



Lehrstuhl für  
Unternehmensrechnung & Controlling  
Prof. Dr. Volker Lingnau

**U & C**

[www.controlling-lehrstuhl.de](http://www.controlling-lehrstuhl.de)

# Beiträge zur Controlling-Forschung

([www.Controlling-Forschung.de](http://www.Controlling-Forschung.de))

*herausgegeben von*  
*Univ.-Prof. Dr. Volker Lingnau*

Nr. 12

**Aufbau eines kognitionsorientierten Risikocontrolling-  
instrumentes:  
Unterstützung der Risikobewertung  
mittels des Analytic Hierarchy Process**

**Andreas Jonen / Volker Lingnau / Christian Sagawe**

Lehrstuhl für Unternehmensrechnung und Controlling • Technische Universität Kaiserslautern

Gottlieb-Daimler-Straße, Gebäude 42, 67663 Kaiserslautern

ISSN 1612-3875

Nr. 12

Unterstützung der Festlegung der Risikobewertung mittels des Analytic Hierarchy Process

Prof. Dr. Volker Lingnau<sup>\*</sup>

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Andreas Jonen<sup>\*\*</sup>

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christian Sagawe<sup>\*\*\*</sup>

Juni 2007

\* Univ.-Prof. Dr. Volker Lingnau ist Inhaber des Lehrstuhls für Unternehmensrechnung und Controlling an der Technischen Universität Kaiserslautern

\*\* Dipl.-Wirtsch.-Ing. Andreas Jonen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Unternehmensrechnung und Controlling an der Technischen Universität Kaiserslautern

\*\*\* Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christian Sagawe ist Strategieberater im Banken- und Versicherungswesen bei der Accenture GmbH in Düsseldorf

## Summary

The evaluation of risks discharges very often into subjective assessments of the probability of occurrence and / or the extent of loss. These assessments show a low transparency concerning the development of the judgements and are influenced by various different cognitive effects hindering the assessing persons to better accomplish this important step in the handling of risks. The Analytic Hierachy Process [AHP] is an instrument which has especially been used in the field of strategic decision making to solve similar problems of inducing people to make their tacit knowledge explicit. This way it seems reasonable to adopt the AHP methodology for the assessment of risks. For that purpose an AHP-risk evaluation model is built up on the basis of the analysis of advantages and disadvantages of existing risk evaluation models. The elaborated risk evaluation using AHP is finally founded upon the separated judgement of the risk parameters and the quantification with the concept of fixed points. The model delivers an adequate base of operations for risk regulation and reduces the problem areas of low transparency and negative impacts of cognitive effects.

## Zusammenfassung

Im Rahmen der Risikobewertung tritt immer wieder das Problem auf, dass lediglich auf subjektive Einschätzungen der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes zurückgegriffen werden kann. Damit haben eine geringe Transparenz der Festlegung und die Wirkungen verschiedener kognitiver Faktoren einen großen Einfluss auf diesen wesentlichen Schritt der Risikobehandlung. Der Analytic Hierachy Process [AHP] ist ein Instrument, welches bereits insbesondere in der strategischen Entscheidungsfindung zur Minderung dieser Probleme eingesetzt wurde, weswegen eine Umsetzung auf die Risikoeinschätzung sinnvoll erscheint. Dazu wird ein AHP-Risikobewertungsmodell auf der Analyse der Vor- und Nachteile bereits existierender Modelle aufgebaut, welches mittels einer getrennten Einschätzung der Risikoparameter und einer Quantifizierung über das Fixpunktkonzept eine geeignete Ausgangsbasis für die Risikosteuerung darstellt und dabei die Problemfel-

der der mangelnden Transparenz und der starken Wirkung der kognitiven Effekte vermindert.

## **Schlüsselwörter**

Analytic Hierachy Process, Risikobewertung, Controlling

# Inhalt

	Seite
<i>Summary</i> _____	<i>I</i>
<i>Zusammenfassung</i> _____	<i>I</i>
<i>Inhalt</i> _____	<i>III</i>
<i>Abbildungsverzeichnis</i> _____	<i>IV</i>
<i>Tabellenverzeichnis</i> _____	<i>V</i>
<i>Abkürzungsverzeichnis</i> _____	<i>VI</i>
<b>1 Einleitung</b> _____	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b> _____	<b>3</b>
<b>3 Kritische Beurteilung der Anwendungen im Bereich der Risikowirtschaft</b> _____	<b>7</b>
<b>4 Aufbau des Risikobewertungsmodells mittels des AHP</b> _____	<b>17</b>
<b>5 Fazit</b> _____	<b>22</b>
<i>Literatur</i> _____	<i>24</i>
<i>Anhang</i> _____	<i>32</i>
<b>Anhang A: Hierarchiekonzeptionen</b> _____	<b>32</b>
<b>Anhang B: Bewertung der AHP Modelle: Beispiel Projektmanagement</b> _____	<b>32</b>
<b>Anhang C: Bewertung der AHP Modelle: Beispiel als internes Instrument</b> _____	<b>33</b>
<b>Anhang D: Bewertung der AHP Modelle: Beispiel für ein Regierungsprojekt</b> _____	<b>33</b>

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Bewertungsraster .....	9
Abbildung 2: Ablauf Risiko-AHP .....	17
Abbildung 3: Modellkonfiguration des Bewertungsmodells .....	18
Abbildung 4: Sensitivitätsanalyse für das Schadensausmaß .....	20
Abbildung 5: Absolutes Risikoportfolio mit Fixpunktintervallen.....	21

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Bewertungen des AHP .....	3
Tabelle 2: Bewertungsmatrix und Eigenvektor .....	4
Tabelle 3: Soll-Konzept.....	15
Tabelle 4: Globale Risikogewichte.....	19

## **Abkürzungsverzeichnis**

AHP	Analytical Hierarchy Process
CR	Konsistenzrate
ANP	Analytic Network Process

# 1 Einleitung

Im Rahmen des Schrittes der Risikoanalyse innerhalb des Risikowirtschaftsprozesses<sup>1</sup>, ist auf Grund eines Mangels an statistische Daten zu einer Risikosituation eine subjektive Einschätzung der Parameter immer wieder notwendig.<sup>2</sup> Bei der Quantifizierung der einzelnen Risikogewichte bzw. -ausmaße in Prozentzahlen und monetären Größen treten für die Betroffenen immer wieder Schwierigkeiten auf.<sup>3</sup> Dies kann auf Probleme mit den statistischen Grundlagen<sup>4</sup> und Heuristiken<sup>5</sup> zurück geführt werden, welche teilweise auch auf individuellen Merkmalen<sup>6</sup> des jeweiligen Bewerter basieren oder durch situative Risikomerkmale<sup>7</sup> ausgelöst werden. Neben diesen kognitiven Aspekten wird die Transparenz der Festlegungen vielfach bemängelt.

**Zielsetzung** dieses Beitrages ist es ein Instrument zu entwickeln, welches auf die kognitiven Effekte bei der Risikofestsetzung eingeht und eine größere Transparenz in Bezug auf die Entstehung der Bewertungsergebnisse bietet. Dabei findet bei den Zielsetzungen des Instrumentes zur Einschätzung der Risikoparameter weitestgehend eine Beschränkung auf die Könnensaspekte statt, womit beispielsweise motivationelle Effekte nur eine untergeordnete Rolle spielen.<sup>8</sup> Aus dem Bestreben, die negativen kognitiven Effekte zu verringern, können **Forderungen** an ein Risikobewertungsinstrument abgeleitet werden. Diese sind zum einen die Dekomposition des Bewertungsproblems und dessen anschließende Strukturierung.<sup>9</sup> Zum anderen sollte mittels der Einbindung vorhandener Daten eine Objektivierung der Angaben vorgenommen werden.

---

<sup>1</sup> Zum Risikowirtschaftsprozess siehe Jonen, A. / Lingnau, V. (2004): S. 21ff. und Jonen, A. / Lingnau, V. / Schmidt, T. (2005): S. 3ff.

<sup>2</sup> Vgl. Pfohl, H.-C. (1977): S. 24.

<sup>3</sup> Zu den allgemeinen kognitiven Effekten im Zusammenhang mit Controllinginstrumenten siehe Gerling, P. G. / Jonen, A. (2006): S. 54ff.

<sup>4</sup> Vgl. Peterson, C. R. / Beach, L. R. (1967): S. 29ff., Schütt, K.-P. (1981): S. 41 und Gleißner, W. (2003): S. 70, welcher in diesem Zusammenhang den ‚statistical man‘ vom normalen Menschen unterscheidet, der nicht in der Lage ist, alle Folgerungen auf Basis der Daten optimal vorzunehmen.

<sup>5</sup> Vgl. Tversky, A. / Kahneman, D. (1974): S. 1124.

<sup>6</sup> Siehe Plapp, T. / Werner, U. (2003): S. 14ff.

<sup>7</sup> Vgl. Cohen, M. / Jaffray, J.-Y. / Said, T. (1987): S. 11, Eichenberger, R. (1992): S. 20 und Renn, O. / Zwick, M. M. (1997): S. 95.

<sup>8</sup> Zu einer Differenzierung dieser Aspekte des ‚decision facilitation‘ (Entscheidungserleichterung), welches im Mittelpunkt dieses Beitrages steht und dem ‚decision influencing‘ (Entscheidungsbeeinflussung) siehe Demski, J. S. / Feltham, G. A. (1976): S. 8ff.

<sup>9</sup> Vgl. Dörenbach, W. (1982): S. 96 und Simon, H. A. (1997): S. 112.

Im Bereich der indirekten Ermittlung von Risikobewertungen konnte gezeigt werden, dass der Alternativenvergleich gegenüber der direkten Schätzung Gütevorteile aufweist.<sup>10</sup> Dieser Vergleich kann mittels des Analytical Hierarchy Process<sup>11</sup> [AHP] umgesetzt werden, welcher durch die Dekomposition des Problems in besonderem Maße auf die kognitiven Fähigkeiten des Anwenders eingeht<sup>12</sup> und ihn zu einer intensiven prozessgeleiteten Auseinandersetzung mit der Problemstruktur zwingt.<sup>13</sup> Deswegen wird zur **Lösung** des skizzierten Problems der AHP als Basis für das zu entwickelnde Risikobewertungsmodell verwendet. Dazu werden zunächst die Grundlagen zum AHP dargestellt, wobei in besonderem Maße auf die diskutierten Nachteile und deren Abwägung eingegangen wird. Anschließend werden die existierenden Modelle zur Risikobewertung mit Hilfe des AHP analysiert, um die sinnvollen Bestandteile in ein eigenes Modell zu überführen, welches Inhalt des folgenden Abschnittes ist. Zum Abschluss wird eine Bewertung des entwickelten Modells sowie ein Ausblick auf weitere Forschungsgebiete vorgenommen.

---

<sup>10</sup> Vgl. Schütt, K.-P. (1981): S. 235, 240.

<sup>11</sup> Zur Erklärung des Begriffes siehe Harker, P. T. (1989): S. 13.

<sup>12</sup> Vgl. Moutinho, L. (1993): S. 101f., Ossadnik, W. / Maus, S. (1993): S. 4, Deshmukh, A. / Millet, I. (1998): S. 94, Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001): S. 128 und Meixner, O. / Haas, R. (2002): S. 118. Barker, D. C. / Hansen, S. B. (2005) sagen dazu "...we consider AHP to be the best existing application of what we seek to model as systematic cognitive processing". Barker, D. C. / Hansen, S. B. (2005): S. 327.

<sup>13</sup> Vgl. Nauck, A. (1983): S. 5, Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994): S. 32 und Meixner, O. / Haas, R. (2002): S. 113f.

## 2 Grundlagen

Der AHP wurde in den 70er Jahren von Thomas Saaty, einem Mathematiker, entwickelt und stellt eine aus der **Entscheidungstheorie** hervorgegangene Methode dar.<sup>14</sup> Er ist wie die Nutzwertanalyse auf multikriterielle Entscheidungsprobleme<sup>15</sup> ausgerichtet<sup>16</sup> und wird im Vergleich zu diesem, in Deutschland weit verbreiteten Instrument, verstärkt im anglo-amerikanischen Sprachraum eingesetzt.<sup>17</sup> Bei dem AHP, welcher als hierarchisch additives Gewichtungungsverfahren eingeordnet werden kann, werden die einzelnen, nach Ebenen gegliederten<sup>18</sup> Entscheidungsalternativen und Bewertungskriterien gegeneinander abgewogen<sup>19</sup> und nach der in Tabelle 1 gezeigten Einstufung in einer **Paarvergleichsmatrix** bewertet.<sup>20</sup>

Wert der Skala	Eintrittswahrscheinlichkeit	Realisation eines Ziels
1	gleich wahrscheinlich	Gleich
3	etwas (un)wahrscheinlicher	Moderat
5	spürbar (un)wahrscheinlicher	Stark
7	viel (un)wahrscheinlicher	sehr stark
9	extrem (un)wahrscheinlicher	Extrem

Tabelle 1: Bewertungen des AHP<sup>21</sup>

Die Gewichte der Objekte werden aus den Einzelurteilen, die in die Matrix eingetragen wurden, mittels des **Eigenvektors** berechnet, wie es in Tabelle 2 gezeigt wird.<sup>22</sup> Der Eigenvektor gibt die relativen Prioritäten der zur Disposition stehenden Alternativen, unter Berücksichtigung der Haupt- und Nebenzielsetzungen, an.<sup>23</sup> Diese Hierarchiebildung erfolgt für die unter-

<sup>14</sup> Siehe Saaty, T. L. (1977). Einen Vergleich mit anderen Entscheidungsmodellen führt Bachu, K. K. (1993) durch. Ergebnis ist, dass der AHP bessere Ergebnisse liefert und einfacher anzuwenden ist. Vgl. Bachu, K. K. (1993): S. 469f.

