einer Probabilitätsverteilung und einer kumulativen Kurve besteht. Dennoch können diese Verfahren nicht zwischen Chancen und Gefahren unterscheiden, d. h. sie können nur die Fluktuation erkennen und eingrenzen. Zu Erweiterung haben besonders die Verfahren der künstlichen Intelligenz hohes Potenzial.

Das Neuronal-Risk Assessment System (NRAS) hat die Möglichkeit, zwischen Chance und Gefahr zu unterscheiden. Durch diese Analyse besitzt das Verfahren die Fähigkeit zwischen Gewinn und Verlust in Geldeinheiten zu differenzieren<sup>3</sup>. Der Betrag ist hierbei nicht genau bestimmbar, dennoch ist diese Unterscheidung ein Fortschritt im Vergleich zu den traditionellen Verfahren. Aufgrund der Neuheit des Verfahrens ist weitere Forschung und

<sup>5</sup> Siehe die Leptokurtosis-Definition; 02.07.09, <http://www.trade-ideas.com/Glossary/Leptokurtosis.html>

Erfahrungssammlung für die praktische Anwendung notwendig. Ein weiteres Verfahren ist das Support Vector Machines (SVM). Dieses Verfahren ist neu in der Verwendung zur Risikoanalyse, hat sich dennoch bereits als sehr leistungsfähig herausgestellt. Es ist definiert als ein Verfahren der Gruppe der „Statistical learning theory“<sup>6</sup>. Das SVM unterteilt die Daten in Hyperebenen. Es kann effektiv Muster erkennen und abgrenzen. Infolgedessen ermittelt es bessere<sup>7</sup> Vorhersagen als Monte Carlo und Latin Hypercube. Der Vorteil der Verfahren der künstlichen Intelligenz ist, dass sie widerstandsfähiger gegen Distorsionen sind und folglich genauere Ergebnisse erreichen, da sie einen Lernprozess beinhalten. Aufgrund des Lernprozesses besteht die Möglichkeit, beim NRAS in Abhängigkeit der analysierten Merkmale mit wenigen Daten ähnlich gute Ergebnisse zu liefern (Distorsionswiderstandsfähigkeit). Allerdings benötigen beide Verfahren (NRAS und SVM) eine große Anzahl an Information, daher sind Datenbanken die Voraussetzung der effektiven Anwendung. Ein großer Nachteil ist, dass keine Softwareanwendung zur Verfügung steht und daher eine Entwicklungsarbeit und gute Kenntnisse der Verfahren notwendig sind, um sie überhaupt anzuwenden.

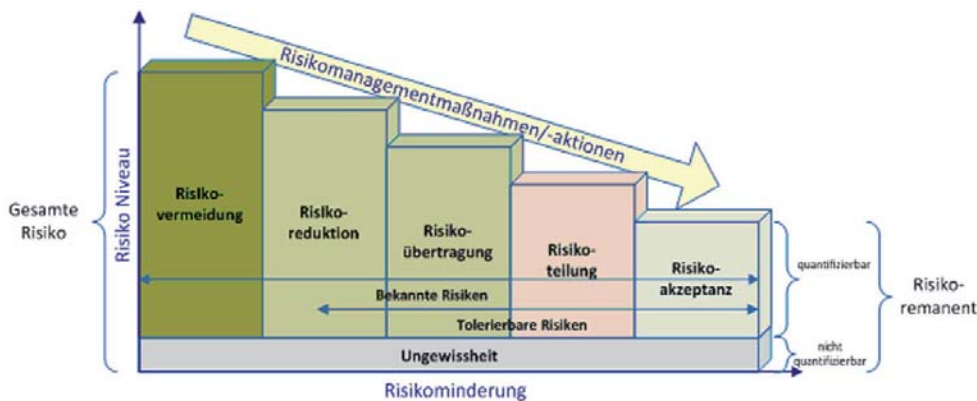
### 1.2.3 Risikobewältigung

Bei der Risikobewältigung ist die Hauptüberlegung, die effektivste und wirtschaftlichste Beseitigung der Gefahren zu finden, bzw. die Chancen zu verstärken. Diese Maßnahmen werden gemäß der Ziele des Projektes und Festlegungen der Manager getroffen. Gefahren werden in der Regel durch die in Abb. 6 dargestellten Strategien behandelt:

---

<sup>6</sup> Lai, Kin Keung. Yu, Lean. Zhou, Ligang. Wang, Shouyang.: "Credit Risk Evaluation with Least Square Support Vector Machine", G. Wang et al. (Eds.): RSKT 2006, LNAI 4062, pp. 490–495, 2006. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006. 18.06.2008

<sup>7</sup> besser bedeutet hier, dass die Schwankung der Vorhersage über eine kleine Abgrenzungsbreite verfügt (z. B. 100 +/- 2,5%).



**Abbildung 6:** Risikobewältigungsmaßnahmen; eigene Darstellung auf der Basis von „Risknet“ 12.08.08 (<http://www.risknet.de>)

Die Manager (Geschäfts- oder Projektmanager [PMr]) haben die Aufgabe, Entscheidungen zu treffen und somit das Projekt wirtschaftlich zu strukturieren. Jede Behandlung oder Übertragung von Risiken bedeutet gleichzeitig Kosten, daher sollen in der Kostenverfolgung und -analyse immer die entsprechenden Vor- und Nachteile gegenübergestellt werden.

#### 1.2.4 Risikoüberwachung

Zum Risikocontrolling gehören Überprüfungs-, Überwachungs- und Kommunikationsaufgaben des Risikomanagements. Die bewältigten Risiken sollen ständig überwacht und überprüft werden, um zu verifizieren, dass sich die Risiken innerhalb der erwarteten Verhaltenskriterien bewegen. Wenn Abweichungen entstehen, muss das Management reagieren können. Abweichungen sind gleichzusetzen mit neuen Risiken.

#### 1.2.5 Risikocontrolling

Beim Risikomanagementprozess spielt die Kommunikation eine sehr wichtige Funktion. Die Information soll frei und ohne Behinderungen zwischen allen Projektteilnehmern und jedem einzelnen Risikomanagementprozess fließen, um somit weitere Managementrisiken zu vermeiden.

Das Controlling ist zusätzlich die Basis für die Entwicklung der notwendigen Datenbanken, wie Risikoregister, Optimierung von Checklisten und Beurteilungskriterien der Risikobewältigungsmaßnahmen. Es kann Abkürzungen zwischen den Teilprozessen bilden. Aus diesem Grund ist das Risikocontrolling zusammen mit der Risikoidentifizierung einer der wichtigsten Prozesse innerhalb des Risikomanagementprozesses.

