

EVALUATOR - COMPUTERUNTERSTÜTZUNG FÜR DIE MULTIKRITERIELLE, VERTEILTE BEWERTUNG TECHNISCHER SYSTEME

R. Adunka, S. Wartzack

Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag berichtet über das Konzept und die prototypische Implementierung eines computerunterstützten Werkzeugs zur multikriteriellen, verteilten Bewertung technischer Systeme. Der Verteilungsaspekt resultiert dabei aus der plattformunabhängigen Implementierung des Softwaretools mit JAVA. Auf diese Weise kann der bei einer Bewertung zeitkritischste Faktor, das Arrangement der jeweiligen Spezialisten zu einem gemeinsamen Bewertungstreffen, wesentlich entschärft werden.

1 Problemstellung

Die Bedeutung von Verfahren zur multikriteriellen Bewertung technischer Systeme ist bekannt: Immer wenn – unter Berücksichtigung der verschiedensten Gesichtspunkte – Entscheidungen zwischen zwei oder mehr Lösungsansätzen getroffen werden müssen, kann die multikriterielle Bewertung das Risiko einer Fehlentscheidung deutlich verringern. Gerade in den frühen Phasen, wenn es darum geht, zwischen alternativen Konzepten auszuwählen, sind geeignete Bewertungsverfahren unerlässlich, um das bestehende Risiko, das mit der Neuentwicklung eines Produktes verbunden ist, zu reduzieren.

In diesem Zusammenhang existieren zahlreiche Verfahren zur multikriteriellen Bewertung, wie z.B. die technisch-wirtschaftliche Bewertung, das Rangfolgeverfahren, die Bewertung mittels Präferenzmatrix oder die anforderungsorientierte gewichtete Bewertung [1]. Diese Verfahren unterscheiden sich zwar im detaillierten Bewertungsablauf, allerdings ist eine Konvergenz hinsichtlich dem grundsätzlichen Vorgehen, das durch das Aufstellen, Gewichten und Bewerten einzelner Kriterien geprägt ist, festzustellen.

In Zusammenhang mit der multikriteriellen Bewertung von Baustukturvarianten hat sich durch vorangegangene Untersuchungen gezeigt, dass das Bewertungsverfahren nach A. Breiing (anforderungsorientierte gewichtete Bewertung mittels scharfer Zahlen) eine sehr gute Basis zur Durchführung entsprechender Bewertungen aufweist [2].

Unabhängig von dieser guten Eignung sind bei der Bewertung alternativer Konzepte komplexe Rechenvorgänge erforderlich, bei denen klassische Bürosoftware (z.B. EXCEL) nur sehr begrenzt helfen kann. Das Aufstellen und Auswerten der oftmals unhandlichen Relationenprüfmatrizen sowie der konsistenten Entscheidungsmatrizen kann u.U. sehr zeitaufwendig sein. Ferner besteht während den komplexen Rechenvorgängen die Gefahr, dass durch Tippfehler die gesamte Bewertung verfälscht wird. Die zahlreichen Matrizen, die mit steigender Varianten- und Kriterienzahl entstehen, können dazu beitragen, dass der Bewerter (bzw. das Bewertungsteam) die Übersicht verliert. Ein weiterer, sehr zeitkritischer Aspekt bei einer Bewertung ist die Terminalsituation der Bewertungsexperten: Es gilt allgemein als sehr schwierig, die für eine Bewertung relevanten Experten zu einem gemeinsamen Bewertungstreffen zu organisieren. Abhilfe soll für all diese Aspekte der EVALUATOR – eine Computerunterstützung für die multikriterielle, verteilte Bewertung

technischer Systeme – bieten, die am Lehrstuhl für Konstruktionstechnik (KTmfk) entwickelt wurde und im nachfolgenden Bericht ausführlich dargestellt wird.