<sup>15</sup> Dabei ist der AHP auf komplexe, unstrukturierte Entscheidungsprobleme ausgerichtet. Vgl. Saaty, T. L. / Vargas, L. G. (1982): S. XIII.

<sup>16</sup> Zu den Voraussetzungen zur Anwendung des AHP siehe Harker, P. T. (1989): S. 14f.

<sup>17</sup> Zur Verbreitung des AHP siehe Wasil, E. / Golden, B. L. (2003): 1419.

<sup>18</sup> Vgl. Meixner, O. / Haas, R. (2002): S. 124.

<sup>19</sup> Vgl. Nitzsch von, R. (1993): S. 111.

<sup>20</sup> Vgl. Bhusan, N. / Rai, K. (2004): S. 16. Dabei wird empfohlen, auf Grund des ‚bias in human thinking‘ bei dem Vergleich zweier Objekte immer das größere mit dem kleineren zu vergleichen und für den Gegenvergleich den Kehrwert anzusetzen.

<sup>21</sup> Vgl. Ossadnik, W. / Maus, S. (1993): S. 5 und Ossadnik, W. / Maus, S. (1994): S. 137. Häufig wird die Skala mit verbalen Assoziationsankern verknüpft, um diese intuitiver zu gestalten. Vgl. Saaty, T. L. (1995): S. 73.

<sup>22</sup> Vgl. Meixner, O. / Haas, R. (2002): S. 144.

<sup>23</sup> Vgl. Schippels, G. / Dellmann, K. (1985): S. 2.

schiedlichen Ebenen des Entscheidungsproblems. Mit Hilfe eines Konsistenzmaßes kann abschließend überprüft werden, inwieweit die Angaben widerspruchsfrei sind.<sup>24</sup>

	Bewertungsmatrix				Bewertungsmatrix (normalisiert)				Eigenvektor (EV)	EV (normalisiert)
<b>i/j</b>	$a_1$	$a_2$	...	$a_n$	$a_1$	$a_2$	...	$a_n$	$r_i = \sum_j a_{ij} c_j$	$W_i = r_i / n$
<b>a<sub>1</sub></b>	$a_{11} = 1$	$a_{12}$	...	$a_{1n}$	$a_{11}/c_1$	$a_{12}/c_2$	...	$a_{1n}/c_n$	$r_1$	$w_1$
<b>a<sub>2</sub></b>	$a_{21} = 1/a_{12}$	1	...	$a_{2n}$	$a_{21}/c_1$	$a_{22}/c_2$	...	$a_{2n}/c_n$	$r_2$	$w_2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>a<sub>n</sub></b>	$a_{n1}$		...	$a_{nn} = 1$	$a_{n1}/c_1$	$a_{n2}/c_2$		$a_{nn}/c_n$	$r_n$	$w_n$
<b>Σ</b>	$c_1$	$c_2$	...	$c_n$	1	1	...	1	n	1

Tabelle 2: Bewertungsmatrix und Eigenvektor

Für eine **konsistente Bewertung** gelten die folgenden drei Prämissen:<sup>25</sup>

- (1) **Reziprozität:**<sup>26</sup>  $a_{ij} = 1/a_{ji}$  für alle  $i, j = 1, \dots, n$
- (2) **Identität:**<sup>27</sup>  $a_{ii} = 1$  für alle  $i = 1, \dots, n$
- (3) **Transitivität:**<sup>28</sup>  $a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk}$  für alle  $i, j, k = 1, \dots, n$

Diese Prämissen können vollständig nur von Personen erfüllt werden, welche die Eigenschaften des homo oeconomicus (komplett rationales Verhalten, vollkommene Information, Streben nach Nutzenmaximierung)<sup>29</sup> auf sich vereinen. Bei realen Entscheidungsträgern existieren diesbezüglich jedoch einige Einschränkungen, welche beim AHP-Modell über eine Reduzierung der Forderung an die Konsistenz beachtet werden. Zur Ermittlung der Konsistenz eines Bewertungsvorganges existiert ein Verfahren, dass die Stimmigkeit der Einzelbewertungen untereinander ermittelt. Dazu wird eine **Konsistenzrate**<sup>30</sup> [CR] ermittelt, welche die Wahr-

<sup>24</sup> Vgl. Noble, E. E. (1990): S. 12.

<sup>25</sup> Dabei reduzieren die Prämissen (1) und (2) den Bewertungsaufwand von theoretisch  $n^2$  notwendigen Paarvergleichen auf  $n \cdot (n-1)/2$ .

<sup>26</sup> Vgl. Saaty, T. L. (1986): S. 844.

<sup>27</sup> Die Identität folgt unmittelbar aus der Reziprozität.

<sup>28</sup> Die Transitivität ist kein Pflichtkriterium der AHP-Bewertung, da sie durch die Bewertungsskala nur eingeschränkt ermöglicht wird und Saaty eine bedingte Inkonsistenz der Bewertung zulässt. Nach Saaty ist die Möglichkeit der begrenzt inkonsistenten Bewertung ein wichtiger Aspekt, der dem Umstand des in der Realität nicht immer rationalen Entscheidungsverhaltens des Entscheiders Rechnung trägt. Vgl. Forman, E. H. / Selly, M. A. (2002): S. 46f. und Saaty, T. L. (2003): S. 85f.

<sup>29</sup> Vgl. Kirchgässner, G. (2000): S. 13ff., Becker, J. (2003): S. 42 und Ruckriegel, K.-H. (2007): S. 199ff.

<sup>30</sup> Die Konsistenzrate berechnet sich aus dem Konsistenzindex, der die Differenz des tatsächlichen Eigenwertes zu einer konsistenten Matrix wiedergibt. Zur Ermittlung der Rate wird dieser Index durch den Wert eines Zufallsindex dividiert, welcher sich aus einer Bewertungsmatrix ergibt, die mit Zufallszahlen gefüllt wurde und dieselbe Größe wie die zu überprüfende Matrix hat. Vgl. Saaty, T. L. (1996a): S. 21 und Akomode, J. O. / Lees, B. / Irgens, C. (1999): S. 37. Durchschnittliche simulierte Zufallswerte werden tabellarisch bei Noble, E. E. (1990): S. 20 präsentiert.

scheinlichkeit angibt, dass eine Bewertungsmatrix mit Zufallszahlen gefüllt wurde. Dabei werden Konsistenzwerte von unter 10% als akzeptabel angesehen.<sup>31</sup>

Das Verfahren bietet außerdem Ansatzpunkte, mehrere Personen in den Bewertungsprozess einzubeziehen.<sup>32</sup> Auf diesem Weg kann durch die Verwendung des AHP-Modelles die Subjektivität der Risikobewertung reduziert werden.<sup>33</sup>

Aus einer **kognitiven Perspektive** bietet das Verfahren eine Reihe von **Vorteilen**:

- Die Dekomposition des Entscheidungsproblems ermöglicht es dem Bewerter, den Entscheidungsraum zu verkleinern und so die Anzahl der jeweils einzubeziehenden Information zu verringern.<sup>34</sup>
- Der paarweise Vergleich ist ein Prozess, welcher durch den Menschen tagtäglich durchgeführt wird und seinen natürlichen Begabungen entspricht.<sup>35</sup>
- Die Skala mit Stufen von eins bis neun hat einen geeigneten Differenzierungsgrad, da Individuen mit umfangreicheren Bewertungsmöglichkeiten überfordert sind.<sup>36</sup>
- Die Verbalisierung dieser Skala macht es dem Entscheidungsträger darüber hinaus möglich, seine Erfahrung und sein Wissen in einer intuitiven und natürlichen Weise einzubringen.<sup>37</sup>
- Der Entscheider wird gezwungen, einen strukturierten Entscheidungsprozess zu durchlaufen, welcher Unterstützung bei der Abgabe genauerer Urteile gibt.<sup>38</sup>

**Nachteil** des Verfahrens ist der Zeitaufwand, der durch den paarweisen Vergleich aller Alternativen in Anspruch genommen wird. Dies zeigt sich insbesondere, wenn Entscheidungssituationen mit leicht veränderten Kriterien bzw. Handlungsalternativen auftreten. Hier muss der

---

<sup>31</sup> Vgl. Harker, P. T. (1989): S. 6, Noble, E. E. (1990): S. 14, Saaty, T. L. (1996a): S. 21 und Rommelfanger, H. / Eickemeier, S. H. (2002): S. 154f. „Damit wird die Tatsache berücksichtigt, dass die Präferenzen eines Individuums nicht grundsätzlich konsistent sind.“ Schippels, G. / Dellmann, K. (1985): S. 25.

<sup>32</sup> Vgl. Saaty, T. L. (1986): S. 854 und Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001): S. 128.

<sup>33</sup> Vgl. Dey, P. K. / Gupta, S. S. (2000): S. 69.

<sup>34</sup> Vgl. Kinoshita, E. (2005): S. 5.

<sup>35</sup> Vgl. Saaty, T. L. (2001): S. 397 und Kinoshita, E. (2005): S. 4.

<sup>36</sup> “Human beings have difficulty establishing appropriate relationships when the ratios get beyond 9.” Saaty, T. L. (1994): S. 35. Die Wahl von neun Ausprägungsmerkmalen gewährleistet, dass der Entscheidungsträger sich aller gegebener Skalenwerte bewusst ist. Vgl. Schippels, G. / Dellmann, K. (1985): S. 12ff., Saaty, T. L. (1996a): S. 54 und zu den Tonreihenversuchen von Miller, G. A. (1956). Saaty hat in Versuchen festgestellt, dass mit der 9er Skala die realitätsnahesten Ergebnisse erreicht werden konnten. Die Konsistenz der Ergebnisse ist bei größeren Skalen höher. Vgl. Saaty, T. L. (1977): S. 247. Zur Diskussion der 9er-Skala vgl. Harker, P. T. / Vargas, L. G. (1987): S. 1388ff.

<sup>37</sup> Vgl. Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunlana, S. O. (1994): S. 24 und Dey, P. K. (2002): S. 16.

<sup>38</sup> It “is the morphological way of thoroughly modelling the decision, inducing people to make explicit their tacit knowledge. This leads people to organize and harmonize their different feelings and understanding.” Saaty, T. L. (1994): S. 40.

gesamte paarweise Vergleich noch einmal für jede veränderte Situation durchgeführt werden. Bei dem Einsatz zur Risikobewertung im Rahmen der regelmäßigen Risikoinventur ist gerade dies häufig notwendig.<sup>39</sup> Ein zweiter Nachteil entsteht bei der Hinzunahme oder dem Weglassen einer weiteren Alternative. In diesem Fall können so genannte Rank-Reversals auftreten, bei denen sich die Gesamtpräferenz zweier Alternativen vertauscht.<sup>40</sup> Deswegen werden an die initiale Definition der Alternativen hohe Anforderungen gestellt.<sup>41</sup> Ein drittes Problemfeld wird in dem Fehlen eines Referenzpunktes gesehen, der für den Bewerter notwendig ist, wenn er bewerten soll, wie er eine Alternative A relativ zur Alternative B einschätzt.<sup>42</sup>

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die wenigsten der Kritikpunkte auf Basis der empirischen Ergebnisse von Versuchen bestätigt werden konnten.<sup>43</sup> Es existieren jedoch auch Experimente, in denen festgestellt wurde, dass die Nutzer den AHP als wenig transparent und schwierig zu verstehen ansehen.<sup>44</sup>

---

<sup>39</sup> Zur Reduktion der Anzahl der notwendigen Paarvergleiche ist von Harker, P. T. (1987) ein Verfahren entwickelt worden. Siehe Harker, P. T. (1987): S. 838ff.

<sup>40</sup> Vgl. Dyer, J. S. (1990): S. 252ff., Nitzsch von, R. (1993): S. 114f, Sato, Y. (2001): S. 424 und Meixner, O. / Haas, R. (2002): S. 125.

<sup>41</sup> Vgl. Nauck, A. (1983): S. 3. Kalika, V. I. (2001) beschreibt ein mathematisches Verfahren zur Auswahl von sinnvollen Alternativen. Andere Vorschläge sehen in einer Synthese des AHP und der multi-attributiven Nutzentheorie eine Möglichkeit zur Behebung der Rangfolgenumkehrung. Siehe Dyer, J. S. (1990): S. 255ff.

<sup>42</sup> Vgl. Dyer, J. S. (1990): S. 250.

<sup>43</sup> Vgl. Meixner, O. / Haas, R. (2002): S. 125.

