

# Der Analytic Hierarchy Process: Ein geeignetes Verfahren für komplexe Entscheidungen in der Wirtschaftsinformatik?

*Der Analytic Hierarchy Process (AHP) ist ein Verfahren der präskriptiven Entscheidungstheorie, das in der Praxis in vielen Anwendungsgebieten zum Einsatz kommt. Der Beitrag zeigt auf, dass das Verfahren prinzipiell auch in der Praxis der Wirtschaftsinformatik zur Unterstützung der Entscheidungsfindung bei den auch dort häufig auftretenden komplexen Entscheidungsproblemen herangezogen werden kann. Anhand eines vereinfachten Beispiels zur Auswahl eines Outsourcing-Anbieters wird gezeigt, welche Arbeitsschritte beim AHP abzuarbeiten sind. Daraus werden Stärken und Schwächen abgeleitet, die Aufschluss über die Praxistauglichkeit des Verfahrens geben. Zudem werden die Vorteile (z. B. die hierarchische Gliederung, Nutzung quantitativer und qualitativer Kriterien) und Nachteile des AHP (z. B. Komplexität, höhere Kosten bei Werkzeugunterstützung) im Vergleich zur Nutzwertanalyse (NWA) herausgearbeitet.*

## Inhaltsübersicht

- 1 AHP in der Wirtschaftsinformatik
- 2 Präskriptive Entscheidungstheorie
- 3 Analytic Hierarchy Process (AHP)
  - 3.1 Begriffsbestimmung und Axiome
  - 3.2 Vorgehensweise beim AHP
- 4 Kritische Würdigung des AHP im Vergleich zur Nutzwertanalyse
- 5 Literatur

### 1 AHP in der Wirtschaftsinformatik

Eine Analyse der Tagungsbände des International Symposium on the Analytic Hierarchy Process (ISAHP) sowie der Onlinearchive der Zeitschriften WIRTSCHAFTSINFORMATIK, IM und HMD (Stand: Juli 2005) zeigt, dass der AHP bis-

her kaum zur Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme der Wirtschaftsinformatik eingesetzt wurde. Verwunderlich ist dies insofern, weil aus anderen Anwendungsbereichen (z. B. Marketing, Politik) bekannt ist, dass vor allem komplexe Entscheidungsprobleme, wie sie für die Wirtschaftsinformatik charakteristisch sind, mit dem AHP gelöst werden können. (Eine der wenigen Ausnahmen ist z. B. die Untersuchung von [König et al. 1996].)

In diesem Beitrag werden anhand einer für die Wirtschaftsinformatik typischen Entscheidungssituation – der Auswahl eines Outsourcing-Anbieters – die beim AHP durchzuführenden Arbeitsschritte erläutert. Ziel ist es, Stärken und Schwächen des AHP aufzuzeigen, die Aufschluss über die Eignung des Verfahrens für den praktischen Einsatz geben. Zudem wird der AHP mit der Nutzwertanalyse (NWA), einem in der Praxis vielfach zur Anbieterevaluation eingesetzten Verfahren, verglichen. Die Funktionsweise der NWA wird im Beitrag nicht explizit erklärt (siehe dazu z. B. [Zangemeister 1976]).

### 2 Präskriptive Entscheidungstheorie

In der Fachliteratur (siehe z. B. [Laux 2003]) wird zwischen zwei Richtungen in der Entscheidungstheorie unterschieden. Die deskriptive Entscheidungstheorie will beschreiben, wie in der Realität Entscheidungen getroffen werden, und erklären, warum sie gerade so und nicht anders zustande kommen. Es sollen damit empirisch gehaltvolle Hypothesen formuliert werden, mit deren Hilfe bei Kenntnis der jeweiligen konkreten Entscheidungssituation Entscheidungen prognostiziert und gesteuert werden können.

Die präskriptive (oder normative) Entscheidungstheorie, welcher der vorliegende Beitrag zuzuordnen ist, will hingegen zeigen, wie Entscheidungen »rational« getroffen werden können. Sie will Ratschläge für die Lösung von Entscheidungsproblemen erteilen. Sie soll also dem Entscheider Antwort auf die Frage geben, was er in unterschiedlichen Situationen tun soll.

Charakteristisch für Entscheidungssituationen, mit denen sich die präskriptive Entscheidungstheorie befasst, ist, dass

- Entscheidungen hinsichtlich konfliktärer Ziele (z. B. geringe Kosten vs. hohe Qualität),
- die sowohl quantitativer als auch qualitativer Art sind,
- unter Unsicherheit (z. B. wird sich der Outsourcing-Anbieter opportunistisch verhalten?) getroffen werden müssen.

Die präskriptive Entscheidungstheorie leistet insbesondere bei zwei Arbeitsschritten Unterstützung: Zum einen sollen eigene Zielvorstellungen in ein widerspruchsfreies Zielsystem überführt werden und zum anderen soll darauf aufbauend eine Entscheidung getroffen werden, die mit diesem Zielsystem im Einklang steht.