## 2 Risikomanagement in der Praxis

Um wirtschaftliche Angebote zu erstellen, muss die Baukalkulation heutzutage sehr hohe Anforderungen an die Qualität, Detailliertheit und Umfang einer Risikobetrachtung stellen. Die ständig steigende Konkurrenz und der damit entstandene dichte Preiswettbewerb der Bauindustrie, besonders in den Angebotsphasen, hat die Notwendigkeit der Untersuchung der Risiken in den Vordergrund gerückt, um Wagnis („Risiko“) und Gewinn genauer und wirtschaftlicher zu ermitteln.

Trotzdem war und ist es immer noch Gewohnheit, Risiken zu pauschalieren und eine nur qualitative Risikobewertung durchzuführen. Dadurch kann es zum Übersehen oder Ignorieren tatsächlich vorhandener Risiken innerhalb der Kostenkalkulation sowie in den Präventionsstrategien kommen, mit möglicherweise unabsehbaren Folgen für das Projekt oder sogar das Unternehmen.

### 2.1 Entwicklung von Risikomanagementsystemen

Die Wurzeln des Risikomanagements liegen in der Betrachtung der operativen Risiken. Nachträglich wurden noch weitere unternehmerische Faktoren eingefügt, die das Projekt beeinflussen können. Diese Entwicklung wurde als das „Business Risk Management“ bekannt.

Heutzutage sollte das Risikomanagement eine umfassende Zusammenbindung von verschiedenen Philosophien, Verfahren und Bereichen sein, die in einem Unternehmen die Entscheidungen und Strategien vorgeben und festlegen. Diese neue Form von Risikomanagement wird als „Enterprise Risk Management“ (ERM) bezeichnet. Sie entspricht den heutigen Anforderungen und den wesentlichen Risikobereichen innerhalb der Unternehmen und ist gekennzeichnet durch eine effektive Funktionalität<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Protiviti: „Guide to Enterprise risk Management – Frequently asked questions“, January 2006 (24.06.2008), <http://www.protiviti.de/portal/site/pro-us>

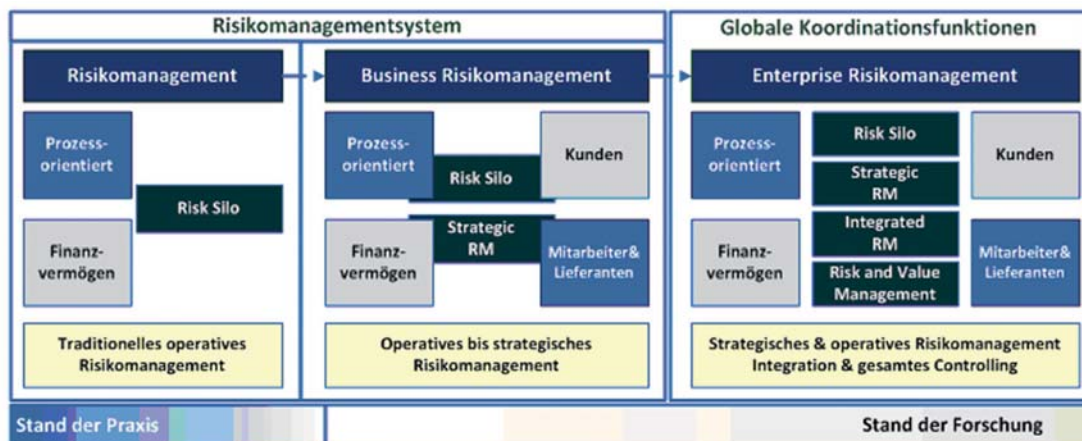


Abbildung 7: Evolution des Risikomanagements; eigene Darstellung auf der Basis von Protiviti<sup>8</sup>

Eine der Hauptherausforderungen des ERM liegt hierbei in der Beschaffung von globalen Kommunikationsinstrumenten, welche alle Risikobereiche (prozessorientiert, Kunden, Finanzvermögen, Mitarbeiter und Lieferanten) miteinander verbinden (Abb. 7). Damit werden alle Risikobetrachtungen aus allen Risikobereichen vereinigt und das Unternehmensrisiko als ein Ganzes angesehen.

## 2.2 Risikomanagement: Zielsetzung und Probleme für Bauprojekte

Gesetze wie z. B. Basel II und KonTraG fordern einen risikobewussten Umgang für jedes unternehmerische Vorhaben und sollen somit für bessere Sicherheit und Transparenz sorgen. Diese beiden Leitlinien stellen die Mindestkapitalanforderungen sowie den Rahmen an die Entwicklung von Früherkennungssystemen für Risiken. Dennoch geben sie keine Mindestvoraussetzungen, Merkmale und Bestandteile für die Entwicklung von Risikomanagementsystemen. Dadurch wird die Sicherheit und Transparenz trotz Vorhandensein der Richtlinien oft nicht in vollem Maße erreicht. Zudem bestehen beim Risikomanagement unterschiedliche Probleme, welche sich wie folgt klassifizieren lassen:

- Mangel an Risikokenntnissen  
Die Projektbeteiligten verfügen über einen gravierenden Mangel an Risikokenntnissen und können die Information nicht verstehen.
- Falsche Risikoannahme  
Es werden Risiken, welche nicht zum Projekt gehören, bewertet.
- Falscher oder fehlender Risikobericht  
Berichte bezüglich Risiken sind fehlerhaft oder existieren nicht.

- Falsche Verwendung von Risikomaßstäben  
Die Maßstäbe (Eintrittswahrscheinlichkeiten oder Einwirkungen), auf denen die Risikobewertung basiert, sind inadäquat oder sogar absichtlich falsch ermittelt (Manipulation von Informationen).
- Fehlmessung von Faktoren  
Die Quantifizierung von Risiken ist inadäquat (falsche Erfassung) oder das Risikobewertungsverfahren wurde falsch ausgewählt.
- Fehlerhafte Risikobewältigung  
Die Risikobewältigungsmaßnahmen sind ungeeignet oder ineffektiv.
- Fehlerhafte Risikoüberwachung  
Es existieren wenig bis keine Überwachungsinstrumente oder die Verfolgung der bewältigten Risiken geschieht unzweckmäßig.
- Ungeeignete Risikoberichtmechanismen  
Die Darstellung von Informationen ist undeutlich, wird von den Managern nicht verstanden oder falsch interpretiert.
- Ausübung von nicht zugehörigen Tätigkeiten  
Die Tätigkeiten, die Risikomanagern zuzuordnen sind, sind nicht adäquat durchgeführt oder Risikomanager haben nicht zugehörige Tätigkeiten ausgeübt.