<sup>44</sup> Vgl. Belton, V. (1986): S. 18.

### 3 Kritische Beurteilung der Anwendungen im Bereich der Risikowirtschaft

Die Schwerpunkte der **Anwendung** und Beschreibungen des AHP in der Betriebswirtschaftslehre lagen bisher auf der strategischen Planung<sup>45</sup> und vereinzelt im Controlling<sup>46, 47</sup>. Im Bereich der Risikowirtschaft sind die Ausführungen zur Anwendung des AHP bisher lediglich rudimentär.<sup>48</sup> Die existierenden Modelle sollen im Folgenden kritisch analysiert werden, um die Erkenntnisse der Betrachtung in die Entwicklung eines eigenen Modells überzuleiten.

Die bestehenden Ausführungen zur Kombination von AHP und Risikowirtschaft entstammen zu großen Teilen aus dem Bereich des **Projektmanagements**,<sup>49</sup> da dort Risiken häufig nur vage beschrieben werden können und somit der Bedarf nach subjektiv orientierten Bewertungsverfahren besteht.<sup>50</sup> In die hier angestellte Untersuchung von Publikationen wurden darüber hinaus noch Anwendungen im Bereich der **internen Bewertungsinstrumente**,<sup>51</sup> bei **Regierungsprojekten**<sup>52</sup> und der **Wirtschaftsprüfung**<sup>53</sup> einbezogen. Bei der folgenden Analyse dieser Anwendungen werden nicht die einzelnen Ansätze diskutiert, sondern es wird versucht, Gruppen von spezifischen Vorgehensweisen zu bilden und diese zu beurteilen. Zur Analyse der existierenden Modelle sollen diese nach einem einheitlichen Bewertungsraster

---

<sup>45</sup> Siehe allgemein Bhusan, N. / Rai, K. (2004) und Saaty, T. L. / Vargas, L. G. (1982) mit über 350 Anwendungsbeispielen aus Bereichen wie Militär, Gesundheit, Regierung und Industrie. Für konkrete Anwendungen bei strategischen Entscheidungen siehe Madjid, T. / Banerjee, S. (1995): S. 119ff. und Searcy, D. L. (2004): S. 3ff. Zur Auswahl von Unternehmenszielen siehe Moutinho, L. (1993): S. 102ff.

<sup>46</sup> Beispielsweise für die Balanced Scorecard in Searcy, D. L. (2004), für das Activity-Based-Costing siehe Schniederjans, M. J. / Garvin, T. (1997): S. 72ff. Zur Anwendung im strategischen Controlling siehe Ossadnik, W. / Maus, S. (1994): S. 136ff.

<sup>47</sup> Saaty, T. L. / Vargas, L. G. (1982) beschreiben zwölf Problemtypen, bei denen der AHP angewendet werden kann. Siehe Saaty, T. L. / Vargas, L. G. (1982): S. 16.

<sup>48</sup> Vgl. beispielsweise Dey, P. K. (2002): S. 13ff. für eine Anwendung im Bereich des Risiko-Projektmanagements.

<sup>49</sup> Siehe Mustafa, A. / Al-Bahar, J. F. (1991), Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994), Dey, P. K. / Gupta, S. S. (2000): S. 69ff., Dey, P. K. (2002) und Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004).

<sup>50</sup> Vgl. Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994): S. 24.

<sup>51</sup> Siehe Suh, B. / Han, I. (2003), Braglia, M. / Bevilacqua, M. (2000): S. 125ff. (Festlegung von Risikoniveaus bei Produktionssystemen mit Hilfe des Fuzzy-AHP), Akomode, J. O. / Lees, B. / Irgens, C. (1999): S. 35ff. mit einer Anwendung zur Evaluierung von Risiken bei der Neuproduktentwicklung und Bachu, K. K. (1993): S. 471ff. mit einer Anwendung zur Evaluation der Risiken bei Akquisitionsprozessen.

<sup>52</sup> Siehe Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001), Finan, J. S. / Macnamara, W. D. (2001): S. 30ff. und Azis, I. J. (1990). Hier wurde eine Kosten/Nutzen-Analyse für ein Regierungsprojekt durchgeführt, wobei getrennt die negativen Auswirkungen betrachtet wurden, welche mit den Risiken vergleichbar sind. Vgl. Azis, I. J. (1990): S. 40f.

untersucht werden, welches in drei Teile unterteilt ist. Dies sind die Risikodefinition, das Bewertungsmodell und die Ergebnisinterpretation.

Der Untersuchungsbereich der **Risikodefinition** geht auf die grundsätzliche Auslegung des Modells ein. Dabei wird herausgearbeitet, welche Sachverhalte für das Modell relevant sind, d.h. wie das Risiko interpretiert wird und ob negative und positive Abweichungen von der Zielsetzung einbezogen werden. Darüber hinaus werden unter dem Stichwort Risikoeigenschaften die Anforderungen bei der Beschreibung der Risiken und die Wiederholungsrate der Bewertung analysiert. Damit sind die Eingangsfaktoren und Ziele für das **Bewertungsmodell** festgelegt, welches beschreibt, wie die Evaluation vorgenommen wird, d.h. in welcher Form der Vergleich der beiden Risiken durchgeführt wird, welche Parameter des Risikos mittels des Modells erhoben werden, wie die Hierarchie innerhalb des AHP-Modells aufgebaut wird und wie die Bewertung in Bezug auf die einbezogenen Personen und die davon abhängige Methodik von statten geht. Das Raster zur Bewertung der existierenden AHP-Risikomodelle analysiert im letzten Schritt die Art und Weise der **Ergebnisinterpretation**. Dabei wird verglichen, welche Umwandlungen die Modelle für die mit Hilfe des AHP ermittelte Reihenfolge vorsehen. Hier kann die ordinale Reihenfolge als Ausgangspunkt für Entscheidungen verwendet werden oder eine Weiterverarbeitung durch eine Überführung in eine kardinale Skala vorgenommen werden. Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Bereiche des Bewertungsrasters und deren Zusammenhänge.

---

<sup>53</sup> Siehe Deshmukh, A. / Millet, I. (1998) und Apostolou, B. A. / Hassell, J. M. / Webber, S. A. / Summers, G. E. (2001): S. 4ff.

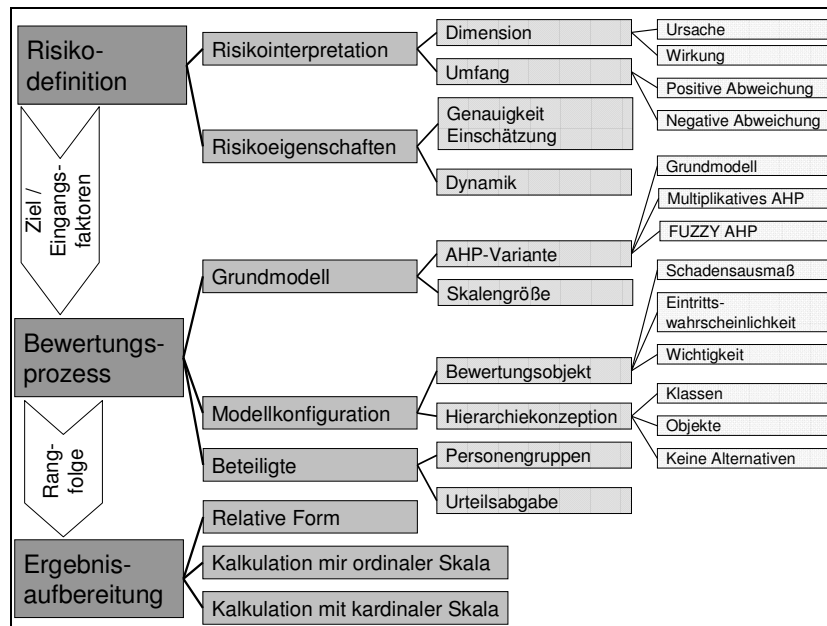


Abbildung 1: Bewertungsraaster

Im Folgenden werden die verschiedenen Ausgestaltungsmöglichkeiten analysiert, um abschließend ein Sollkonzept aufzustellen an dem sich der Aufbau des zu entwickelnden Risiko-AHP-Modelles orientieren soll. Innerhalb der Risikodefinition werden die Interpretation des Risikos und dessen Eigenschaften analysiert:

- Risikointerpretation:
  - Mögliche Dimensionen der Risikobetrachtung umfassen die Betrachtung des Risikos einerseits aus der Perspektive der Ausgangsfaktoren die zu einem Risiko führen (Ursache)<sup>54</sup> und / oder andererseits aus der Perspektive der Ziele, also der Wirkung, die das Risiko hat. Die Ergebnisse einer isolierten ursachen- oder wirkungsorientierten Bewertung stellen keine ausreichende Basis für die Verwendung im Bereich der Risikosteuerungsmaßnahmen dar da beide Dimensionen notwendig sind, um adäquate Steuerungsmaßnahmen auswählen zu können.<sup>55</sup>
  - In Bezug auf den **Umfang** des Risikobegriffs ist das Differenzierungskriterium der Modelle der Einbezug von positiven Abweichungen.<sup>56</sup> Auf Grund der Schwierigkeiten bei der Abgrenzung von Chancen und Risiken und der hohen

<sup>54</sup> Diese Vorgehensweise wurde lediglich von zwei Modellen verwendet. Siehe Deshmukh, A. / Millet, I. (1998) und Apostolou, B. A. / Hassell, J. M. / Webber, S. A. / Sumners, G. E. (2001): S. 7f.

<sup>55</sup> Vgl. Jonen, A. (2005): S. 68f.

<sup>56</sup> Keines der betrachteten Modelle hat Chancen einbezogen.

Anforderungen an die initiale Erfassung bei dem AHP, welche besonders schwierig bei Chancen zu erfüllen ist, soll auf den Einbezug der positiven Abweichungen verzichtet werden.

- Risikoeigenschaften:
  - Die Anforderungen an **Genauigkeit** der Risikoeinschätzung reichen von einer subjektiven Relevanzeinschätzung<sup>57</sup> bis zur detaillierten Risikokontingentschätzung auf monetärer Basis<sup>58</sup>. Hier kann keine grundsätzliche Empfehlung eines Genauigkeitsgrades abgegeben werden, da dieser abhängig von der weiteren Verwendung ist. Wenn möglich sollte versucht werden die erhobenen rein subjektiven Einschätzungen mittels objektiver Daten weiter zu überprüfen und quantifizieren.
  - Von der **Dynamik** der Risiken<sup>59</sup> hängt ab, in wie weit die Einschätzung einmalig<sup>60</sup> oder kontinuierlicher erfolgen muss und ob der Einsatz mit geringer<sup>61</sup> oder hoher Wiederholungsrate vorgenommen werden muss. Diese Häufigkeit ist Abhängig von der Risikoart und dem Umfeld. Die grundsätzliche Anwendung des relativ aufwändigen AHP-Bewertungsverfahren sollte für Risikosituationen gewählt werden, bei denen zumindest ein mittelfristiger zeitlicher Bezugsrahmen existiert.<sup>62</sup>

Der nächste Schritt zur Untersuchung der Eigenschaften der AHP-Risikobewertungsmodelle geht auf den Bewertungsprozess ein und betrachtet in diesem Zusammenhang das verwendete Grundmodell, die Konfiguration dieses Modells hinsichtlich des Bewertungsobjektes und der Hierarchie sowie die Beteiligten an dem Prozess:

- Grundmodell:

---

<sup>57</sup> Siehe Mustafa, A. / Al-Bahar, J. F. (1991).

<sup>58</sup> Siehe Dey, P. K. (2002).

<sup>59</sup> Hier kann unterschieden werden in statische und dynamische Risiken. Siehe Rosenkranz, F. / Mißler-Behr, M. (2005): S. 32ff.

<sup>60</sup> Diese Vorgehensweise ist typisch für die Projektrisikobewertung. Siehe Fußnote 49.

<sup>61</sup> Beispiele mit einer relativ hohen Stabilität und damit einer geringen Wiederholungsrate sind die allgemeine Gefährdung von chilenischen Städten durch Naturkatastrophen in Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001) oder die Auflistung der Gefährdungsfaktoren der nationalen Sicherheit Kanadas in Finan, J. S. / Macnamara, W. D. (2001): S. 31ff.

<sup>62</sup> Vgl. Saaty, T. L. (1987): S. 159.