### 3 Analytic Hierarchy Process (AHP)

#### 3.1 Begriffsbestimmung und Axiome

Der AHP (deutsch: Analytischer Hierarchieprozess) ist ein Verfahren zur Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme, das in den 70er Jahren von *Thomas L. Saaty* entwickelt wurde (vgl. [Saaty 1977], [Saaty 1980]). Die dem Verfahren zugrunde liegende Evaluationsmethodik drückt sich bereits in der Namensgebung aus: »Analytisch« bedeutet, dass der AHP eine Problemkonstellation in all ihren Abhängigkeiten umfassend untersucht. »Hierarchie« weist darauf hin, dass der AHP ein Entscheidungsproblem in hierarchischer Form strukturiert. Eine Hierarchie beschreibt dabei ein System, dessen

Elemente in Ebenen unterteilt werden können. »Prozess« bedeutet, dass jedes reale Entscheidungsproblem einen Prozess des Lernens, der Diskussion und der Revision von Prioritäten umfasst. Der AHP unterstützt diesen Entscheidungsprozess, indem er auf Widersprüche im Entscheidungsverhalten hinweist.

Der AHP beruht auf vier Axiomen (vgl. [Saaty 1994, S. 41], [Werani 2004, S. 88 ff.]):

*Axiom 1 – Reziprozität:* Gegeben seien zwei Alternativen (oder Kriterien)  $i$  und  $j$  aus der endlichen Menge  $A$  sämtlicher Alternativen. Der Entscheider ist dann in der Lage, für den Vergleich dieser beiden Alternativen hinsichtlich eines Kriteriums  $c$  aus der Menge  $C$  aller Kriterien auf einer Ratioskala einen Wert  $a_{ij}$  anzugeben, so dass gilt:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad \text{für alle } i, j \in A \quad (1)$$

Axiom 1 fordert daher, dass jede Matrix von paarweisen Vergleichen reziprok ist (vgl. Tab. 2).

*Axiom 2 – Homogenität:* Vergleicht der Entscheider zwei beliebige Alternativen  $i, j \in A$  hinsichtlich eines Kriteriums  $c$  aus der Menge  $C$ , so ist eine Alternative nie unendlich viel besser als die andere Alternative, es gilt:

$$a_{ij} \neq \infty \quad \text{für alle } i, j \in A \quad (2)$$

*Axiom 3 – Hierarchisierung:* Es ist möglich, das Entscheidungsproblem als Hierarchie darzustellen. Jede Ebene beeinflusst dabei jeweils nur eine höhere Ebene und wird selbst nur von der darunter liegenden Ebene beeinflusst. Die Elemente einer Ebene dürfen sich nicht beeinflussen.

*Axiom 4 – Vollständigkeit:* Alle Kriterien und Alternativen, die Einfluss auf das Entscheidungsproblem haben, sind in der Hierarchie enthalten.

Anhand der beschriebenen Axiome lassen sich die zwei zentralen Aufgabenstellungen des AHP ableiten: Einerseits ist dies die hierarchische

Problemstrukturierung und -lösung (Axiome 3 und 4) und andererseits die Erhebung relativer Urteile mittels multipler paarweiser Vergleiche (Axiome 1 und 2).

**3.2 Vorgehensweise beim AHP**

In Abbildung 1 sind die beim AHP abzuarbeitenden Arbeitsschritte in Form eines Flussdiagramms dargestellt. Im Folgenden wird auf jeden der fünf Arbeitsschritte im Detail eingegangen.

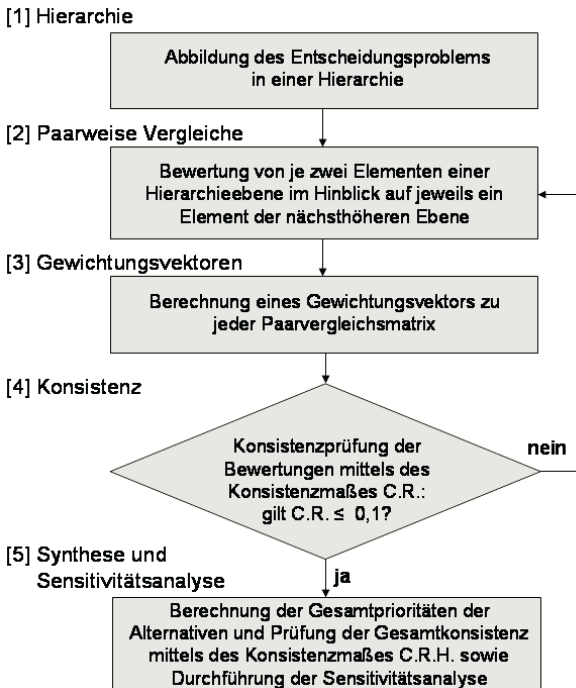
**Schritt 1: Hierarchie**

Im ersten Arbeitsschritt muss das Entscheidungsproblem in einer Hierarchie abgebildet werden. Wie in Abbildung 2 visualisiert, wird dazu das Entscheidungsproblem top-down in Kriterien zerlegt. Auf der untersten Ebene werden die Alternativen aufgelistet. Alternativen, die definierte K.-o.-Kriterien nicht erfüllen, sind auszuschneiden.