Eine weitere Fehlerquelle ist die Vermischung der Kompetenzen und Aufgaben eines Managers und eines Risikomanagers. Die Hauptaufgabe eines Risikomanagers ist die Ermittlung von entscheidungsunterstützenden Informationen, um die Entscheidungen des Managers vorzubereiten. Hierzu erstellt der Risikomanager einen entscheidungsunterstützenden Bericht, welcher Informationen über Probabilität, Quantität und Qualität der Risiken enthält und die Entscheidung erleichtern, absichern und dokumentieren soll. Ausschließlich der Manager ist jedoch befugt, die Entscheidungen zu treffen, welche Risiken das Unternehmen auf sich nimmt und welchen Risiken präventiv vorgebeugt wird.

Risikomanagement (Zusammenarbeit zwischen Risikomanager und Manager) bedeutet folglich nicht Verluste zu vermeiden, sondern die existierenden Risiken (im Sinne von Chancen und Gefahren) zu verstehen<sup>9</sup> und daraus Gewinne abzuleiten.

Des Weiteren sind gleichzeitig risikounabhängige Merkmale zu berücksichti-

---

<sup>9</sup> Stulz, René M.: "Risk Management Failures: What Are They and When Do They Happen?"; Dice Center WP 2008-18, Fisher College of Business WP 2008-03-017, October 2008.  
<http://www.ssrn.com/abstract=1278073>

gen, in der Praxis ist die Betrachtung von risikoabhängigen getrennt von risikounabhängigen Merkmalen mit voneinander getrennten Verfahren üblich. Durch diese Trennung kann das Gesamtbild des Projektes verzerrt werden. Die Entscheidungstheorien sind übergeordnete Verfahren, um eine effizientere und gleichzeitige Faktorenanalyse durchführen zu können.

### 3 Entscheidungstheorie

1956 hat der Psychologe George A. Miller die Entscheidungsgrenzen der Menschen untersucht: Menschen können Entscheidungen effektiv treffen, wenn sie nicht mehr als 7 (+/- 2) Faktoren beinhalten<sup>10</sup>. Die heutigen Bauprojekte verfügen über eine Vielzahl von Faktoren und Merkmalen, welche in ihrer Anzahl meist über den Entscheidungsgrenzen liegen, jedoch gleichzeitig zu bewerten sind. Die Entscheidungstheorien sind Instrumente, die Hilfe leisten, um diese menschliche Schwäche zu kompensieren. Sie bestehen i. d. R. aus:

- **Entscheidungsfinder:**  
ist die Person oder Gruppe von Personen, welche die Verantwortung tragen, die beste Lösung zu finden.
- **Alternative:**  
gibt an, dass mindestens zwei Lösungen existieren, die die Erwartungen erfüllen und zur Auswahl stehen.
- **Kriterien:**  
sind die Maßstäbe, die für die Bewertung angewendet werden müssen. Sie können unterschieden werden in quantitative, qualitative, stochastische Kriterien und fuzzy logic.
- **Lösung:**  
ist die Alternative, die die Erwartungen am besten erfüllt.
- **Gewichtung:**  
ist die numerische Bedeutung einer Alternative oder eines Kriteriums in Bezug zu anderen.

#### 3.1 Klassifizierung

Die Entscheidungstheorien werden in zwei übergeordnete Bereiche eingeteilt: Die deskriptive Entscheidungstheorie und die präskriptive Entscheidungstheorie. Die deskriptive Entscheidungstheorie beschäftigt sich mit Entscheidungen aus psychologischer Sichtweise der Entscheidungsprozesse und

---

<sup>10</sup> Miller, George A.: "The magical number seven plus or minus two: Some limits in our capacity for information processing". Psychological Review 1956 vol. 63.

neuronaler Vorgänge im Gehirn, während sich die präskriptive Entscheidungstheorie mit der Entwicklung von rechnerischen Verfahren befasst, um die beste Lösung (Entscheidungsalternative) auszuwählen.

Die präskriptive Entscheidungsfindungstheorie wird hier als Hauptpunkt behandelt. Sie unterteilt sich in zwei weitere Gruppen von Verfahren: die Multi Objektive Decision Analysis (MODA) und die Multi Alternative Decision Analysis (MADA). MODA-Verfahren beschäftigen sich mit der Entwicklung von Lösungen, bei denen die Alternativen und Kriterien nicht konstant sind. MADA-Verfahren hingegen konzentrieren sich auf die Analyse der Merkmale und Kriterien, um die beste Lösung zu finden. Die Alternativen sind hierbei als konstant anzusehen. Bauprojekte wählen ihre Verfahren für gewöhnlich aus der Gruppe der MADA.

Entscheidungen sind entweder von einem oder von verschiedenen Kriterien abhängig. Deshalb unterscheiden die MADA-Verfahren in die Monokriterium-Entscheidungsfindung (Mono Criterion Decision Analysis) und die Multikriterium-Entscheidungsfindung (Multi Criteria Decision Analysis; MCDA). Für Bauprojekte sind die MCDA-Verfahren geeignet.

Entscheidungsfindungsverfahren	
Klassifizierung	
einfacher Vergleich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dominance Method</li> <li>- Maximax</li> <li>- Maximin</li> <li>- Conjunction Method</li> <li>- Disjunction Method</li> <li>- Lexicographic</li> <li>- Lexicographic Semi order Method</li> </ul>
Aggregation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elimination by Aspects</li> <li>- Permutation</li> <li>- Distance from Target/Non-Dominated Set (NDS Computation)</li> <li>- Argus</li> </ul>
Outranking (Rang-Vergleich)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Linear Assignment Method</li> <li>- Simple Additive Weighting Method (SAW)</li> <li>- Analytic Hierarchy Process (AHP)</li> <li>- Modified AHP</li> <li>- Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (Macbeth)</li> <li>- Ariadne Method</li> <li>- Kepner Tregoe (K-T) Decision Analysis</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cost/Benefit Analysis</li> <li>- Multi Attribute Utility / Value Theory (MAUT / MAVT)</li> <li>- Simple Multi Attribute Rating Technique (SMART)</li> <li>- Goal Programming</li> <li>- UTA</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elimination et Choix Traduisant la Réalité (ELECTREE)</li> <li>- Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHE)</li> <li>- Tomada de Decisão Interativa Multicriterio (TODIM)</li> <li>- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)</li> <li>- ORESTE</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualiflex</li> <li>- MAPPAC</li> <li>- Regime</li> <li>- MELCHIOR</li> <li>- IDRA</li> <li>- PACMAN</li> <li>- PRAGMA</li> <li>- TACTIC</li> </ul>