- In Bezug auf die **AHP-Variante** verwenden die untersuchten Instrumente das Grundmodell, den multiplikative AHP<sup>63</sup> oder den Fuzzy-AHP<sup>64</sup>. Aus allgemeinen Untersuchungen zu den Varianten ist bekannt, dass der multiplikative AHP die asymmetrische Präferenzdarstellung verstärkt, ohne dass dies dem Bewerter bewusst ist.<sup>65</sup> Die Bewertung über den Fuzzy-AHP entspricht besser der subjektiven Meinung des Entscheiders<sup>66</sup> und stellt eine mögliche Erweiterung für das hier zu entwickelnde Modell dar, welches zunächst auf dem Grundmodell basiert.
- Bei der **Skalengröße** können eine verengte Skala von 1,1 bis 1,9<sup>67</sup>, die ‚normale Skala‘ von 1 bis 9, oder eine breitere Skala verwendet werden. Durch die engen Skalen erfolgt eine signifikante Limitierung der Vergleichbarkeit der Risiken eines Clusters und die Reziprozität geht verloren. Die breiten Skalen haben durch ihre Polarisierung einen ähnlichen negativen Effekt wie der multiplikative AHP. Deswegen soll das AHP-Risikobewertungsmodell die ‚normale Skala‘ verwenden.
- **Modellkonfiguration:**
  - Das **Bewertungsobjekt** kann das Schadensausmaß, die Eintrittswahrscheinlichkeit oder die relative Wichtigkeit<sup>68</sup> des Risikos sein. Ein weiteres Differenzierungsmerkmal der untersuchten Modelle ist eine Erhebung der Werte in

---

<sup>63</sup> Beim multiplikativen AHP findet nach dem Aufstellen der Paarvergleichsmatrizen eine Transformation mittels eines Skalierungsparameters statt. Vgl. Ramanathan, R. (1997): S. 545ff. und Eickemeier, S. (2002): S. 391f. Einen Anwendungsfall beschreiben Barzilai, J. / Lootsma, F. A. (1997): S. 155ff. Vorteil des multiplikativen AHP ist eine Verringerung der Rank Reversals. Vgl. Lootsma, F. A. (1993): S. 105ff.

<sup>64</sup> Zur Bildung der Präferenzdarstellung über Fuzzy-Intervalle siehe Leung, L. C. / Cao, D. (2000): S. 108ff., Rommelfanger, H. / Eickemeier, S. H. (2002): S. 163ff. und Ghazanfari, M. / Nojavan, M. (2004): S. 381ff. Bei der Analyse der ausgewählten AHP-Risikobewertungsmodelle fällt auf, dass lediglich Braglia, M. / Bevilacqua, M. (2000) eine Angabe zum verwendeten Modell geben (Fuzzy-AHP). Auf Grund der weiten Verbreitung des Grundmodells ist davon auszugehen, dass dieses für die meisten Anwendungen eingesetzt wird.

<sup>65</sup> Vgl. Eickemeier, S. (2002): S. 392.

<sup>66</sup> Vgl. Eickemeier, S. (2002): S. 395f.

<sup>67</sup> Saaty, T. L. (1990) empfiehlt die Verwendung von engeren Skalen, „when the elements being compared are closer together than indicated by the scale.“ Saaty, T. L. (1990): S. 16.

<sup>68</sup> Die relative Wichtigkeit wird in den untersuchten Modellen allgemein mit ‚relative importance‘ in den Bewertungsfragen bezeichnet. Siehe Deshmukh, A. / Millet, I. (1998): S. 95ff., Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001): S. 123 und Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004): S. 683. Weitere Modelle, die die Wichtigkeit als aggregierte Dimension verwenden, sind Bachu, K. K. (1993) und Akomode, J. O. / Lees, B. / Irgens, C. (1999). Saaty, T. L. (1987) empfiehlt die Erhebung von „importance and likelihood of occurrence.“ Saaty, T. L. (1987): S. 160.

Kombination<sup>69</sup> oder einzeln<sup>70</sup>. Die eindimensionale Bewertung bietet eine unzureichende Entscheidungsgrundlage, da nur die Wahrscheinlichkeit des Eintrittes oder das mögliche Schadensausmaß bekannt sind. Die Wichtigkeitswerte beinhalten zwar beide Parameter, zeichnen sich jedoch aufgrund der Aggregation durch einen zu hohen Informationsverlust aus.<sup>71</sup> Deswegen sollen als Folge der Festlegung zur Risikointerpretation beide Dimensionen<sup>72</sup>, also Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit<sup>73</sup> einzeln erhoben werden. Dies soll über eine parallele Bewertung mit Hilfe einer Verfeinerungshierarchie stattfinden, damit eine völlig getrennte Erhebung der Parameter gewährleistet ist.

- Die **Hierarchiekonzeption**<sup>74</sup> innerhalb des AHP-Bewertungsmodells kann sich an Risikowahrscheinlichkeitsklassen<sup>75</sup>, Risikoobjekten<sup>76</sup> oder keinen Alternativen<sup>77</sup> orientieren. Dabei stellt die Einordnung in die Klassen hohe Anforderungen an die Informationsverarbeitung des Bewerbers<sup>78</sup> und wird deswegen üblicherweise erst auf Basis der vorgenommenen Bewertung gebildet. Die

---

<sup>69</sup> Bei der kombinierten Ermittlung kann nach dem Aggregationsniveau der Abfrage unterschieden werden. Die Modelle von Dey, P. K. / Gupta, S. S. (2000) und Dey, P. K. (2002) verwenden ein geringes Aggregationsniveau und Mustafa, A. / Al-Bahar, J. F. (1991), sowie Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994) verwenden Risikowahrscheinlichkeitsklassen über die sie die Wahrscheinlichkeitswerte aggregiert abfragen.

<sup>70</sup> Folgende Modelle haben nur eine Dimension, d.h. Eintrittswahrscheinlichkeit oder Schadensausmaß abgefragt: Azis, I. J. (1990), Apostolou, B. A. / Hassell, J. M. / Webber, S. A. / Sumners, G. E. (2001) und Suh, B. / Han, I. (2003).

<sup>71</sup> Zur Kritik an der unterlassenen Differenzierung von Risiken mit hohem Schadensausmaß und geringer Eintrittswahrscheinlichkeit und Risiken mit Komplementärausprägungen siehe Diederichs, M. / Richter, H. (2001): S. 139 und Hölscher, R. (2002): S. 9.

<sup>72</sup> „One must consider all observed factors, and then establish priorities in the two senses mentioned above: importance and likelihood of occurrence.“ Saaty, T. L. / Vargas, L. G. (1991): S. 28 über die empfohlene Vorgehensweise bei der Risikobetrachtung mittels des AHP.

<sup>73</sup> Bezüglich der Fragestellung nach der Wahrscheinlichkeit bzw. Relevanz eines Risikos empfiehlt Saaty die Formulierung nach einem durchschnittlich erwarteten Wert. Vgl. Saaty, T. L. (1987): S. 168.

<sup>74</sup> Die drei unterschiedlichen möglichen Hierarchiekonzeptionen sind im Anhang dargestellt.

<sup>75</sup> Nach der Bewertung des Schadensausmaßes werden die Risiken in Risikoklassen (meistens hoch, mittel, tief) eingeordnet. Siehe Mustafa, A. / Al-Bahar, J. F. (1991), Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994), Deshmukh, A. / Millet, I. (1998) und Finan, J. S. / Macnamara, W. D. (2001).

<sup>76</sup> Siehe Azis, I. J. (1990) (Risikoobjekte sind politische Strategien), Bachu, K. K. (1993) (Risikoobjekte sind Handlungsalternativen) Akomode, J. O. / Lees, B. / Irgens, C. (1999) (Risikoobjekte sind Produktneuentwicklungen), Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001) (Risikoobjekte sind Städte) und Dey, P. K. (2003): S. 215 (Risikoobjekte sind Abschnitte einer geplanten Ölpipeline).

<sup>77</sup> Siehe Apostolou, B. A. / Hassell, J. M. / Webber, S. A. / Sumners, G. E. (2001) und Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004).

<sup>78</sup> Die Fragestellung: „Um wie viel höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Risiko eines Maschinenausfalls in der Risikoklasse hoch und nicht mittel liegt“, verdeutlicht die hohen kognitiven Anforderungen und verstoßt gegen die von Saaty, T. L. (1990) geforderte „uniqueness in the representation of judgements“ Saaty, T. L. (1990): S. 10.

Ergebnisse bei Risikoobjekten sind verzerrt, wenn zwei Alternativen ein ähnliches Risikoanfälligkeitsprofil aufweisen.<sup>79</sup> Deswegen findet hier eine Bewertung von Einzelrisiken und nicht von Alternativen statt.

- Beteiligte:
  - Die existierenden AHP-Risikobewertungsmodelle beziehen unterschiedliche **Personengruppen** in die Bewertung ein. Es kann differenziert werden nach genereller<sup>80</sup> und operativer<sup>81</sup> Expertise sowie einem kombinierten Einsatz<sup>82</sup> dieser beiden Expertisearten. Auswahlkriterium sind hier die Kosten, welche durch das Hinzuziehen der Experten entstehen, wobei zu erwarten ist, dass über die Vereinigung von genereller und operativer Expertise und die Hinzunahme von fachfremden Experten<sup>83</sup> die besten Ergebnisse erreicht werden können.
  - Zur Integration der verschiedenen Personen können zur **Urteilsabgabe** unterschiedliche Methoden verwendet werden, wie die Delphimethode<sup>84</sup>, Einzel-, Gruppenbefragungen durch Brainstormingsitzungen oder Konsensrunden. Durch die starke Strukturierung innerhalb der Delphimethode wird teilweise die Kreativität unterdrückt. Deswegen sollte diese bevorzugt bei der Bewertung<sup>85</sup> eingesetzt werden und möglichst nicht bei der Risikoidentifikation.

---

<sup>79</sup> In diesem Fall wird der Forderung Harkers nach "truly unique" Alternativen widersprochen. Harker, P. T. (1989): S. 17.

<sup>80</sup> Siehe Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004) (Top-Down-Identifikation), Dey, P. K. (2002) (Hierarchisierung durch Führungskräfte mit über 15 Jahren Berufserfahrung in Brainstormingsitzungen).

<sup>81</sup> Siehe Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001) (Bottom-Up-Identifikation durch Integration von lokalen Einwohnern) oder Apostolou, B. A. / Hassell, J. M. / Webber, S. A. / Summers, G. E. (2001) (Schulungsseminare für interne Mitarbeiter) und Suh, B. / Han, I. (2003) (Bewertung durch Personal der Business Unit) sowie Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004) (Bewertung durch nicht unmittelbar am Projektmanagement beteiligte Ingenieure).

<sup>82</sup> Siehe Dey, P. K. (2002) (Analyseteam gab initiale Struktur vor, und übernahm Auswertung), Suh, B. / Han, I. (2003) (Bewertung durch Manager) und Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004): S. 686 (Identifikation und Bewertung).

<sup>83</sup> Durch die Hinzunahme von fachfremden Experten kann eine unerwünschte Ergebnismanipulation, wie beispielsweise durch Erfahrungsüberbewertung bzw. Unterbewertung, reduziert werden. Vgl. Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001), wo eine Unterbewertung von Risiken durch lokale Zivilisten beobachtet werden konnte, die aus der Evaluation herausgefiltert werden mussten.

<sup>84</sup> Die Delphimethode ist in Verbindung mit dem AHP weit verbreitet, insbesondere zur Identifikation und Strukturierung der Hierarchien (Siehe Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004)) aber auch zur Bewertung (Suh, B. / Han, I. (2003)). Es existieren sogar Modifikationen des AHP, wie der 'Delphic Hierarchy Process' (Siehe Khorramshahgol, R. / Moustakis, V. S. (1988): S. 349ff.) oder die Analytic Delphy Method (Siehe Azani, H. / Khorramshahgol, R. (1990): S. 23ff.).

<sup>85</sup> Der Einsatz bei der Bewertung ist besonders sinnvoll, wenn eine gemeinsame Gruppenarbeit nicht möglich ist und die Anonymität der Teilnehmer gewünscht wird. Vgl. Saaty, T. L. (1996a): S. 69.

Zum Abschluss wird innerhalb der **Ergebnisaufbereitung** untersucht, welche Möglichkeiten zur Weiterverarbeitung der aus dem Bewertungsprozess resultierenden Reihenfolge existieren. Diese sind abhängig von der weiteren Verwendung der Ergebnisse. Dabei bestehen drei Möglichkeiten:

- Die Reihenfolge, bzw. die für die einzelnen Risiken ermittelten Werte werden unverändert in relativer Form belassen.<sup>86</sup>
- Die Werte werden ohne weitere Berechnungen in weitere Kalkulation übernommen<sup>87</sup>, wobei diese Verwendung der Ergebnisse für arithmetische Operationen fehlerbehaftet ist.<sup>88</sup>
- Die Ergebnisse werden vor der Verwendung in einer Kalkulation weitergehend quantifiziert.<sup>89</sup>

Die reine Rangfolgendarstellung ist bei einigen Fragestellungen absolut ausreichend.<sup>90</sup> Eine Risikosteuerung ist mit dieser Information jedoch nur eingeschränkt möglich, weswegen eine weitergehende Quantifizierung der AHP-Ergebnisse sinnvoll ist.<sup>91</sup> Um diese weitergehende Quantifizierung vorzunehmen, kann eine Integration von objektiven Daten erfolgen. Dazu gibt es die Variante des Absoluten AHP<sup>92</sup> oder die subjektive Berücksichtigung.<sup>93</sup> Vielfach

---

<sup>86</sup> Siehe Mustafa, A. / Al-Bahar, J. F. (1991), Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994), Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001), Apostolou, B. A. / Hassell, J. M. / Webber, S. A. / Sumners, G. E. (2001), Finan, J. S. / Macnamara, W. D. (2001) und Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004).

<sup>87</sup> Siehe Akomode, J. O. / Lees, B. / Irgens, C. (1999), Dey, P. K. (2002) und Suh, B. / Han, I. (2003).