Bei der Entscheidungssituation »Auswahl eines Outsourcing-Anbieters« könnten die Kriterien der Ebene 2 Kosten (1), Qualität (2) und Risiko (3) sein. Die Kosten könnten dann wiederum in Produktions- (1.1), Transaktions- (1.2) und Backsourcing-Kosten (1.3) gegliedert werden. Die Qualität könnte in Rechenzentrums- (2.1), Applikations- (2.2) und Servicequalität (2.3) eingeteilt werden. Schließlich könnte das Risiko in die Kriterien Vertrauenswürdigkeit (3.1), Branchenerfahrung (3.2) und Bonität (3.3) gegliedert werden. Auf der letzten Ebene sind die drei in Betracht gezogenen Anbieter X, Y und Z gelistet.

**Schritt 2: Paarweise Vergleiche**

Im zweiten Arbeitsschritt muss die Bedeutung aller Elemente einer Hierarchieebene im Hinblick auf jedes Element der nächsthöheren Ebene, mit dem es in Beziehung steht, festgelegt werden. Der AHP basiert auf der Annahme, dass die am Entscheidungsprozess beteiligten Perso-



**Abb. 1: Flussdiagramm AHP**  
(in Anlehnung an [Werani 2004, S. 91])

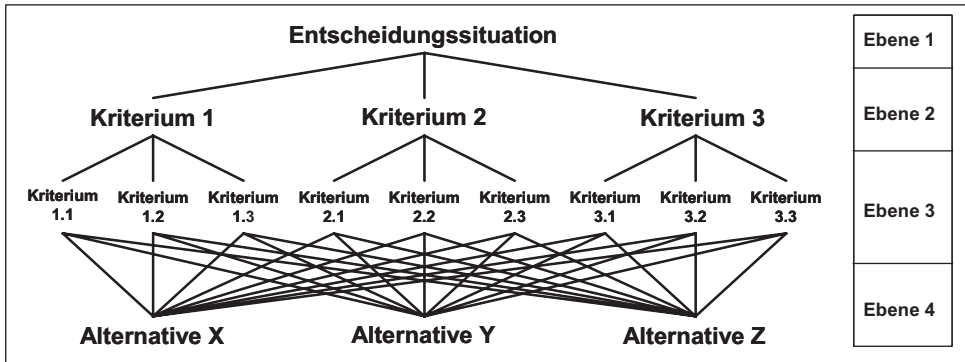


Abb. 2: Grundstruktur des AHP

Skalenwert	Definition	Interpretation
1	Gleiche Bedeutung	Beide verglichenen Elemente haben die gleiche Bedeutung für das nächsthöhere Element.
3	Etwas größere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine etwas größere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen.
5	Erheblich größere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine erheblich größere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen.
7	Sehr viel größere Bedeutung	Die sehr viel größere Bedeutung eines Elements hat sich in der Vergangenheit klar gezeigt.
9	Absolut dominierend	Es handelt sich um den größtmöglichen Bedeutungsunterschied zwischen zwei Elementen.
2, 4, 6, 8	Zwischenwerte	

Tab. 1: Saaty-Skala (Übersetzung aus dem Englischen nach [Haedrich et al. 1986, S. 123])

nen überfordert sind, Hierarchieelementen direkt Gewichte zuzuordnen. Deshalb erfolgt die Feststellung der Bedeutung auf Basis einer von [Saaty 1980, S. 54] entwickelten Skala, die in Tabelle 1 dargestellt ist. Eine ausführliche Diskussion der Vorzüge der Skala findet sich bei [Saaty 1980, S. 53 ff.].

Die Paarvergleiche der Ebene 2 – Kosten ( $K$ ), Qualität ( $Q$ ) und Risiko ( $R$ ) – gestalten sich beispielsweise wie folgt:

- Bedeutung von  $K$  im Vergleich zu  $Q$  für die Auswahl eines Outsourcing-Anbieters;
- Bedeutung von  $K$  im Vergleich zu  $R$  für die Auswahl eines Outsourcing-Anbieters;

- Bedeutung von  $Q$  im Vergleich zu  $R$  für die Auswahl eines Outsourcing-Anbieters.

Die Ergebnisse der Paarvergleiche im Hinblick auf jeweils ein Element der nächsthöheren Hierarchieebene können in Matrizenform dargestellt werden. Für das obige Beispiel könnte die Paarvergleichsmatrix ( $P$ ) der Ebene 2 wie folgt aussehen:

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} K & Q & R \end{matrix} \\ \begin{matrix} K \\ Q \\ R \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{5} & 2 \\ 5 & 1 & 8 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{8} & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \text{bzw.} \quad \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{5} & 2 \\ 5 & 1 & 8 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{8} & 1 \end{bmatrix}$$

Die Matrix sagt aus, dass bei der Auswahl eines Outsourcing-Anbieters

- *K* eine erheblich geringere Bedeutung als *Q* hat (1/5),
- *K* eine etwas größere Bedeutung als *R* hat (2) und
- *Q* eine sehr viel größere Bedeutung als *R* hat (8).

Die Werte links der Hauptdiagonalen resultieren aus Axiom 1 und werden zur Vervollständigung in die Matrix eingetragen. Entsprechende Matrizen sind für jede Hierarchieebene im Hinblick auf jedes Element der übergeordneten Ebene zu erstellen.