Abbildung 8: Klassifizierung der Entscheidungsfindungsverfahren

Die Klassifizierung der Entscheidungsfindungsverfahren (Abb. 8) basiert auf drei Prinzipien:

- **Einfache Vergleichsverfahren:**  
Sie führen einen einfachen und direkten Vergleich zwischen allen Informationen durch. Somit wird die beste Alternative ausgewählt.
- **Aggregationsverfahren:**  
Diese Verfahren basieren auf der Entwicklung von Auswertungen und Gewichtungen ihrer Multiplikation. Es werden partielle oder gesamte Ranglisten entwickelt. Die Alternative, welche die beste Wertung bekommt, wird ausgewählt. Diese Verfahren haben eine kompensierende Natur.
- **Outranking-Verfahren:**  
Die Outranking-Verfahren basieren auf übergeordneten Ranglisten, entwickelt auf den Grundlagen von Paarvergleichen, bekannt als „Binary Scrutiny“. Die Alternativen werden miteinander nach dem Concordance & Discordance Prinzip verglichen. Somit entstehen Outranking-Verbindungen, durch welche die bevorzugte Alternative ausgewählt wird.

Die Auswahl des richtigen Verfahrens ist abhängig von den Eigenschaften des Problems und der definierten Ziele. Die Abbildung 9 präsentiert eine graphische Darstellung, wie Entscheidungsfindungsverfahren ausgewählt werden sollten.

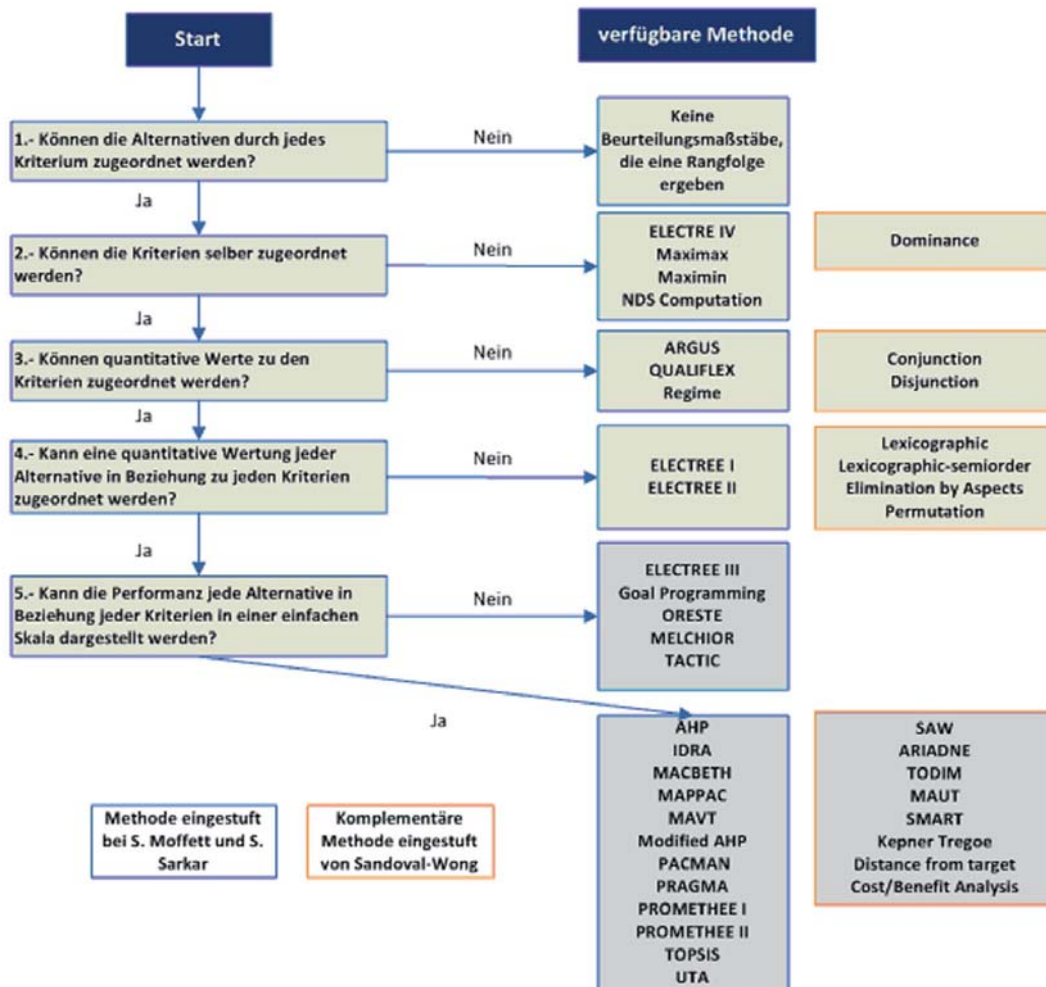


Abbildung 9: Auswahlprozedur von Entscheidungsfindungsverfahren(auf der Basis von Sarkar<sup>11</sup>)

### 3.2 Vorteile der Entscheidungsfindungsverfahren

Die Anwendung der Entscheidungstheorien zur Entscheidungsfindung umfasst ein umfangreiches Feld mit vielen Vorteilen. Die wichtigsten davon sind:

- Verbesserung der Zielerreichung
- Entwicklung von disziplinierten nachvollziehbaren Methoden für Problemlösungen

<sup>11</sup> Moffett, A. Sarkar, S.: "Incorporating multiple criteria into the design of conservation area networks: a minireview with recommendations", Diversity and Distributions, (Diversity Distrib.), (2006) 12, 125–137, University of Texas at Austin, Texas, 78712–1180, USA, (14.08.2007).