<sup>88</sup> Obwohl der arithmetische Abstand zwischen zwei Werten einen gewissen Aufschluss über deren Verhältnis in monetären Einheiten gibt, (Vgl. Finan, J. S. / Macnamara, W. D. (2001): S. 33.) können die normalisierten AHP-Ergebnisse nicht ohne weiteres als Schadensausmaß oder Eintrittswahrscheinlichkeit weiterverwendet werden. Akomode, J. O. / Lees, B. / Irgens, C. (1999) weisen auf diese Gefahr der „conventional and mere subjective categorization“ hin, verwenden jedoch im weiteren Verlauf ohne weitere Modifikationen die AHP-Ergebnisse als Quantifizierung der absoluten Bewertung. Siehe Akomode, J. O. / Lees, B. / Irgens, C. (1999): S. 41. Diese fehlerbehaftete direkte Verwendung der AHP-Ergebnisse ist außerdem bei Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994): S. 27 und Suh, B. / Han, I. (2003): S. 156 zu beobachten.

<sup>89</sup> Keines der untersuchten Modelle hat die Ergebnisse vor der Weiterverwendung quantifiziert.

<sup>90</sup> Beispielsweise ist in Apostolou, B. A. / Hassell, J. M. / Webber, S. A. / Sumners, G. E. (2001) bei der Priorisierung von Risikoindikatoren für Managementbetrug die Rangfolge das Bewertungsziel. Ähnlich verhält es sich bei Finan, J. S. / Macnamara, W. D. (2001), welche eine Priorisierung von nationalen Sicherheitsrisiken durchführen.

<sup>91</sup> Da keines der untersuchten Modelle eine solche Quantifizierung vorgenommen hat, muss für diesen Bereich eine eigene Vorgehensweise entwickelt werden.

<sup>92</sup> Für die Risiken werden Wertintervalle gebildet (z.B. beim Schadensausmaß: Klasse 1 < 50.000 €, Klassen 2 50.000 bis 250.000 € und Klasse 3 > 250.000 €). Die Intervalle werden hinsichtlich ihrer subjektiven Bedeutung für das Risiko über Paarvergleiche gewichtet. Darüber findet eine Zuordnung der Risiken zu quantifizierten Schadensausmaß- und Wahrscheinlichkeitsintervallen statt. Vgl. Saaty, T. L. (1990): S. 17f. Der absolute AHP wurde bei Deshmukh, A. / Millet, I. (1998): S. 98 eingesetzt.

<sup>93</sup> Beispielsweise wurden bei Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001) bestehende und selbst angelegte Studien, Bibliographien und historische Daten über die Risikovorkommnisse als Bewertungsgrundlage verwendet.

muss jedoch auf Grund des Mangels an objektiven Daten auf die Integration verzichtet werden.<sup>94</sup> Im weiteren Verlauf soll auf das Fixpunktconcept<sup>95</sup> zurückgegriffen werden, welches noch bei keinem der existierenden Modell verwendet wurde und mit dessen Hilfe eine intervallbasierte Angabe von Wahrscheinlichkeitswerten und Schadensausmaßen vorgenommen wird. Tabelle 3 zeigt zusammenfassend die Ausprägungen der einzelnen Kategorien des AHP-Risikobewertungsmodells als Soll-Konzept.

Ausgestaltungspfad		Auswahl	
<b>Risikodefinition</b>	Risikointerpretation	Dimension	Einbezug von Ursache- und Wirkungsdimension.
		Umfang	Beschränkung auf die Betrachtung von negativen Abweichungen.
	Risikoeigenschaften	Genauigkeit	Wenn möglich, Validierung der subjektiven Schätzungen mit objektiven Daten.
		Dynamik	Verwendung des AHP-Risikobewertungsmodells für Risiken, die mindestens einen mittelfristigen zeitlichen Bezugsrahmen haben.
<b>Bewertungsprozess</b>	Grundmodell	AHP-Variante	Verwendung des Grundmodells mit Möglichkeit zur Erweiterung mit Hilfe des Fuzzy-AHP.
		Skalengröße	Verwendung der ‚normalen Skala‘ von 1 bis 9.
	Modellkonfiguration	Bewertungsobjekt	Getrennte Erhebung von Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit.
		Hierarchiekonzeption	Bewertung von Einzelrisiken.
	Beteiligte	Personengruppen	Vereinigung unterschiedlicher Expertisen unter Beachtung der Kosten
		Urteilsabgabe	Einsatz von Gruppenbewertungsverfahren (Delphimethode, Konsensrunde) im Rahmen der Risikobewertung
<b>Ergebnisaufbereitung</b>	Weitergehende Quantifizierung der erhobenen Reihenfolge mit Hilfe des Fixpunktconceptes		

Tabelle 3: Soll-Konzept

Die Analyse der in der Literatur vorgestellten Anwendungen des AHP im Risikobereich hat zum einen gezeigt, dass keines der existierenden AHP-Risikomodelle in allen Bestandteilen die Anforderungen des aufgestellten Soll-Konzeptes erfüllen kann.<sup>96</sup> Zum anderen konnte durch die vergleichende Analyse dargestellt werden, dass hinsichtlich der Ausgestaltung eine Reihe von Vorschlägen existieren, welche hilfreich beim Aufbau eines neuen Instrumentes zur Unterstützung des Risikowirtschaftsprozesses sein können. Hierzu wurden die einzelnen Ausgestaltungsalternativen besprochen und für das zu entwickelnde Modell die Geeignetesten ausgewählt. Für den Schritt der Quantifizierung bzw. Kategorisierung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß existieren noch keine Methoden, die zufriedenstellende

<sup>94</sup> Der Verzicht auf die Integration objektiver Daten erfolgt häufig zwangsläufig auf Grund des Mangels an objektiven Daten. Vgl. Hahn, D. (1987): S. 137 und Lischke, T. / Kirner, H. (2000): S. 46.

<sup>95</sup> Siehe Helmke, S. / Risse, R. (1999): S. 277ff.

<sup>96</sup> Zu einer beispielhaften Analyse der AHP-Risikobewertungsmodelle siehe Anhang B, Anhang C und Anhang D.

Resultate generieren. Deswegen werden im weiteren Verlauf mit Hilfe des Fixpunktkonzeptes ergänzende quantifizierende Verfahren in den AHP integriert.

## 4 Aufbau des Risikobewertungsmodells mittels des AHP

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus der Analyse der bestehenden AHP-Risikobewertungsmodelle, werden in diesem Kapitel die Phasen des hier entwickelten AHP-Bewertungsprozesses dargestellt. Abbildung 2 zeigt die einzelnen Schritte, die notwendig sind, um mittels des AHP-Modells Bewertungen der Risiken nach Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß vorzunehmen.

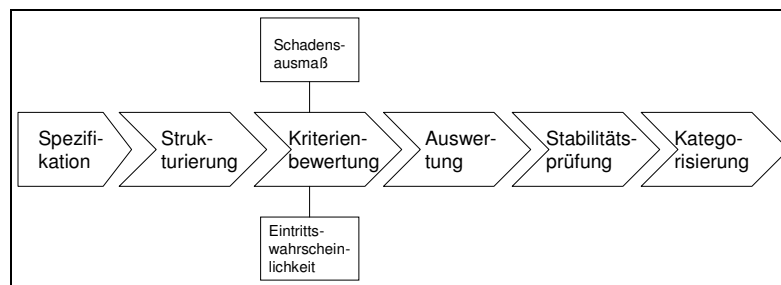


Abbildung 2: Ablauf Risiko-AHP

In der einleitenden **Spezifikationsphase** werden die Einzelrisiken<sup>97</sup>, deren Bemessungsgrundlage<sup>98</sup>, sowie der Grad der jeweiligen Risikoquantifizierbarkeit<sup>99</sup> festgelegt. Die Festlegung der Bemessungsgrundlage und des Quantifizierungsgrades dienen als Ausgangspunkt zur Definition der einzusetzenden objektivierenden Daten und notwendigen zusätzlichen quantifizierenden Verfahren.

Die **Strukturierung** entspricht dem Schritt der Kategorisierung des Risikowirtschaftsprozesses.<sup>100</sup> Ergebnis ist eine hierarchisierte Darstellung der spezifizierten Risiken. Spezielle Anforderungen sind dabei die Vergleichbarkeit der Clusterelemente<sup>101</sup>, die Elementendisjunktheit und eine möglichst geringe Risikokategoriengröße.

<sup>97</sup> Bei der Auswahl der Einzelrisiken empfiehlt sich die Festlegung einer monetären Wesentlichkeitsgrenze. Vgl. Stolle, F. (2003): S. 71.

<sup>98</sup> Im Sinne von (Frühwarn-)Indikatoren. Vgl. Lück, W. (1998): S. 12, Gleißner, W. / Meier, G. (1999): S. 927 und Burger, A. / Buchhart, A. (2002): S. 33.

<sup>99</sup> Beispielsweise werden im Modell von Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994) die Risikoparameter als ‚undefined‘, ‚poorly defined‘, ‚fairly defined‘ und ‚reasonably well defined‘ klassifiziert. Siehe Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994): S. 28f.

<sup>100</sup> Vgl. Kirchner, M. (2002): S. 18, Stolle, F. (2003): S. 69 und Jonen, A. / Lingnau, V. (2004): S. 24.

<sup>101</sup> Die Risiken innerhalb eines Clusters müssen bezüglich der zu bewertenden Zieldimensionen Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit so gewählt werden, „that it is meaningful to compare them among themselves“ Saaty, T. L. (1990): S. 10. Saaty, T. L. (1990) veranschaulicht diesen Umstand an der Bedeutungslosigkeit eines Größenvergleichs zwischen einem Football und dem Mount Everest Vgl. Saaty, T. L. (1990): S. 9.

Zur **Kriterienbewertung** werden Fragebögen verwendet, in denen jeweils zwei Risikokategorien oder Einzelrisiken, getrennt nach Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß, miteinander verglichen werden, wie es

Abbildung 3 zeigt. Auf Grund der möglichen Beeinflussung der Bewertung durch die Anordnung der Fragen, sollten bei einer Einbindung mehrerer Personen für die verschiedenen Teilnehmer unterschiedliche Reihenfolgen verwendet werden.<sup>102</sup> Zur Beantwortung der Fragen ist ein kontextabhängiger Einsatz von Gruppenbefragungen<sup>103</sup> und Individualbefragungen durch die Delphi-Technik hilfreich.<sup>104</sup> Die Entscheidung für ein einzelnes Verfahren oder eine Kombination sollte an Hand des Aufwands, der Relevanz und der Schwierigkeit der Bewertung bestimmt werden.<sup>105</sup>

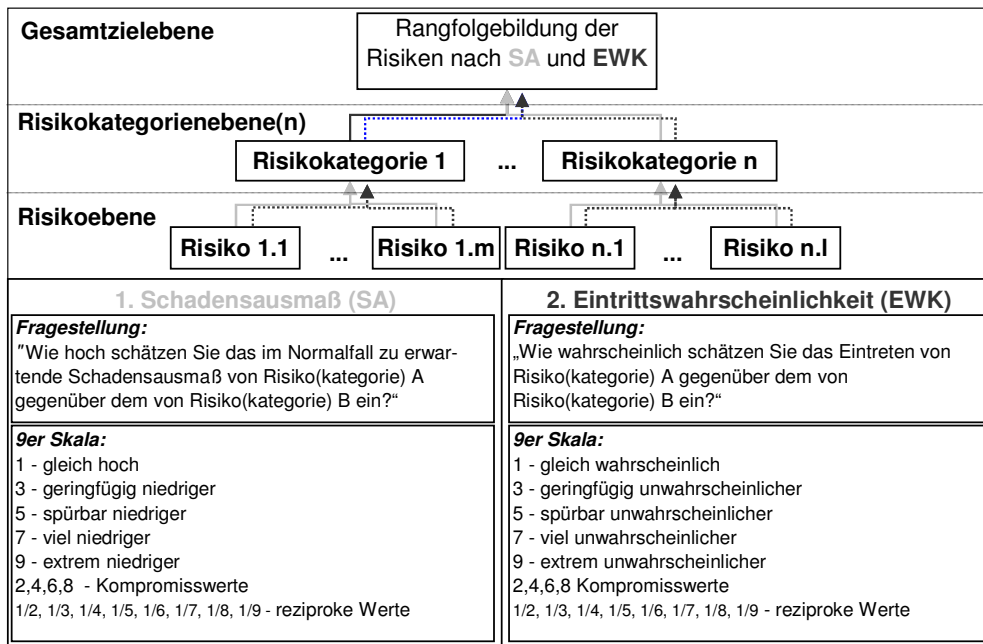


Abbildung 3: Modellkonfiguration des Bewertungsmodells

<sup>102</sup> Vgl. Apostolou, B. A. / Hassell, J. M. / Webber, S. A. / Sumners, G. E. (2001): S. 7.

<sup>103</sup> Siehe Modell von Dey, P. K. (2002): S. 19 und Suh, B. / Han, I. (2003): S. 152.