Es ist offensichtlich, dass bei komplexen Hierarchien die Zahl der erforderlichen Paarvergleiche hoch ist. Je Matrix sind  $n \cdot (n-1) / 2$  Vergleiche anzustellen, wobei *n* für die Anzahl der Elemente einer Matrix steht. Insgesamt sind für die gesamte Hierarchie (vgl. Abb. 2) vier Matrizen anzufertigen: Matrix<sub>1</sub> hat drei Elemente (*K*, *Q*, *R*), folglich sind drei Paarvergleiche erforderlich ( $M_1: 3/3$ ). Für die restlichen drei Matrizen sind ebenfalls je drei Paarvergleiche vorzunehmen, so dass insgesamt zwölf Paarvergleiche durchzuführen sind.

**Schritt 3: Gewichtungsvektoren**

Im dritten Arbeitsschritt werden auf Basis der Matrizen mit den Ergebnissen der Paarvergleiche die Gewichtungsvektoren bestimmt. Dies kann einerseits durch ein Näherungsverfahren erfolgen, andererseits ist im Rahmen eines iterativen Prozesses eine exakte Berechnung möglich. Die exakte Berechnung kann als theoretisches Fundament des AHP angesehen werden – sie wird in der Fachliteratur als *Eigenvektormethode* bezeichnet (zur mathematischen Fundierung und Berechnung siehe z.B. [Saaty 2000, 77 ff.]). Im Folgenden wird anhand des Outsourcing-Beispiels ein Näherungsverfahren beschrieben, das im Falle vollkommen konsistenter Urteile ebenfalls zu exakten Ergebnissen führt. Danach ergibt

sich für die Berechnung der Gewichte auf Ebene 2:

	<i>P</i>			<i>P<sub>normiert</sub></i>			$\sum$ Zeile	Gewicht
	<i>K</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>K</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>		
<i>K</i>	1	1/5	2	0,15	0,15	0,18	0,48	0,16
<i>Q</i>	5	1	8	0,77	0,76	0,73	2,26	0,75
<i>R</i>	1/2	1/8	1	0,08	0,09	0,09	0,26	0,09
$\sum$ Spalte	6,50	1,33	11	1	1	1	3	1

Es werden die Spaltensummen von *P* gebildet, um darauf aufbauend die normierte Paarvergleichsmatrix (*P<sub>normiert</sub>*) zu berechnen. Beispielsweise wird der Wert des Feldes *KK* mit  $1 / 6,50 = 0,15$  berechnet. Es folgt die Berechnung der Zeilensummen von *P<sub>normiert</sub>*. Schließlich können die Gewichte bestimmt werden. Für *K* ergibt sich ein Gewicht von  $0,48 / 3 = 0,16$  usw.

Nach der AHP-Terminologie von [Saaty 2000, S. 16] werden die Gewichte einer Hierarchieebene als *lokale Prioritäten* bezeichnet. Im Beispiel existieren zwei Kriterienebenen (die Ebenen 2 und 3 in Abb. 2). Es sind analog zur dargestellten Berechnung der ersten Kriterienebene (Ebene 2) die lokalen Prioritäten aller Elemente der zweiten Kriterienebene (Ebene 3) zu ermitteln. Danach können die *globalen Prioritäten* eines jeden Hierarchieelements berechnet werden. Unter einer globalen Priorität ist dabei jenes Gewicht zu verstehen, das die Bedeutung des Kriteriums im Kontext der Gesamthierarchie ausdrückt. Die globale Priorität eines Elements der *n*-ten Hierarchiestufe ist definiert als  $W_n \cdot W_{n-1}$ , wobei *w* für lokale Priorität steht. Wird beispielsweise für das Kriterium Produktionskosten (= Kriterium 1.1 in Abb. 2) eine lokale Priorität von 0,60 errechnet, so ergibt sich für dieses Kriterium eine globale Priorität von  $0,60 \cdot 0,16 = 0,096$ .

**Schritt 4: Konsistenz**

Ist eine Entscheidung konsistent, so ist sie frei von Widersprüchen. [Saaty 2003, S. 86] unterscheidet zwischen ordinaler Transitivität und kardinaler Konsistenz. Ist  $A > B$  und  $B > C$ , so ist ordinale Transitivität nur dann gegeben, wenn

$A > C$  ist. Ist A zwei Mal besser als B und B drei Mal besser als C, so ist kardinale Konsistenz nur dann gegeben, wenn A sechs Mal besser als C ist. Es ist offensichtlich, dass bei der Durchführung einer Vielzahl von Paarvergleichen insbesondere kardinale Inkonsistenzen auftreten werden.

Bei völliger Konsistenz einer Paarvergleichsmatrix ist deren größter Eigenwert ( $\lambda_{max}$ ) gleich der Anzahl der Elemente ( $n$ ) des gesuchten Eigenvektors ( $p$ ). Im Fall inkonsistenter Urteile ist jedoch  $\lambda_{max} > n$ . Je näher also  $\lambda_{max}$  bei  $n$  liegt, desto konsistenter sind die vorgenommenen Beurteilungen. Die Berechnungsmethodik von  $\lambda_{max}$  ist beispielsweise bei [Saaty 2000, S. 47 ff.] erläutert. Es ist zu beachten, dass bei weniger Paarvergleichen Konsistenz leichter zu erreichen ist. Daher ist nach [Saaty 1980, S. 21] bei der Ermittlung des Konsistenzindex *C.I.* (Consistency Index) die Dimension der Paarvergleichsmatrix zu berücksichtigen, so dass gilt:

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{3}$$

[Saaty 1980, S. 21] ermittelte per Zufallsgenerator bis zur Matrixengröße  $n = 15$  jeweils bis zu 500 *C.I.*-Werte. Durch Bildung des Mittelwerts über die jeweiligen *C.I.*-Werte errechnet er für jede Matrixgröße einen Zufallsindex *R.I.* (Random Index). In Tabelle 2 sind die ermittelten *R.I.*-Werte bis zur Matrixengröße  $n = 10$  dargestellt.