[http://uts.cc.utexas.edu/~consbio/Cons/Minireview\\_2006.pdf](http://uts.cc.utexas.edu/~consbio/Cons/Minireview_2006.pdf)

- **Objektivität bei der Entscheidung:**  
Die Entscheidungen werden in hohem Grade unabhängig von den Bedürfnissen und Befindlichkeiten der entscheidenden Person untersucht und definiert.
- **Gleichzeitige Bewertung von vielen Kriterien:**  
Mittels Nutzfunktionen (Utility Functions) werden die verschiedenen Faktoren aus festgelegten Einheiten definiert (oftmals dimensionslos) und miteinander verglichen.
- **Entwicklung und Festlegung von Methoden:**  
Durch die Einführung der Entscheidungstheorien werden Methodologie und Systematik entwickelt und definiert, um den Weg für das Treffen von Entscheidungen zu beschreiben und zu regeln.
- **Transparenz:**  
Die Suche nach Maßstäben und Strukturen für die Bewertung und den Vergleich der unterschiedlichen Faktoren, zusammen mit der Festlegung der Gewichtungen, ermöglichen eine vollständige Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen zu jedem Zeitpunkt.
- **Festlegung von Maßstäben:**  
Die Suche nach Maßkriterien ermöglicht ein besseres Verständnis und eine quantitative Bewertung der Faktoren für alle Teilnehmer und somit effektivere und gezielte Zusammenarbeit.
- **Reduzierung von Ungewissheiten:**  
Die Festlegung und Definition der Maßkriterien für alle Faktoren sowie Einigung auf eine Entscheidungsmethodologie reduzieren Risiken und Ungewissheiten.
- **Schnellere und sichere Bearbeitung:**  
Durch die Erstellung eines Entscheidungsfindungsmodells können die Entscheidungen schnell überprüft und durchgeführt werden.

Insgesamt haben die Entscheidungstheorien folgende Hauptmerkmale:

- Die systematische Annäherung an Entscheidungen
- Die Überprüfbarkeit der Entscheidung

Solche Verfahren ermöglichen eine gleichzeitige und umfassende Faktorenanalyse von Faktoren unterschiedlicher Einheiten, mit festgelegter Systematik und definierten Maßkriterien.

## 4 Problembeschreibung

Bauprojekte sind multidisziplinäre Vorhaben, welche die verschiedenen Felder des Ingenieurwesens sowie andere Disziplinen wie Architektur, Wirtschaft, u. ä. verbinden. Daher beinhaltet die Bewertung und Koordinierung des Projektes eine Vielfalt von Merkmalen und Entscheidungen, die auf unterschiedlichen Einheiten oder Kriterien basieren, welche das Bauvorhaben bestimmen. Risikomanagement ist eine besondere Art von Entscheidungsfindung<sup>12</sup>. Da Risiken nicht die einzigen zu untersuchenden Faktoren bei der Bearbeitung von Bauprojekten sind, erfolgt ihre Zuordnung in einem übergeordneten Bauprojektanalyseverfahren zusammen mit risikounabhängigen Faktoren.

Laut Untersuchungen liegt 60 % der Verluste bei Bauprojekten bereits in der Vorvertragsphase<sup>1,13</sup>. Daher ist die Entwicklung von Instrumenten, welche die Planung und Entwicklung von Projekten unterstützen, extrem relevant und unabdingbar für das Projektmanagement.

Je nach Phase variieren die Bedürfnisse und die Schwerpunkte des Projektes. Durch ihre einzelne Betrachtung lassen sich die Projekte einfacher analysieren und steuern. Dies ist die Hauptaufgabe der Projektmanager zusammen mit ihrer Bewertung und Zuordnung in verschiedene Kategorien (z. B.: Kosten, Materialien, Flächen, Termine, etc.).

Dieses Dokument beschreibt ein Berechnungsmodell für das Projektmanagement. Dafür wird die Entwicklung eines umfassenden Modells zur Bewertung und Analyse von Alternativen bei der Planung (laut Deutscher Verband der Projektsteuerer [DVP], Abb. 10) eines Bauprojektes, erläutert. Das Modell ermöglicht es, eine gleichzeitige Bewertung von risikoabhängigen sowie –unabhängigen Merkmalen des Bauprojektes durchzuführen.

---

<sup>12</sup> Smith, Nigel J. Merna, Tony. Jobling, Paul.: "Managing risk in construction projects", Oxford 2006, 2. ed. Blackwell

<sup>13</sup> Fischer, Peter. Maronde, Michael. Schwieters Jan.: "Das Auftragsrisiko im Griff", Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2007

Leitung	Projektphasen Bauherr	Leistungsphasen nach HOAI	Projektstufen DVP
Projektentwicklung	Projektprogrammstellung		Projektvorbereitung
	Kozeptionsphasen	Grundlagenermittlung	
Projektmanagement		Planungsphasen	Vorplanung
	Entwurf		
	Genehmigungsplanung		
	Realisierungsphasen	Ausführungsplanung	Ausführungsvorbereitung
		Vorbereitung der Vergabe	
		Mitwirken bei der Vergabe	
	Inbetriebnahme	Objektüberwachung	Ausführung
Betreuung und Dokumentation		Projektabschluss	
Facilitymanagement	Nutzung- und Betriebsphase		

Abbildung 10: Leistungs- / Projektphasen in Bauprojekten; eigene Darstellung

#### 4.1 Das Modell

Für die Erstellung des Modells lassen sich Feststellungen treffen, die die Planung von Bauprojekten beschreiben:

- Bauprojekte verfügen über eine große Menge an Informationen und Merkmalen.
- Die Informationen werden von einer hohen und steigenden Anzahl von Teilnehmern bearbeitet.
- Die Informationen und Merkmale sind untereinander hierarchisch vernetzt.
- Die Anzahl an Alternativen ist definiert und diskret (bei Bauprojekten sind selten mehr als drei vollständig unterschiedliche Bauentwürfe zu analysieren).
- Die Merkmale sind extrem unterschiedlich und benötigen unterschiedliche Maßstäbe.
- Alle Bewertungsverfahren sollen gemeinsam angewendet und normalisiert werden, damit der Gesamtüberblick nicht verzerrt oder falsch dargestellt wird.

- Die Überprüfung des Projektes soll sicher und in jedem Moment ermittelbar sein, um damit die Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen zu gewährleisten.

Die große Anzahl von Informationen und Merkmalen lassen sich besser gleichzeitig verarbeiten, wenn sie durch eine Vereinheitlichung normalisiert und in Module zugeordnet werden. Somit werden für die Faktorenbemessung die Kriterien bestimmt. Aus den Informationen der Grundlagenermittlung / Projektvorbereitung (z. B. Raumbuch, Finanzierungspläne, Standort, etc.) ist das Projekt definiert.

Die Entscheidungstheorien leisten Hilfe für diese Aufgabe und erlauben die Gestaltung der Entscheidung in einem Entscheidungsmodell, das die Hierarchien nach Art und Weise der Kriterien beinhaltet und bewertet. Für die dimensionslose und quantitative Bearbeitung der Kriterien, ist die Entwicklung von Nutzfunktionen (Utility Functions) notwendig. Die Nutzfunktionen ermöglichen es, die Kriterien in vereinheitlichten Maßstäben zu vergleichen. Viele Entscheidungsverfahren (wie AHP) verfügen über ihre eigenen Nutzfunktionen und erlauben es damit, übersichtliche Vergleiche zu ziehen, und enthalten gleichzeitig eine einfache Konsistenzüberprüfung.