<sup>104</sup> Wenn individuelle Abweichungen der Bewertungskonsistenz zwischen den Teilnehmern von  $> 0,1$  auftreten, werden die Bewertungen partiell wiederholt. Bei Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004) gingen inkonsistente Bewertungen ( $CR > 10\%$ ) nicht in die Bewertung ein, sondern wurden verworfen. Siehe Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004): S. 685.

<sup>105</sup> Wenn ein hoher Dissens bei den Gruppenverfahren besteht, kann anstelle einer Konsensrunde das geometrische Mittel verwendet werden. Dieses ist geeigneter als das arithmetische Mittel, da es robust gegenüber Ausreißern ist und in jedem Fall einen real geschätzten Wert repräsentiert. Basak, I. (1988) und Bryson, N. (1996) präsentieren Methoden zur Überprüfung des Grades der Übereinstimmung zwischen den Meinungen. Siehe Basak, I. (1988): S. 395ff. und Bryson, N. (1996): S. 28ff.

Die **Auswertung** der Ergebnisse erfolgt über die klassische Eigenvektormethode des AHP.<sup>106</sup> Aus diesem Schritt resultieren lokale und globale Gewichte der Einzelrisiken, wie in Tabelle 4 beispielhaft gezeigt, aus denen eine Rangfolge der Risikokategorien und Einzelrisiken, getrennt nach dem Schadensausmaß und der Eintrittswahrscheinlichkeit, gebildet werden kann.

Ein Beispielfall könnte die Informationstechnologieabteilung eines Unternehmens sein. Dort könnten die Risikokategorien Projektrisiken, Softwarerisiken und Hardwarerisiken existieren. Innerhalb der Risikokategorie Softwarerisiken sind dann der Ausfall des Online-Portals, der Ausfall des Intranets auf Grund unerwarteter Wartungsarbeiten und erforderliche Konfigurationen bei der CRM-Software als Einzelrisiken zu finden.

Risikokategorie			Einzelrisiken			Globales Gewicht	
Bezeichnung	lokale(s)		Beschreibung	lokale(s)		Schadensausmaß	Eintrittswahrscheinlichkeit
	Schadensausmaß	Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß	Eintrittswahrscheinlichkeit		
Kategorie A	0,32	0,44	Risiko 1	0,61	0,09	0,20	0,04
			Risiko 2	0,19	0,22	0,06	0,10
			Risiko 3	0,20	0,69	0,06	0,30
Kategorie B	0,23	0,36	Risiko 4	0,21	0,26	0,05	0,10
			Risiko 5	0,05	0,66	0,01	0,24
			Risiko 6	0,74	0,08	0,17	0,03
Kategorie C	0,45	0,20	Risiko 7	0,09	0,31	0,04	0,06
			Risiko 8	0,34	0,1	0,15	0,02
			Risiko 9	0,53	0,04	0,24	0,01
Risiko 10	0,04	0,55	0,02	0,11			
<b>SUMME</b>	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00

Tabelle 4: Globale Risikogewichte

Zur **Überprüfung** der **Stabilität** des Ergebnisses wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dazu wird die Gewichtung der Risikokategorien verändert und beobachtet, wie stark die Einzelrisiken darauf reagieren. Charakteristisch für die hier gewählte Vorgehensweise des AHP-Modells ohne Alternativen ist, dass durch die unterschiedliche Gewichtung der Risikokategorien die allgemeine Reihenfolge der Einzelrisiken verändert wird, jedoch nicht die Reihenfolge der Einzelrisiken in der einzelnen Risikokategorie. Das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse in Abbildung 4 zeigt, dass Risiko 1 sehr stark positiv auf eine Veränderung der Gewichtung von Kategorie A reagiert. Risiko 9 zeigt eine sehr starke negative Abhängigkeit vom Gewicht der Kategorie A. Folge dieser Feststellungen kann ein Überdenken der vorgenommenen Einschätzungen sein.

---

<sup>106</sup> Siehe beispielsweise bei den Modellen von Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001) und Dey, P. K. (2004): S. 595.

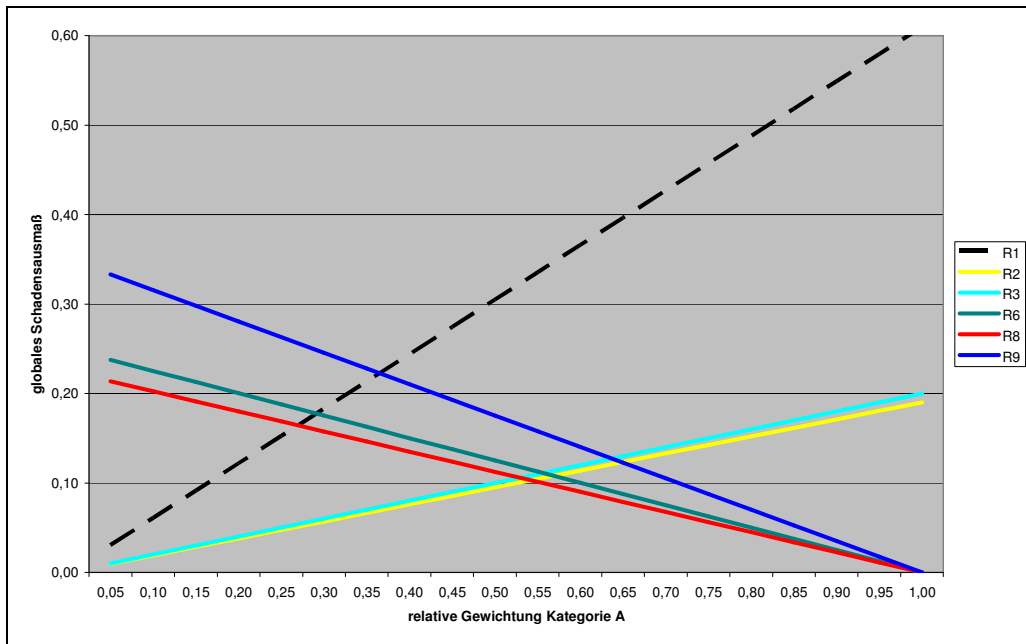


Abbildung 4: Sensitivitätsanalyse für das Schadensausmaß<sup>107</sup>

Der nächste Schritt ist die **Kategorisierung** der bisher lediglich relativ vorliegenden Daten mittels objektiver Fixpunkte. Dazu werden Eintrittswahrscheinlichkeits- und Schadensausmaßintervalle gebildet. Zur Verwendung des Fixpunktkonzeptes ist es Voraussetzung, dass die Risiken hinsichtlich des Schadensausmaßes und der Eintrittswahrscheinlichkeit in ordinal skalierten Reihenfolge vorliegen, welche durch die Bewertung mittels des AHP-Modelles erfolgt ist. Weitere Bedingung ist, dass zu einigen Risiken objektive Daten vorliegen.<sup>108</sup> Bei dem gewählten Beispiel ist bekannt, dass Risiko 2 ein Schadensausmaß von 30.000 € hat und Risiko 6 eines von 250.000 €. Außerdem kann aus Statistiken abgelesen werden, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit für Risiko 4 10% beträgt und 30% für Risiko 5. Daraus können die in Abbildung 5 eingezeichneten Intervalle gebildet werden.

<sup>107</sup> Risiken, die nur eine sehr geringe Reaktion auf eine Veränderung der Kategorie A zeigen, sind aus der Abbildung herausgenommen worden. Die Veränderung der Gewichtung in Kategorie A ist nach dem Verhältnis der ursprünglichen Gewichtungen der Kategorie B (0,23) und der Kategorie C (0,45) aufgeteilt worden.

<sup>108</sup> Vgl. Helmke, S. / Risse, R. (1999): S. 281 und Lischke, T. / Kirner, H. (2000): S. 46.

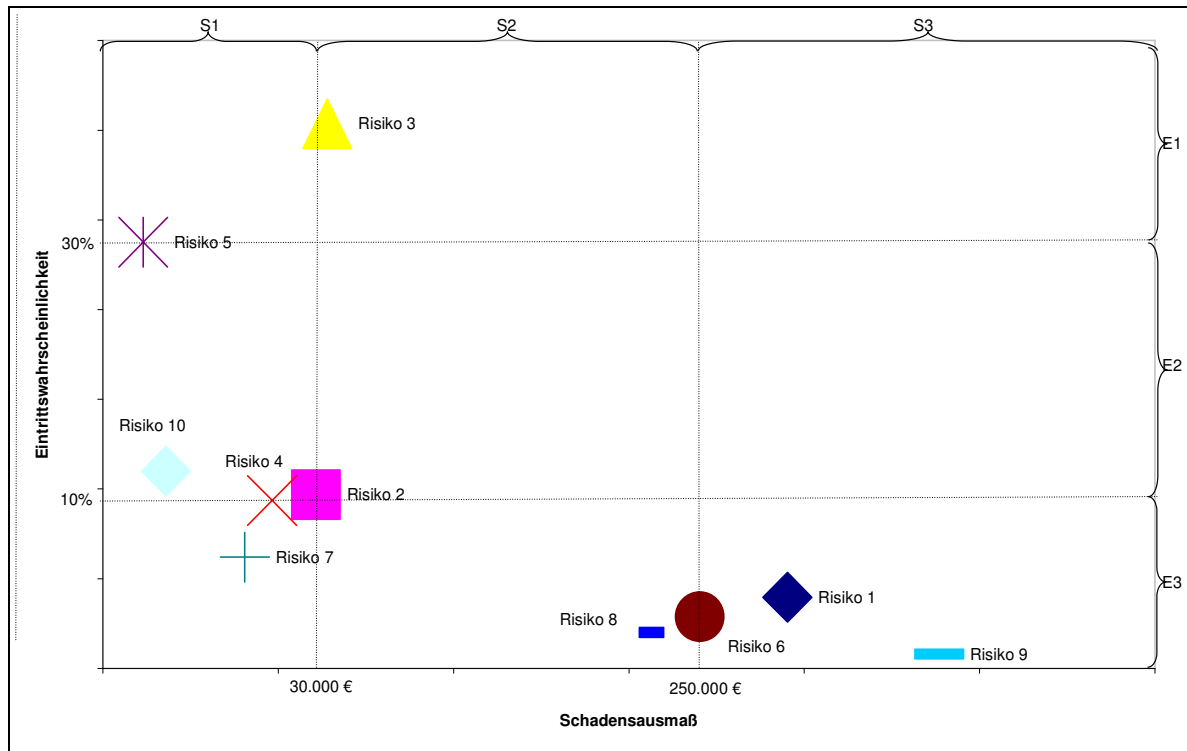


Abbildung 5: Absolutes Risikoportfolio mit Fixpunktintervallen

Für die nicht bekannten Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadensausmaße können keine absoluten Werte hergeleitet werden, da die intervallinterne Linearitätsbedingung wegen der zulässigen Bewertunginkonsistenz und der Verfahrenssubjektivität nicht zwingend erfüllt ist. Jedoch können trotz der kleinen Anzahl von absoluten Werten für alle Risiken Grenzwerte für das Schadensausmaß und die Eintrittswahrscheinlichkeit angegeben werden. Mit Hilfe dieser Spezifikation kann anschließend eine Steuerung der Risiken vorgenommen werden.

## 5 Fazit

In zahlreichen Anwendungen des AHP zur Entscheidungsunterstützung konnten dessen Eignung als Instrument zum strukturierten Aufdecken von Präferenzen<sup>109</sup> und Reduzieren der kognitiven Begrenzungen<sup>110</sup> festgestellt werden. Seit einigen Jahren wird versucht, das Modell im Bereich der Risikobewertung einzusetzen. Dazu existieren, insbesondere im anglo-amerikanischen Schrifttum, eine Reihe von Beispielen, welche sich meistens auf konkrete Anwendungsfälle beziehen. Diese Versuche der Verbindung des AHP und der Risikobewertung haben für das hier entwickelte Modell wichtige Hinweise zur Ausgestaltung gegeben, weisen jedoch in einigen wesentlichen Punkten, wie der Quantifizierung, deutliche Umsetzungslücken auf, die mit dem hier entwickelten Instrument geschlossen werden. Neben den verschiedenen Vorteilen, die durch die Synthese der Bestandteile der existierenden Modelle, sowie die Integration des Fixpunktkonzeptes erreicht wurden, kann an dem Modell an drei Punkten Kritik geübt werden. Diese zeigen damit einen Weiterentwicklungsbedarf auf.

Gänzlich ausgeschlossen durch die AHP-Fundierung ist die Betrachtung von **Risikointerdependenzen**. Der **Analytic Network Process [ANP]**, eine mit dem AHP verwandte Entscheidungsmethodik, die bedingte Kriterienabhängigkeiten darstellen kann,<sup>111</sup> wäre unter Umständen in der Lage, die Risikowechselwirkungen angemessen zu werten und in ein umfassendes Modell zu integrieren.

Üblicherweise ergeben sich bei einem Risiko verschiedene Eintrittswahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Schadensausmaße. Damit können für jedes Risiko **Verteilungen** über alle möglichen Schadensausmaße ermittelt werden. Dies könnte durch die Integration von mehreren Versionen eines Einzelrisikos mit festen Schadensausmaßen erreicht werden.