Auf der Basis der Werte für *C.I.* und *R.I.* ergibt sich als relatives Konsistenzmaß das Konsistenzverhältnis *C.R.* (Consistency Ratio):

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \tag{4}$$

Nach [Saaty 1980, S. 21] sind *C.R.*-Werte 0,10 akzeptabel. Folglich ist eine Beurteilung nur dann

akzeptabel, wenn sie höchstens 10 % dessen entspricht, was das Resultat einer Zufallsverteilung wäre. Werden nun inakzeptable Inkonsistenzen festgestellt, so ist es notwendig, die Ursachen zu ermitteln und zu beseitigen, um danach eine erneute Beurteilung durchzuführen. Es sei erwähnt, dass zur Konsistenzbestimmung auch andere Verfahren existieren.

Betrachtet man Matrix *P*, so wird kardinale Inkonsistenz offensichtlich. Es müsste, damit vollkommene Konsistenz vorliegt, *Q* eine um den Faktor 10 größere Bedeutung als *R* haben. Aus Tabelle 1 geht hervor, dass der für die Beurteilung von Bedeutungsunterschieden höchste zulässige Skalenwert jedoch 9 ist, so dass es für einen Entscheider gar nicht möglich ist, den Wert 10 zu vergeben. Neben den beschränkten kognitiven Fähigkeiten des Entscheiders ist daher auch die Saaty-Skala selbst ein Grund für das Auftreten kardinaler Inkonsistenzen.

**Schritt 5: Synthese und Sensitivitätsanalyse**

Weisen die Paarvergleichsmatrizen keine bzw. akzeptable Inkonsistenzen auf, so sind die Erträge aller den Alternativen unmittelbar übergeordneten Kriterien zu ermitteln. Wie Abbildung 2 entnommen werden kann, sind die Erträge der neun Kriterien der dritten Ebene für die drei Anbieter festzustellen (= 27 Kriterienerträge).

Charakteristisch für die hier behandelte Entscheidungssituation ist, dass sowohl qualitative als auch quantitative Merkmale zu beurteilen sind. In Tabelle 3 sind für die drei Anbieter X, Y und Z fiktive Erträge für drei Kriterien dargestellt:

- Produktionskosten (1.1) – Kann beispielsweise eine monatliche Gebühr je Benutzer sein: Ein quantitatives Merkmal, das in Euro gemessen wird. Es gilt: Je geringer die Gebühr, desto besser.

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>R.I.</i>	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

**Tab. 2: *R.I.*-Werte nach [Saaty 1980, S. 21]**

- Rechenzentrumsqualität (2.1) – Kann vereinfacht über die Verfügbarkeit gemessen werden: Ein quantitatives Merkmal, das softwaregestützt messbar ist. Es gilt: Je höher die Verfügbarkeit, desto besser.
- Vertrauenswürdigkeit (3.1) – Ein qualitatives Merkmal, das auf einer Ordinalskala (1 = »nicht vertrauenswürdig« bis 12 = »voll vertrauenswürdig«) messbar gemacht wird. Es gilt: Je höher die Vertrauenswürdigkeit, desto besser.

Unter der Voraussetzung linearer Präferenzen beim Entscheidungsträger kann nach [Meixner & Haas 2002, S. 158 ff.] die lokale Priorität je Alternative ( $w_i$ ) der in Tabelle 3 angeführten Kriterien erträge  $a_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) in einer Verhältniszahl ausgedrückt werden. Wie diese Verhältniszahl berechnet wird, hängt davon ab, ob einem höheren Ertrag auch eine höhere Bedeutung zugeordnet wird. Im Beispiel ist das bei der Verfügbarkeit und Vertrauenswürdigkeit der Fall. Im Falle der monatlichen Gebühr ist der Zusammenhang umgekehrt. Bei einem positiven Zusammenhang zwischen Kriterien ertrag und Bedeutung errechnet sich  $w_i$  wie folgt:

$$w_i = \frac{a_i}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \quad i = 1, \dots, n \quad (5)$$

während bei einem negativen Zusammenhang gilt:

$$w_i = \frac{\frac{1}{a_i}}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \dots + \frac{1}{a_n}} \quad i = 1, \dots, n \quad (6)$$

Für das Gewicht des Kriterien ertrages 1.700 € aus Tabelle 3 ergibt sich beispielsweise ein Wert von

$$\frac{\frac{1}{1.700}}{\frac{1}{1.700} + \frac{1}{1.350} + \frac{1}{2.100}} \approx 0,326.$$

Neben der vereinfachten Berechnung der lokalen Prioritäten je Alternative mit den Formeln (5) und (6) können auch noch andere Verfahren zur Anwendung kommen. Eine mögliche Variante ist, analog zur Ermittlung der lokalen Prioritäten der Kriterien, auch auf der Ebene der Beurteilung der Alternativen paarweise Vergleiche anzustellen. [Meixner & Haas 2002, S. 162] empfehlen diese Vorgehensweise insbesondere bei nicht quantitativen Kriterien. Die lokalen Prioritäten je Alternative des qualitativen Merkmals »Vertrauenswürdigkeit« könnten folglich analog zur Berechnung der Kriteriengewichte erfolgen.