#### 4.2 Kontextbeschreibung

Der Kontext des Berechnungsmodells basiert auf den Organisationsgrundlagen des Projektmanagements. In der Projektvorbereitung stehen Informationen wie z. B.: Bestandsaufnahmen, Raumprogramme, Finanzierungspläne etc. zur Verfügung. Eine weitere Hilfe in diesem Sinn leistet die DIN 18205 „Bedarfsplanung im Bauwesen“<sup>14</sup>. Sie beinhaltet unter anderem eine Zusammenfassung der wichtigsten zu überprüfenden Merkmale für die Entwicklung von Bauprojekten. Sie fungieren als die ersten Maßkriterien für die Planung.

#### 4.3 Modell-Module (Hauptkriterien)

Die große Menge an Information bei Bauprojekten wird in Module geordnet. Zuerst soll die Kriterienzuordnung durchgeführt werden, welche die Merkmale, die über die gleiche Natur verfügen (diese Natur kann auf den Einheiten, die Art und Weise der Analyse oder Kategorien basieren), in die unterschiedlichen Module sortiert. Die Module des Berechnungsmodells sind in Abbildung 11 definiert:

---

<sup>14</sup> DIN 18205 „Bedarfsplanung im Bauwesen“

	Modul	Methode	Grundlagen
Rahmung	Legal	Rechtliche Rahmenbedingungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Checklisten</li> <li>• Delphi*</li> <li>• Portfolio Theorie*</li> <li>• Vertragsgestaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertrag</li> <li>• Vertragspartner</li> <li>• Gewährleistung</li> <li>• Subunternehmer</li> <li>• Klauseln</li> <li>• Sicherheitsleistung</li> <li>• Haftung</li> </ul>
	Sozial	Soziale Rahmenbedingungen Riesiges Feld abhängig von zahlreichen Faktoren <ul style="list-style-type: none"> <li>- Delphi*</li> <li>- Checklisten*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standort / Viertel / Stadtteil</li> <li>• Mitarbeiter-, Kunden-, Mieterzufriedenheit</li> <li>• Infrastruktur</li> <li>• Umgänglichkeit der Beteiligten</li> <li>• Entwicklung des Standortes</li> <li>• Politik</li> </ul>
Zuordnung nach DIN 276	Ökologisch	Riesiges Feld abhängig von zahlreichen Faktoren <ul style="list-style-type: none"> <li>- Szenarien Simulation*</li> <li>- Delphi*</li> <li>- Portfolio Theorie*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lärmbelastung</li> <li>• Energieverbrauch</li> <li>• Natur- und Artenschutz</li> <li>• Umweltschutz</li> <li>• Luft- und Klimaschutz</li> <li>• Radioaktivität, Substanzen und Werkstoffe</li> </ul>
	Technisch	Riesiges Feld abhängig von zahlreichen Anforderungen, Faktoren, Bauprozessen und Festlegungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN Normen</li> <li>• Raumbuch /-programm</li> <li>• Bauphysik</li> <li>• Anforderungen des BH</li> <li>• Berichte</li> <li>• Genehmigungen</li> <li>• Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV)</li> </ul>
	Wirtschaftlich	Riesiges Feld abhängig von zahlreichen Faktoren, meist projektspezifisch. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cashflow at Risk*</li> <li>- Monte Carlo Simulation*</li> <li>- Portfolio Theorie*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirtschaftlichkeitsberechnung</li> <li>• Genehmigtes Budget</li> <li>• Finanzierungsvereinbarung</li> <li>• Investitionsrechnung</li> <li>• Kredite</li> <li>• etc.</li> </ul>
	Termin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pert*</li> <li>• Terminlisten</li> <li>• Balkenpläne*</li> <li>• Zeitfolgeplan*</li> <li>• Weg-Zeit-Diagramme*</li> <li>• Netzplan*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminpläne</li> <li>• Ecktermine</li> <li>• Abnahme (Teil oder ganz)</li> <li>• Bauleistungen</li> <li>• Terminlisten</li> </ul>

**Abbildung 11:** Modulen-Überblick mit möglichen Risikobewertungsverfahren und notwendigen Grundlagen

Diesen Modulen entsprechen die Hauptkriterien für die Bewertung und Analyse von Projekten und sie stellen gleichzeitig die relevantesten Kriterien dar, welche für den Erfolg aller Bauprojekte überwacht werden sollen. Die Module „Legal“ und „Sozial“ repräsentieren die rechtlichen und sozialen Anforderungen des Projektes und bedeuten einen Bedingungsrahmen, auf dem die Projektbeteiligten (außer bei der Vertragsgestaltung) fast keinen Einfluss haben. Dagegen sind die Kriterien der Module „Ökologisch“, „Technisch“, „Terminlich“ und „Wirtschaftlich“ beeinflussbar. Die DIN 276 leistet für die Zuordnung eine bedeutende Funktion, um die Informationen in Subkriterien zu gliedern (siehe Abb. 11).

Um die spezifischen Anforderungen des Projektes korrekt wiederzugeben (Einmaligkeit des Projektes), verwendet das AHP-Verfahren Wichtungen. Sie ermöglichen, die Anforderungen zu gestalten und zu formulieren.

#### 4.4 Funktionalität des Modells

Die Nachbildung des Projektmanagementsystems bei der Durchführung des Berechnungsmodells ermöglicht die Einbindung der Logik des Analyseprozesses. Die Projektentwicklung ist ein systematischer Kreislauf zwischen dem Fachplaner (FP) und dem PMr, sie wird in Zyklen, z. B. Sitzungen und Besprechungen, durchgeführt, bis die Erwartungen erfüllt werden (siehe Abb. 12).