Nachdem das Modell entwickelt wurde, sollte **experimentell überprüft** werden, inwiefern mit der AHP-Methode im Risikobereich bessere (genauere, schnellere und konsistentere)

---

<sup>109</sup> Vgl. Nauck, A. (1983): S. 5, Harker, P. T. (1989): S. 25, Saaty, T. L. (1989): S. 59ff. und Barker, D. C. / Hansen, S. B. (2005): S. 335.

<sup>110</sup> Siehe Kapitel 2.

<sup>111</sup> Vgl. Saaty, T. L. (1996b): S. 179ff. und Forman, E. H. / Selly, M. A. (2002): S. 324ff.

Ergebnisse erzielt werden können.<sup>112</sup> Als Vergleichsmaßstäbe sollten sowohl einfache Methoden als auch zum AHP vergleichbare Methoden wie ZAPROS<sup>113</sup> herangezogen werden.

---

<sup>112</sup> Zu den Möglichkeiten der Messung von Methodeneffektivität siehe Larichev, O. I. (1992): S. 128ff.

<sup>113</sup> Siehe Larichev, O. I. / Moshkovich, H. M. (1995): S. 503ff. ZAPROS ist die "abbreviation of Russian words: Closed Procedures near Reference Situations". Larichev, O. I. (2001): S. 550.



- Braglia, M. / Bevilacqua, M. (2000): Fuzzy modelling and analytical hierarchy processing as a means of quantifying risk levels associated with failure modes in production systems. In: Law and Insurance, 5 (2000), H. 3/4, S. 125 - 134.*
- Bryson, N. (1996): Group Decision-Making and the Analytic Hierarchy Process: Exploring the Consensus-Relevant Information content - Centralized versus Decentralized Control. In: Computer & Operations Research, 23 (1996), H. 1, S. 27 - 35.*
- Burger, A. / Buchhart, A. (2002): Risiko-Controlling, München et al. 2002.*
- Cohen, M. / Jaffray, J.-Y. / Said, T. (1987): Experimental Comparison of Individual Behavior under Uncertainty for Gains and for Losses. In: Organizational Behavior and Human Decision Process, 39 (1987), S. 1 - 22.*
- Demski, J. S. / Feltham, G. A. (1976): Cost Determination - A Conceptual Approach, Ames, Iowa 1976.*
- Deshmukh, A. / Millet, I. (1998): An Analytic Hierarchy Process Approach to Assessing the Risk of Management Fraud. In: The Journal of Applied Business Research, 15 (1998), H. 1, S. 87 - 102.*
- Dey, P. K. / Gupta, S. S. (2000): Analytical hierarchy process boosts risk analysis objectivity - Decision making technique employed in India helps operators create rational basis on which to build line. In: Pipe Line & Gas Industry, 83 (2000), H. 9, S. 69 - 72.*
- Dey, P. K. (2002): Project Risk Management: A combined Analytic Hierarchy Process and Decision Tree Approach. In: Cost Engineering, 44 (2002), H. 3, S. 13 - 25.*
- Dey, P. K. (2003): Analytic Hierarchy Process Analyzes Risk of Operation Cross-Country Petroleum Pipelines in India. In: Natural Hazards Review, 4 (2003), H. 4, S. 213 - 221.*
- Dey, P. K. (2004): Analytic hierarchy process helps evaluate project in Indian oil pipelines industry. In: International Journal of Production Management, 24 (2004), H. 6, S. 588 - 604.*
- Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994): Planning for Project Control through Risk Analysis - A petroleum pipeline-laying project. In: International Journal of Project Management, 12 (1994), H. 1, S. 23 - 33.*
- Diederichs, M. / Richter, H. (2001): Risikomanagement und Risikocontrolling - Transparenz durch risikoadjustiertes Berichtswesen. In: Bilanz & Buchhaltung, 47 (2001), H. 4, S. 135 - 142.*
- Dyer, J. S. (1990): Remarks on the Analytic Hierarchy Process. In: Management Science, 36 (1990), H. 3, S. 249 - 258.*

- Dörenbach, W. (1982): Bounded Rationality - Problemlösung bei kognitiven Beschränkungen des Individuums und Komplexität der Umwelt, Frankfurt a. M. et al. 1982.*
- Eichenberger, R. (1992): Verhaltensanomalien und Wirtschaftswissenschaft: Herausforderung, Reaktionen, Perspektiven, Wiesbaden 1992.*
- Eickemeier, S. (2002): Bestimmung der Gewichte bei Mehrzielentscheidungen. Eine vergleichende Analyse ausgewählter Verfahren. In: Chamoni, P. (Hrsg.): International Conference on Operations Research 2001, Berlin et al. 2002, S. 389 - 396.*
- Finan, J. S. / Macnamara, W. D. (2001): An Illustrative Canadian Strategic Risk Assessment. In: Canadian Military Journal, 2 (2001), H. 3, S. 29 - 34.*
- Forman, E. H. / Selly, M. A. (2002): Decision by Objectives - How to convince others that you are right, New Jersey et al 2002.*
- Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001): Analytic Hierarchy Process - An Application of Risk Prioritization Assessment for Towns under Natural Risks, in Aysen Region - Chile. In: Dellmann, K. (Hrsg.): Proceedings of the Sixth International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Bern 2001, S. 119 - 128.*
- Gerling, P. G. / Jonen, A. (2006): Kognitionsorientiertes Dienstleistungscontrolling - eine instrumentelle Analyse. In: Lingnau, V. (Hrsg.): Beiträge zur Controllingforschung: Dienstleistungskolloquium am 17.09.2006 an der Technischen Universität Kaiserslautern, Bd. 10, Kaiserslautern 2006, S. 47 - 77.*
- Ghazanfari, M. / Nojavan, M. (2004): Reducing Inconsistency in Fuzzy AHP by Mathematical Programming Models. In: Asia-Pacific Journal of Operational Research, 21 (2004), H. 3, S. 379 - 391.*
- Gleißner, W. / Meier, G. (1999): Risikoaggregation mittels Monte-Carlo-Simulation. In: Versicherungswirtschaft, 54 (1999), H. 13, S. 926 - 929.*
- Gleißner, W. (2003): Die Psychologie unternehmerischer Entscheidungen. In: Wirtschaftspsychologie, 10 (2003), H. 6, S. 160 - 163.*
- Hahn, D. (1987): Risiko-Management - Stand und Entwicklungstendenzen. In: Zeitschrift Führung + Organisation, 56 (1987), H. 3, S. 137 - 150.*
- Harker, P. T. / Vargas, L. G. (1987): The theory of Ratio Scale Estimation - Saaty's Analytic Hierarchy Process. In: Management Science, 33 (1987), H. 11, S. 1383 - 1403.*
- Harker, P. T. (1987): Incomplete Comparisons in the Analytic Hierarchy Process. In: Mathematical Modelling, 9 (1987), H. 11, S. 837 - 848.*

- Harker, P. T. (1989):* The Art of Science of Decision Making: The Analytic Hierarchy Process. In: Golden, B. L. / Wasil, E. A. / Harker, P. T. (Hrsg.): The Analytic Hierarchy Process, Berlin et al. 1989, S. 3 - 36.
- Helmke, S. / Risse, R. (1999):* Chancen- und Risikomanagement im Konzern Deutsche Post AG. In: kostenrechnungspraxis, 43 (1999), H. 5, S. 277 - 283.
- Huang, S. / Chang, I. / Li, S. / Lin, M. (2004):* Assessing risk in ERP projects - Identify and prioritize the factors. In: Industrial Management & Data Systems, 104 (2004), H. 8, S. 681 - 688.
- Hölscher, R. (2002):* Von der Versicherung zur integrativen Risikobewältigung: Die Konzeption eines modernen Risikomanagements. In: Hölscher, R. / Elfgen, R. (Hrsg.): Herausforderung Risikomanagement: Identifikation, Bewertung und Steuerung industrieller Risiken, Wiesbaden 2002, S. 3 - 31.
- Jonen, A. (2005):* Semantische Analyse des Risikobegriffes und Bildung eines Begriffskonzeptes für den IT-Dienstleistungsbereich. In: Corsten, H. (Hrsg.): Schriften zum Produktionsmanagement - Nr. 74: Dienstleistungs-Kolloquium am 21.04.2005 an der Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern 2005, S. 48 - 78.
- Jonen, A. / Lingnau, V. (2004):* Risikohandling - Zuordnung der Funktion und Institution bei der Behandlung von Risiken. In: BIT - Banking and Information Technology, 5 (2004), H. 3, S. 21 - 33.
- Jonen, A. / Lingnau, V. / Schmidt, T. (2005):* Lynkeus - Kritischer Vergleich softwarebasierter Informationssysteme zur Unterstützung des Risikowirtschaftsprozesses. In: Lingnau, V. (Hrsg.): Beiträge zur Controlling-Forschung, Nr. 9, Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern 2005.
- Kalika, V. I. (2001):* Multi-Level hierarchical system to take into account uncertainty in multi-criteria decision making process. In: Dellmann, K. (Hrsg.): Proceedings of the Sixth International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Bern 2001, S. 173 - 180.
- Khorramshagol, R. / Moustakis, V. S. (1988):* Delphic hierarchy process (DHP) - A methodology for priority setting derived from the Delphi method and analytical hierarchy process. In: European Journal of Operational Research, 37 (1988), H. 1, S. 347 - 354.
- Kinoshita, E. (2005):* Why we need AHP/ANP instead of Utility Theory in today's complex World - AHP from the Perspective of Bounded Rationality. Online im Internet, URL: [http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Papers/KinoshitaE\\_AHP&ANPvsUtilityTheory.pdf](http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Papers/KinoshitaE_AHP&ANPvsUtilityTheory.pdf), Abruf: 2007-04-30.
- Kirchgässner, G. (2000):* Homo oeconomicus - Das ökonomische Modell individuellen Verhaltens und seine Anwendung in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, 2. Aufl., Tübingen 2000.

- Kirchner, M. (2002):* Einführung eines Risikomanagementsystems - Mögliche Vorgehensweise in mittelständischen Unternehmen. In: *Der Betriebswirt*, 43 (2002), H. 1, S. 15 - 26.
- Larichev, O. I. / Moshkovich, H. M. (1995):* ZAPROS-LM - A method and system for ordering multiattribute alternatives. In: *European Journal of Operational Research*, 82 (1995), H. 3, S. 503 - 521.
- Larichev, O. I. (1992):* Cognitive Validity in Design of Decision-Aiding Techniques. In: *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 1 (1992), H. 3, S. 127 - 138.
- Larichev, O. I. (2001):* Ranking multicriteria alternatives: The method ZAPROS III. In: *European Journal of Operational Research*, 131 (2001), H. 3, S. 550 - 558.
- Leung, L. C. / Cao, D. (2000):* On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP. In: *European Journal of Operational Research*, 124 (2000), H. 1, S. 102 - 113.
- Lischke, T. / Kirner, H. (2000):* Einführung und Organisation eines Risikomanagementsystems. In: *CM Controller Magazin*, 25 (2000), H. 1, S. 44 - 49.
- Lootsma, F. A. (1993):* Scale sensitivity in the multiplicative AHP and SMART. In: *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 2 (1993), H. 2, S. 87 - 110.
- Lück, W. (1998):* Elemente eines Risiko-Managementsystems - Die Notwendigkeit eines Risiko-Managementsystems durch den Entwurf eines Gesetzes zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich (KonTraG). In: *Der Betrieb*, 51 (1998), H. 1-2, S. 8 - 14.
- Madjid, T. / Banerjee, S. (1995):* Strategic Assessment Model (SAM) - A Multiple Criteria Decision Support System for Evaluation of Strategic Alternatives. In: *Decision Science*, 26 (1995), H. 1, S. 119 - 143.
- Meixner, O. / Haas, R. (2002):* Computergestützte Entscheidungsfindung: expert choice und AHP - innovative Werkzeuge zur Lösung komplexer Probleme, Frankfurt a. M. et al. 2002.
- Miller, G. A. (1956):* The magical number seven, plus or minus two: Some Limits on our Capacity for processing Information. In: *Psychological Review*, 63 (1956), H. 2, S. 81 - 97.
- Moutinho, L. (1993):* The Use of the Analytic Hierarchy Process (AHP) in Goal Setting and Goal Assessment - The Case of Professional Services Companies. In: *Journal of Services Marketing*, 8 (1993), H. 2, S. 97 - 115.
- Mustafa, A. / Al-Bahar, J. F. (1991):* Project Risk Assessment Using the Analytic Hierarchy Process. In: *IEEE Transport Engineering Management*, 38 (1991), H. 1, S. 46 - 52.