Nachdem für alle Kriterien erträge ihr jeweiliges Gewicht berechnet wurde, werden durch Multiplikation der lokalen Prioritäten der Alternativen mit den globalen Gewichten der darüber liegenden Kriterien die globalen Gewichte je Alternative berechnet. Schließlich werden alle globalen Gewichte je Alternative aufsummiert. Als Ergebnis steht dann das Gewicht einer jeden Alternative fest. Je mehr Gewicht eine Alternative im Vergleich zu den anderen Alternativen hat, desto mehr ist sie ihnen vorzuziehen.

Abschließend kann für die gesamte Hierarchie ein relatives Konsistenzmaß berechnet werden (vgl. dazu im Detail [Saaty 1980, S. 83 f.], [Saaty 2000, S. 126 f.]). Hierbei sind die C.I.-Werte der einzelnen Paarvergleichsmatrizen einer Hierarchie jeweils mit der Priorität desjenigen Elements der Hierarchie, auf das sich der entsprechende Paarvergleich bezieht, zu gewich-

	Anbieter X	Anbieter Y	Anbieter Z
(1) Monatliche Gebühr	1.700 €	1.350 €	2.100 €
(2) Verfügbarkeit	75 %	67 %	96 %
(3) Vertrauenswürdigkeit	5	7	12

Tab. 3: Kriterien erträge am Beispiel Outsourcing (auszugsweise Darstellung)

ten und die gewichteten Werte aufzuaddieren. Mit den *R.I.*-Werten ist analog zu verfahren. Durch die Bildung des Quotienten aus den aggregierten *C.I.*- und *R.I.*-Werten ergibt sich für die Hierarchie das Gesamtkonsistenzverhältnis *C.R.H.* (Consistency Ratio of the Hierarchy), das analog zum *C.R.* zu interpretieren ist.

Bevor tatsächlich eine Entscheidung getroffen wird, sollte eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden. Ziel ist es, durch die systematische Verlagerung von Kriteriengewichten Grenzen zu bestimmen, bei denen sich die Reihung von Alternativen umkehrt. Führen bereits geringfügige Veränderungen der Kriteriengewichte zu einer solchen Umkehr, so ist das ein Hinweis auf ein instabiles Ergebnis. In einem solchen Fall ist es ratsam, den Beurteilungsprozess zu wiederholen bzw. zu überprüfen (vgl. [Meixner & Haas 2002, 172 ff.]).

## 4 Kritische Würdigung des AHP und Vergleich zur Nutzwertanalyse

### 4.1 Gruppenentscheidungsprozesse

In den Prozess zur Auswahl eines Outsourcing-Anbieters sind mehrere Personen(gruppen) involviert, wie beispielsweise die Geschäftsführung, Mitarbeiter der IT-Abteilung und Benutzer. Teilweise verfolgen diese Gruppen unterschiedliche Interessen, was sich in der Gewichtung der Auswahlkriterien niederschlägt (vgl. [Riedl 2005, S. 123]). In der Praxis werden Entscheidungen häufig getroffen, indem sich die stärkere Interessengruppe gegen die anderen durchsetzt. Solche Entscheidungen sind in der Regel nicht optimal, und zwar insbesondere aufgrund der fehlenden Akzeptanz bei den schwächeren Gruppen.

Der AHP unterstützt Gruppenentscheidungsprozesse. Zum einen ist es möglich, durch Kompromiss – d.h., die Gruppe erarbeitet gemeinsam die Paarvergleichsmatrizen – das Entscheidungsproblem zu lösen. Ist diese Vorgehensweise aufgrund bestehender Machtverhältnisse, Persönlichkeitsstrukturen der Grup-

penmitglieder usw. nicht möglich, so können nach [Saaty 1994, S. 39] Einzelbeurteilungen durch Bildung des geometrischen Mittelwertes zu einem Gesamtwert verdichtet werden (zur Begründung der Notwendigkeit dieser Vorgehensweise siehe z. B. [Meixner & Haas 2002, S. 220 ff.]). Da es auch bei der NWA möglich ist, durch Kompromiss oder Mittelwertbildung Gruppenentscheidungen zu fördern, ergibt sich hierbei kein Vorteil für eine der beiden Methoden.

### 4.2 Strukturierung des Entscheidungsprozesses

Ein Entscheidungsmodell sollte den Entscheidungsprozess durch die Beschreibung der zu verrichtenden Arbeitsschritte strukturieren und die Entscheidungssituation transparent darstellen. Wie in Abbildung 1 dargestellt, besteht der AHP aus fünf Phasen, die in einer eindeutigen chronologischen Abfolge zu durchlaufen sind. Der Entscheidungsprozess weist somit einen hohen Strukturierungsgrad auf. Bei [Zangemeister 1976, S. 73] sind die bei der NWA durchzuführenden Arbeitsschritte erläutert. Auch hier weist der Entscheidungsprozess einen hohen Strukturierungsgrad auf, jedoch ist bei der NWA im Vergleich zum AHP die Anfertigung einer Hierarchie nicht vorgesehen, obwohl dies prinzipiell möglich wäre (vgl. Abb. 2).