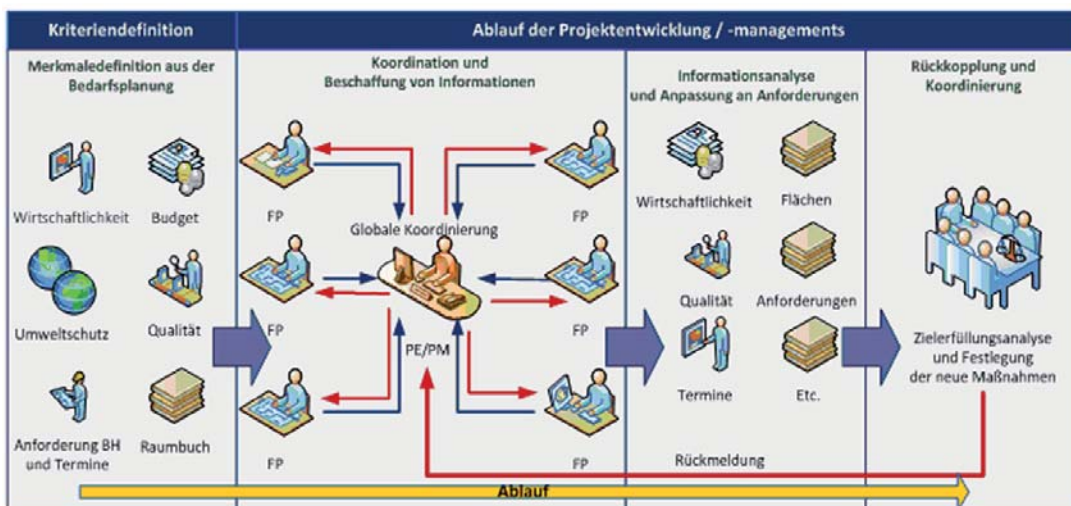
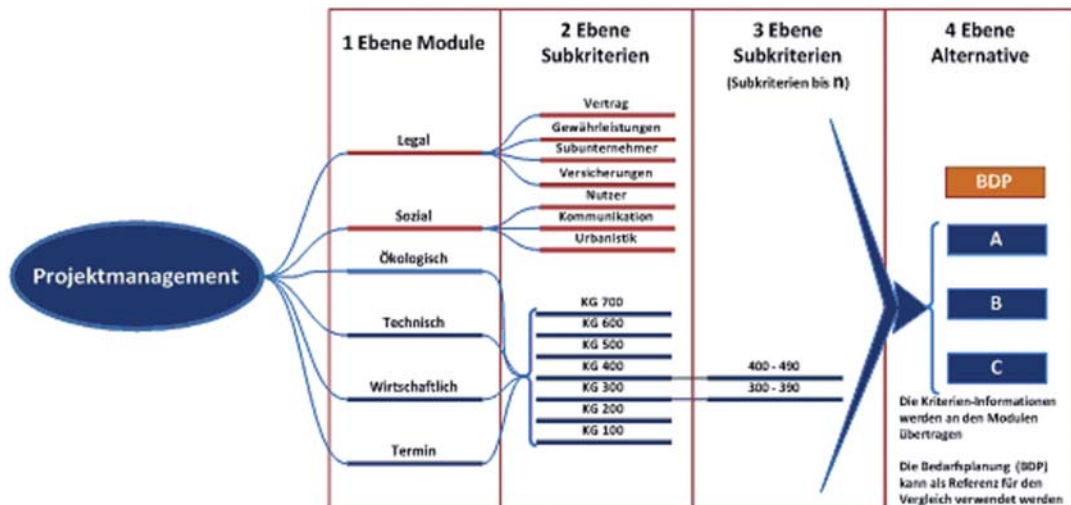


Abbildung 12: Kriterien- und Ablaufdefinition des Projektmanagements

Die Verarbeitung der Informationen ist abhängig von den Ressourcen des Projektmanagements, besonders von der Erfassung und Bewertung von Risiken.



**Abbildung 13:** Modell – Überblick (die hier gegebenen Subkriterien sind nur Illustration und nicht festgelegt); eigene Darstellung

Die Module sind die Hauptkriterien für die Analyse. Sie sind eine Anordnung von Haupt- und Subkriterien. Die Informationen aus den Alternativen, werden hier gegliedert, zugeordnet und schließlich bewertet (siehe Abb. 13). Die Hauptkriterien und Subkriterien werden gewichtet, um die Einmaligkeit beziehungsweise Eigenschaften des Projektes klar darzustellen (Verwendung von Saaty's AHP Skala).

Das Berechnungsmodell stellt schließlich alle Informationen (Vergleiche und Wichtungen) in Tabellen dar, damit das Projekt in jedem Moment kontrolliert wird. Die Einführung solcher Verfahren integriert gleichzeitig eine systematische Basis für die Analyse des Projektes und fordert die Begründung und die Strukturierung der Eingangsinformationen. Deshalb ist es unerlässlich, die Übertragungsformate zu definieren

#### 4.5 Systematik des Berechnungsmodells

Der Informationsaustausch innerhalb des Projektmanagementprozesses ist der Hauptkern des Modells. Dafür sollen zuerst die erforderlichen Maßnahmen für die Anwendung definiert werden:

1. Definition von Zielen, Anforderungen, technischen Besonderheiten, Herausforderungen und Erkennung der ersten Konflikt-Schnittstellen des Projektes.
2. Identifizierung und Definition von Risiken und Kriterien, die für das Projekt wichtig sind.

3. Definition der oder des Risikobewertungsverfahrens sowie der notwendigen Eingangsinformationen für die Analyse.
4. Definition und Festlegung des Übertragungsformates (dies kann z. B. mit Excel-Tabellen erfolgen).
5. Festlegung der erforderlichen Subkriterien und weiterer Unterkriterien (Unterebenen z. B. nach DIN 276).
6. Das Projektmanagement zusammen mit den Projektbeteiligten hat als Haupttätigkeit die Wichtung der Haupt- und Subkriterien für das Berechnungsmodell. Es sollte diese ständig kontrollieren, damit Änderungen in den Projektanforderungen richtig wiedergespiegelt und dokumentiert werden.
7. Die Bewertung, welche als Ergebnis des Berechnungsmodells entsteht, soll datiert und zusammengefasst werden, damit die Begründung des Projektzustandes allen Projektbeteiligten vorgestellt werden kann.
8. Durch die Analyse der Ergebnisse werden neue Maßnahmen definiert und protokolliert, damit die Fachplaner Ihre Verbesserungen durchführen können.
9. Der nächste Termin für die Bewertung der neuen Maßnahmen wird festgelegt.

#### **4.6 Informationsdarstellungen**

Um die Nachvollziehbarkeit und die Vergleiche übersichtlich darzubieten zu können, werden die verschiedenen Teil- und Hauptvergleiche graphisch dargestellt. Somit werden alle verschiedenen Wichtungen, Haupt- und Subkriterien präsentiert, damit die Vergleiche einfach ersichtlich sind. Voraussetzung ist die oben beschriebene Festlegung der Übertragungsformate.