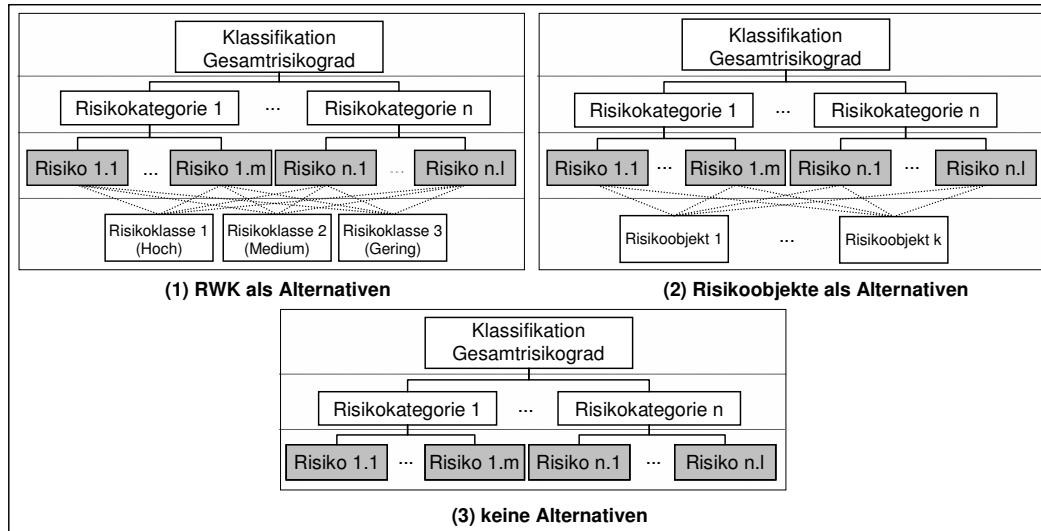
- Nauck, A. (1983):* Der Analytic Hierarchy Process - Ein Entscheidungshilfsmittel für die Praxis, Berlin 1983.
- Nitzsch von, R. (1993):* Analytical Hierarchy Process und multiattributive Werttheorie im Vergleich. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 22 (1993), H. 3, S. 111 - 116.
- Noble, E. E. (1990):* Consistency in the Analytic Hierarchy Process, Michigan 1990.
- Ossadnik, W. / Maus, S. (1994):* Strategisches Controlling mittels Analytischen Hierarchie Prozesses. In: kostenrechnungspraxis, 38 (1994), H. 2, S. 135 - 143.
- Ossadnik, W. / Maus, S. (1993):* AHP als Instrument des strategischen Controlling. In: Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät Ingolstadt (Hrsg.): Diskussionsbeiträge der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät Ingolstadt, Nr. 39, Katholische Universität Eichstätt, Ingolstadt 1993.
- Peterson, C. R. / Beach, L. R. (1967):* Man as Intuitive Statistician. In: Psychological Bulletin, 68 (1967), H. 1, S. 29 - 46.
- Pfohl, H.-C. (1977):* Messung subjektiver Wahrscheinlichkeiten. In: Pfohl, H.-C. / Rürup, B. (Hrsg.): Wirtschaftliche Meßprobleme, Köln 1977, S. 23 - 36.
- Plapp, T. / Werner, U. (2003):* Hochwasser, Stürme, Erdbeben und Vulkanausbrüche - Ergebnisse der Befragung zu Wahrnehmung von Risiken aus externen Naturereignissen, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 2003.
- Ramanathan, R. (1997):* Stochastic decision making using multiplicative AHP. In: European Journal of Operational Research, 97 (1997), H. 3, S. 543 - 549.
- Renn, O. / Zwick, M. M. (1997):* Risiko- und Technikakzeptanz, Berlin et al. 1997.
- Rommelfanger, H. / Eickemeier, S. H. (2002):* Entscheidungstheorie: klassische Konzepte und Fuzzy-Erweiterungen, Berlin 2002.
- Rosenkranz, F. / Mißler-Behr, M. (2005):* Unternehmensrisiken erkennen und managen - Einführung in die quantitative Planung, Berlin et al 2005.
- Ruckriegel, K.-H. (2007):* Quo vadis, Homo oeconomicus. In: Das Wirtschaftsstudium, 36 (2007), H. 2, S. 198 - 201.
- Saaty, T. L. / Vargas, L. G. (1982):* The Logic of Priorities - Applications in Business, Energy, Health, and Transportation, Boston et al 1982.
- Saaty, T. L. / Vargas, L. G. (1991):* Prediction, Projection and Forecasting - Applications of the Analytic Hierarchy Process in Economics, Finance, Politics, Games and Sports, Boston et al 1991.

- Saaty, T. L. (1977): A Scaling Method for Priorities in hierarchical Structures. In: Journal of Mathematical Psychology, 15 (1977), H. 3, S. 234 - 281.*
- Saaty, T. L. (1986): Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. In: Management Science, 32 (1986), H. 7, S. 841 - 855.*
- Saaty, T. L. (1987): Risk - Its Priority and Probability: The Analytic Hierarchy Process. In: Risk Analysis, 7 (1987), H. 2, S. 159 - 172.*
- Saaty, T. L. (1989): Group Decision and the AHP. In: Golden, B. L. / Wasil, E. A. / Harker, P. T. (Hrsg.): The Analytic Hierarchy Process, Berlin et al. 1989, S. 59 - 67.*
- Saaty, T. L. (1990): How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. In: European Journal of Operational Research, 48 (1990), S. 9 - 26.*
- Saaty, T. L. (1994): How to Make a Decision: The Analytic Hierachy Process. In: Interfaces, 24 (1994), H. 6, S. 19 - 43.*
- Saaty, T. L. (2003): Decision-making with the AHP. In: European Journal of Operational Research, (2003), H. 145, S. 85 - 91.*
- Saaty, T. L. (1995): Decision Making for Leaders - The Analytic Hierachy Process for Decisions in a Complex World, 3. Aufl., Pittsburgh 1995.*
- Saaty, T. L. (1996a): The Analytic Hierarchy Process - Planning, Priority Setting, Resource Allocation, 2. Aufl., Pittsburgh 1996.*
- Saaty, T. L. (1996b): Decision Making with Dependence and Feedback - The Analytic Network Process, Pittsburgh 1996.*
- Saaty, T. L. (2001): Deriving the AHP 1-9 scale from first principles. In: Dellmann, K. (Hrsg.): Proceedings of the Sixth International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Bern 2001, S. 397 - 401.*
- Sato, Y. (2001): The impact on scaling on the pair-wise comparison of the analytical hierarchy process. In: Dellmann, K. (Hrsg.): Proceedings of the Sixth International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Bern 2001, S. 421 - 430.*
- Schippels, G. / Dellmann, K. (1985): AHP - Ein Verfahren zur computergestützten Entscheidungsvorbereitung. In: Institut für Betriebswirtschaftslehre (Hrsg.): Manuskripte aus dem Institut für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, Universität Kiel, Kiel 1985.*
- Schniederjans, M. J. / Garvin, T. (1997): Using the Analytic Hierarchy Process and multi-objective programming for the selection of cost drivers in activity-based costing. In: European Journal of Operational Research, (1997), H. 100, S. 72 - 80.*

- Schütt, K.-P. (1981):* Wahrscheinlichkeitseinschätzung im Computer-Dialog, Stuttgart 1981.
- Searcy, D. L. (2004):* Aligning the Balanced Scorecard and a Firm's Strategy Using the Analytic Hierarchy Process. In: *Management Accounting*, 5 (2004), H. 4, S. 1 - 10.
- Simon, H. A. (1997):* Administrative Behavior - A Study of Decision-Making, New York 1997.
- Stolle, F. (2003):* Risikomanagement - praktische Durchführung und Integration in Controlling und Unternehmensplanung. In: *CM Controller Magazin*, 28 (2003), H. 1, S. 69 - 72.
- Suh, B. / Han, I. (2003):* The IS risk analysis based on a business model. In: *Information & Management*, 41 (2003), H. 2, S. 149 - 158.
- Tversky, A. / Kahneman, D. (1974):* Judgment Under Uncertainty - Heuristics and Biases. In: *Science*, 185 (1974), H. September, S. 1124 - 1131.
- Wasil, E. / Golden, B. L. (2003):* Celebrating 25 years of AHP-based decision making. In: *Computers & Operations Research*, 30 (2003), H. 10, S. 1419 - 1420.

# Anhang

## Anhang A: Hierarchiekonzeptionen



## Anhang B: Bewertung der AHP Modelle: Beispiel Projektmanagement<sup>114</sup>

Kategorie	Bewertung
Risikodefinition	
Risikointerpretation	Projektrisiken (Ereignisorientiert) Ursachen
Risikoeigenschaften	Reine Risiken, sehr dynamisch
Bewertungsprozess	
Grundmodell	keine Angaben
Modellkonfiguration	
Bewertungsobjekt	Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß verknüpft
Hierarchiekonzeption	Risikowahrscheinlichkeitsklassen als Alternativen
Beteiligte	Keine Angabe
Ergebnisaufbereitung	
Subjektive Urteile basieren auf objektiven statistischen Daten	
Durchführung von Sensitivitätsanalyse	
Weiterverwendung der relativen Werte	

<sup>114</sup> Siehe Dey, P. K. / Tabucanon, M. T. / Ogunalana, S. O. (1994).

### **Anhang C: Bewertung der AHP Modelle: Beispiel als internes Instrument<sup>115</sup>**

Kategorie		Bewertung
Risikodefinition		
	Risikointerpretation	Produktisikofaktoren, Zielbereiche (Wirkung)
	Risikoeigenschaften	Reine Risiken, nicht unmittelbar quantifizierbar
Bewertungsprozess		
	Grundmodell	Klassisches Grundmodell mit ‚normaler Skala‘
Modellkonfiguration		
	Bewertungsobjekt	Bestimmung eines Risikogefährdungswertes
	Hierarchiekonzeption	Risikoobjekte (Produkte) als Alternativen
	Beteiligte	Integration mehrerer Personen, Bewertung über Fragebögen
Ergebnisaufbereitung		Einsatz von objektiven Daten nur bei der Risikoidentifikation keine weiteren Analysen / Weiterverrechnung

### **Anhang D: Bewertung der AHP Modelle: Beispiel für ein Regierungsprojekt<sup>116</sup>**

Kategorie		Bewertung
Risikodefinition		
	Risikointerpretation	Naturkatastrophen: Ereignisorientiert (Ursachen)
	Risikoeigenschaften	Reine Risiken, relativ stetig
Bewertungsprozess		
	Grundmodell	Keine Angabe
Modellkonfiguration		
	Bewertungsobjekt	Risikogefährdung
	Hierarchiekonzeption	Risikoobjekte als Alternativen
	Beteiligte	Teamarbeit von Experten aus verschiedenen Regionen
Ergebnisaufbereitung		Integration von statistischen Daten lediglich über die Experten, welcher vorher entsprechende Studien gelesen haben Szenarioanalyse Weiterverrechnung der relativen Daten

<sup>115</sup> Siehe Akomode, J. O. / Lees, B. / Irgens, C. (1999).

<sup>116</sup> Siehe Garuti, C. / Castro, C. P. / Spencer, I. (2001).

**Beiträge zur Controlling-Forschung**  
**des Lehrstuhls für Unternehmensrechnung und Controlling**  
**der Technischen Universität Kaiserslautern**

- Nr. 1 Jonen, Andreas / Lingnau, Volker: Basel II und die Folgen für das Controlling von kreditnehmenden Unternehmen. 2. Auflage, 2004.
- Nr. 2 Jonen, Andreas / Lingnau, Volker / Weinmann, Peter: Lysios: Auswahl von Software-Lösungen zur Balanced Scorecard, 2004.
- Nr. 3 Gerling, Patrick / Hubig, Lisa / Jonen, Andreas / Lingnau, Volker: Aktueller Stand der Kostenrechnung für den Dienstleistungsbereich in Theorie und Praxis, 2. Auflage, 2004.
- Nr. 4 Lingnau, Volker Controlling – ein kognitionsorientierter Ansatz, 2. Auflage 2006.
- Nr. 5 Jonen, Andreas / Lingnau, Volker: Konvergenz von internem und externen Rechnungswesen – Umsetzung der Konvergenz in der Praxis, 2. Auflage 2006.
- Nr. 6 Lingnau, Volker / Mayer, Andreas / Schönbohm, Avo: Beyond Budgeting - Notwendige Kulturrevolution für Unternehmen und Controller?, 2004.
- Nr. 7 Henseler, Jörg / Jonen, Andreas / Lingnau, Volker: Die Rolle des Controllings bei der Ein- und Weiterführung der Balanced Scorecard – Eine empirische Untersuchung, 2. Auflage 2006.
- Nr. 8 Lingnau, Volker (Hrsg.): Dienstleistungskolloquium am 17.09.2004 an der Technischen Universität Kaiserslautern, 2006.
- Nr. 9 Jonen, Andreas / Schmidt, Thorsten / Lingnau, Volker: Lynkeus - Kritischer Vergleich softwarebasierter Informationssysteme zur Unterstützung des Risikowirtschaftsprozesses, 2. Auflage 2006.
- Nr. 10 Lingnau, Volker (Hrsg.): Dienstleistungskolloquium am 10.11.2005 an der Technischen Universität Kaiserslautern, 2006.
- Nr. 11 Jonen, Andreas: Semantische Analyse des Risikobegriffs - Strukturierung der betriebswirtschaftlichen Risikodefinitionen und literaturempirische Auswertung, 2006.
- Nr. 12 Jonen, Andreas / Lingnau, Volker / Sagawe, Christian - Unterstützung der Festlegung der Risikobewertung mittels des Analytic Hierarchy Process, 2007.