Problematisch ist jedoch beim AHP, dass Rücksprünge nach erfolgtem Abschluss bestimmter Phasen nur eingeschränkt erlaubt sind. Insbesondere ist es beim AHP möglich, dass bei einer Betrachtung zweier Alternativen A und B erstere einen höheren Wert als letztere hat (d.h., sie wird mehr präferiert), während sich nach dem Hinzufügen einer weiteren Alternative C die Rangfolge zwischen A und B umkehrt. Ein solcher *Rank Reversal* entspricht nicht den Anforderungen an rationales Entscheidungsverhalten (vgl. [Saaty 1994, S. 36 ff.], [Nitzsch 1993, S. 114 f.]). Bei der NWA führt das Hinzufügen zusätzlicher Alternativen nach bereits erfolgter Evaluation anderer Alternativen zu



keiner Änderung der ursprünglichen Präferenzrangfolge. Eine ausführliche Diskussion der Stabilität von Alternativenrangfolgen findet sich bei [Schneeweiß 1990, S. 16 f.].

### 4.3 Berücksichtigung quantitativer und qualitativer Daten

Wie bereits in Abschnitt 3.2 bei Arbeitsschritt 5 dargelegt, liegt ein zentraler Vorteil des AHP darin, dass qualitative und quantitative Daten direkt miteinander vergleichbar sind. Bei der NWA ist dies nicht möglich. Hier werden im Zuge der Transformation der Zielerträge in Zielwerte quantitative Daten (beispielsweise Systemverfügbarkeiten) in »quasimetrische« bzw. ordinale Daten umgewandelt. Die Herstellung der Vergleichbarkeit verschieden skalierten Kriterien führt folglich bei der NWA zu einem Informationsverlust, weil eine Transformation von einem höheren Skalenniveau auf ein niedrigeres erfolgt.

### 4.4 Möglichkeiten der Analyse von Alternativen

Ein wirksames Entscheidungsmodell sollte die Möglichkeit bieten, Sensitivitätsanalysen und »What-if«-Analysen durchzuführen. Da am Markt mehrere AHP-Softwarepakete (z. B. EXPERT CHOICE™, HIPRE 3+ oder CRITERIUM) angeboten werden, sind diese Analysen einfach durchzuführen. Zur Durchführung der NWA gibt es ebenfalls Softwarepakete (z. B. CELSIEVAL), die Sensitivitätsanalysen ermöglichen.

### 4.5 Verständlichkeit der Methode

Studien über die Verständlichkeit des AHP bei IT-Entscheidern sind dem Verfasser nicht bekannt. Unterstellt man, dass eine Methodik nur dann eingesetzt wird, wenn sie verständlich ist, so kann aufgrund der Vielzahl der Anwendungen des AHP in anderen Disziplinen angenommen werden, dass der AHP nachvollziehbar und daher verständlich ist. [Huizingh & Vrolijk 1995, S. 10] schwächen diese Schlussfolgerung jedoch ab: »The understandability is, however, some-

what limited by the complex calculations based on the eigenvectors and eigenvalues of the pairwise comparison matrices«. Es ist unbestritten, dass die Verständlichkeit der NWA im Vergleich zum AHP höher ist, so dass hieraus ein Vorteil für die NWA resultiert.

### 4.6 Kosten

Je höher die im Rahmen einer Methoden-anwendung entstehenden Kosten sind, desto weniger ist diese für den praktischen Einsatz geeignet. Die wirtschaftliche Abwicklung der Arbeitsschritte ist ohne softwaretechnische Unterstützung kaum möglich. Beispielsweise kostet eine Einzelplatzlizenz des AHP-Softwarepakets EXPERT CHOICE™ (Version 11.0) 2.750 €. Eine Einzelplatzlizenz der NWA-Software CELSIEVAL (Version 2.0) kostet 490 €. Es soll hier erwähnt werden, dass MICROSOFT® EXCEL über alle Funktionalitäten verfügt, die zur vollständigen Umsetzung des AHP sowie der NWA notwendig sind.

Aus den Ausführungen in den Abschnitten 4.5 und 4.6 kann geschlossen werden, dass der AHP für den Einsatz in Kleinst- und Kleinunternehmen nicht geeignet ist. Man wird, wenn man die vielfach praktizierten intuitiven Entscheidungen durch methodische Vorgehensweisen ersetzen will, aus Kostengründen eher die NWA einsetzen.

### 4.7 Fazit

Als Fazit kann festgehalten werden, dass der AHP der NWA insbesondere in drei Punkten überlegen ist: Erstens werden die Kriterien hierarchisch gegliedert, was die Transparenz der Entscheidungssituation erhöht; zweitens ist ein direkter Vergleich qualitativer und quantitativer Kriterien möglich und drittens erfolgt eine Konsistenzprüfung, so dass Widersprüche im Evaluationsprozess aufgedeckt werden. Umgekehrt ist die NWA erstens leichter verständlich und zweitens ist ein Rank Reversal nicht möglich; drittens sind die Anschaffungskosten für ein entsprechendes Softwarepaket niedriger

bzw. ist die Evaluation auf Basis MICROSOFT® EXCEL leichter umsetzbar.