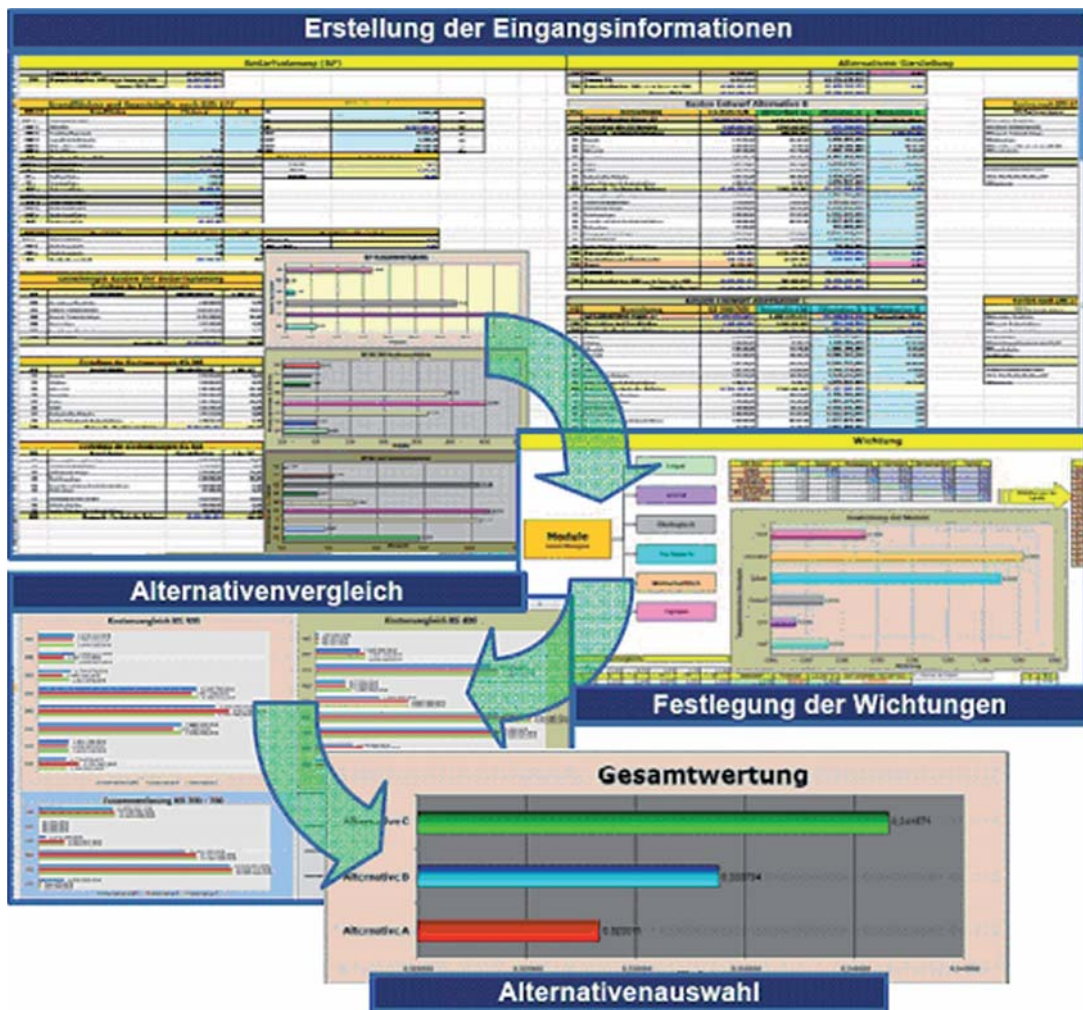


Abbildung 14: Überblick der Darstellungsmöglichkeiten; Eigene Darstellung

Der Ablauf des Modells und ein Überblick sind in der Abbildung 14 zu sehen. Die verschiedenen Informationen aller Kriterien und festgelegten Formate werden dargestellt. In dieser Form werden die Kriterien zu den entsprechenden Hierarchien zugeordnet (siehe auch Abb. 13). Aus diesen Informationen lassen sich die Wichtigkeit der Module, Kriterien und Subkriterien ableiten. Das Projektmanagement soll die Wichtigkeit der Risiken aus der Rückmeldung von den Besprechungen mit den unterschiedlichen Projektbeteiligten ermitteln. Es soll zusätzlich eine weitere Risikobewertung einbinden.

Die Gesamtwertung der Alternativen wird in einer einfachen Tabelle präsentiert. Weitere Informationen über Risiken und Kosten lassen sich weiterhin übersichtlich erkennen. Somit werden die Alternativen mit den entsprechenden Kosten und deren Wahrscheinlichkeit bewertet.

## 5 Zusammenfassung

Projektmanagement hat die Aufgabe, für die Einhaltung von Zielen und Anforderungen bei Bauprojekten zu sorgen. Daher es ist wichtig, die Verwendung von Instrumenten, welche eine schnelle und geeignete Reaktion bei Abweichungen ermöglichen, durchzusetzen. Dies kann nur erreicht werden, wenn die Informationen und ihre Darstellung, nach der Einzigartigkeit jedes Projektes ersichtlich gemacht werden können.

Der Einsatz des hier vorgestellten Berechnungsmodells, gibt die Möglichkeit, diese Darstellung schneller und transparenter zu gestalten.

Die Bewertung von Risiko und anderen Merkmalen sind Bestandteil von Bauprojekten und sollten konstant und konsequent durchgeführt werden. Die Festlegung von Übertragungsformaten, unterstützt diese Aufgabe und kann einfach realisiert werden, wie z. B. per Email eine Excel-Tabelle an alle Projektbeteiligten zu schicken.

## 6 Ausblick

Das Berechnungsmodell repräsentiert eine Lösung für das Controlling von Bauprojekten. Es integriert eine große Menge an Informationen und Überlegungen, die das Projektmanagement während der Projektentwicklung erhält. Die Effektivität basiert in der Objektivität und Quantifizierung der Merkmale (Risikobewertungsverfahren wie z. B. Monte Carlo Simulation oder Eigenschaften der Prozesse wie DIN Normen, etc.) sowie in dem Projektmanagementprozess selbst.

Extrem bedeutend ist die Integration von Risikobewertung bei der Ermittlung der Vergleichsfaktoren (Merkmale) in allen Phasen des Projektes. Die Entwicklung dieses Berechnungsmodells wird derzeit beim Institut für Baubetrieb an der Universität der Bundeswehr München durchgeführt. Dafür wird jedes Modul in praktischer Anwendung und in Zusammenarbeit mit der Industrie getestet sowie abschließend die Module entsprechend Abb. 14 zusammengefügt.