Sofern die Alternativen vor der Gewichtung der Kriterien bekannt sind, können die Evaluationsergebnisse bei Anwendung der NWA leichter manipuliert werden als beim AHP. Während beim AHP die Gewichte durch paarweise Vergleiche ermittelt werden und die Konsistenz einer jeden Paarvergleichsmatrix festgestellt wird, werden bei der NWA die Gewichte durch die Entscheider direkt festgelegt. So besteht die Gefahr, dass genau jene Kriterien hoch gewichtet werden, bei denen ein bestimmter favorisierter Anbieter offensichtlich seine Stärken hat. Eine solche absichtliche »Übergewichtung« bestimmter Kriterien ist zwar auch beim AHP möglich, jedoch ist anzunehmen, dass dadurch die Wahrscheinlichkeit kardinaler Inkonsistenzen steigt und die geforderten C.R.-Werte  $\leq 0,10$  nicht erreicht werden.

Ob der AHP als Entscheidungsmethodik für den Praktiker in der Wirtschaftsinformatik geeignet ist, insbesondere im Vergleich zur NWA, aber auch zu den in der Praxis weit verbreiteten intuitiven Entscheidungen (siehe dazu z. B. [Meixner & Haas 2002, S. 91 ff.]), kann nicht – im Sinne einer allgemein gültigen Empfehlung – beantwortet werden. Die Eignung bzw. Vorziehungswürdigkeit wird primär von der jeweiligen Entscheidungssituation und ihrer Relevanz für das Unternehmen abhängen. In jedem Fall wird aber durch die Anwendung des AHP der Entscheidungsprozess transparent und die Auswahl objektiviert. Im Sinne der präskriptiven Entscheidungstheorie können mit dem AHP getroffene Entscheidungen folglich als »rationale« Entscheidungen angesehen werden.

## 5 Literatur

[Haedrich et al. 1986] *Haedrich, G.; Kuß, A.; Kreilkamp, E.*: Der Analytic Hierarchy Process – Ein neues Hilfsmittel zur Analyse und Entwicklung von Unternehmens- und Marketingstrategien. In: *WiSt*, 15. Jg., 1986, Nr. 3, S. 120-126.

[Huizingh & Vrolijk 1995] *Huizingh, E. K. R. E.; Vrolijk, H. C. J.*: Decision support for Information Systems Management: Applying Analytic Hierarchy Process. Research Report No. 95B26, Universität Groningen, 1995.

[König et al. 1996] *König, W.; Heinzl, A.; Rumpf, M.-J.; Poblitzki, A. von*: Zur Entwicklung der Forschungsmethoden und Theoriekerne der Wirtschaftsinformatik. Eine kombinierte Delphi- und AHP-Untersuchung. In: Heilmann, H.; Heinrich, L. J.; Roithmayr, F. (Hrsg.): *Information Engineering*. Oldenbourg, München und Wien, 1996, S. 35-65.

[Laux 2003] *Laux, H.*: Entscheidungstheorie. 5. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, 2003.

[Meixner & Haas 2002] *Meixner, O.; Haas, R.*: Computergestützte Entscheidungsfindung: Expert Choice und AHP – innovative Werkzeuge zur Lösung komplexer Probleme. Ueberreuter, Frankfurt, Wien, 2002.

[Nitzsch 1993] *Nitzsch, R. von*: Analytic Hierarchy Process und Multiattributive Werttheorie im Vergleich. In: *WiSt*, 22. Jg., 1993, Nr. 3, S. 111-116.

[Riedl 2005] *Riedl, R.*: Application Service Providing – Entwicklung eines Modells zur Qualitätsmessung. DUV, Wiesbaden, 2005.

[Saaty 1977] *Saaty, T. L.*: A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. In: *Journal of Mathematical Psychology*, 15. Jg., 1977, Nr. 3, S. 234-281.

[Saaty 1980] *Saaty, T. L.*: *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York, 1980.

[Saaty 1994] *Saaty, T. L.*: How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. In: *Interfaces*, 24. Jg., 1994, Nr. 6, S. 19-43.

[Saaty 2000] *Saaty, T. L.*: *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. RWS Publications, Pittsburgh, 2000.

[Saaty 2003] *Saaty, T. L.*: Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary? In: *European Journal of Operational Research*, 2003, Heft 145-1, S. 85-91.

[Schneeweiß 1990] *Schneeweiß, C.*: Kostenwirksamkeitsanalyse, Nutzwertanalyse und Multi-Attributive Nutzentheorie. In: *WiSt*, 19. Jg., 1990, Nr. 1, S. 13-18.

[Werani 2004] *Werani, T.*: Bewertung von Kundenbindungsstrategien in B-to-B-Märkten – Metho-

## Der Analytic Hierarchy Process

dik und praktische Anwendung. DUV, Wiesbaden, 2004.

[Zangemeister 1976] *Zangemeister, C.*: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik – Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projekialternativen. 4. Aufl., Wittenmanske Buchhandlung, München, 1976.

Mag. Dr. René Riedl  
Universitätsassistent  
Institut für Wirtschaftsinformatik –  
Information Engineering  
Johannes Kepler Universität Linz  
Altenberger Straße 69  
A-4040 Linz  
rene.riedl@jku.at  
www.ie.jku.at