2 Konzept

Im Rahmen der Forschungsarbeiten im Sonderforschungsbereich 396 werden alternative, grob beschriebene Baustrukturvarianten durch zahlreiche, teilweise wissensbasierte Analysen untersucht. Der Konstrukteur kann bei der Auswahl eines bestgeeigneten Konzeptes nur unterstützt werden, wenn ihm Methoden und evtl. Werkzeuge zur Verfügung gestellt werden, die die vielfältigen und auch teilweise widersprüchliche Analyseergebnisse bereinigen und bewerten. Die Methode zur Unterstützung des Konstrukteurs ist dabei durch die anforderungsorientierte, gewichtete Bewertung nach Breiing in angepaßter Form vorhanden und wurde anhand der dargestellten Aufgabenstellung bereits evaluiert [2]. Die Computerunterstützung, die auf dieser Methode basiert, verfolgt das Ziel, die damit verbundenen komplexen Vorgänge (vgl. Bild 1) strukturiert und benutzergerecht abzuarbeiten.

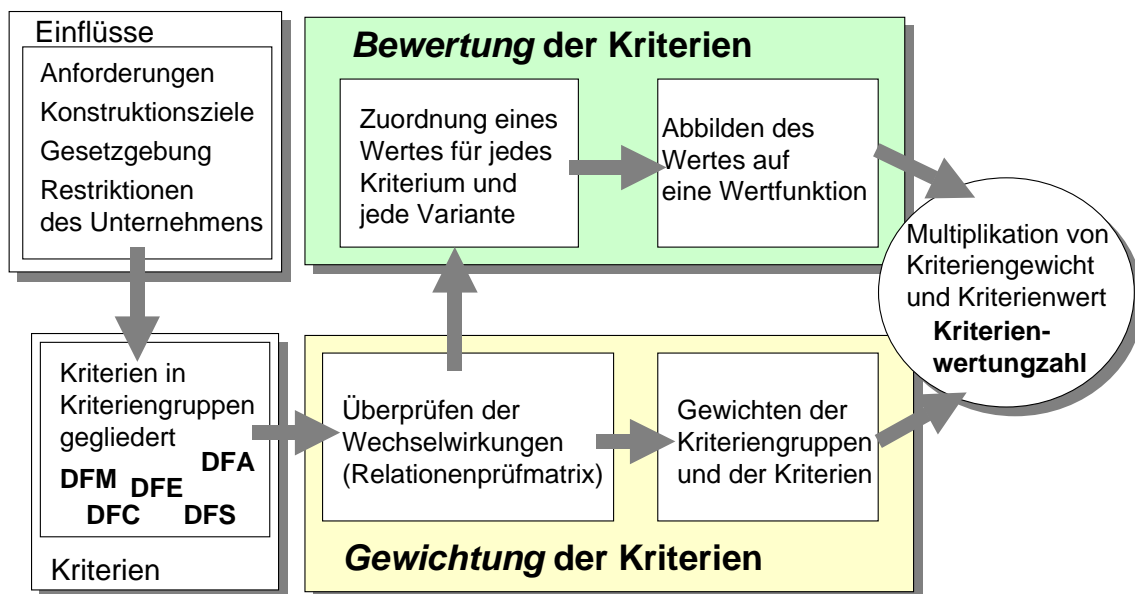


Bild 1: Ablauf bei multikriterieller Bewertung

Der Bewerter soll mit Hilfe der Computerunterstützung durch die Bewertung geführt werden, so dass am Anfang einer Bewertung organisatorische Belange mit Hilfe des Tools strukturiert abgefragt und verwaltet werden können (Kap. 3). Hierzu sind in erster Linie die Daten zum Bewertungsprojekt, bzw. zum Bewerterteam anzugeben. In weiteren Verlauf des Bewertungsvorgangs ist die Oberfläche des Tools derart gestaltet, dass die komplexen Vorgänge, bzw. Matrizen plausibel und transparent dargestellt werden; die EVALUATOR – Software kann somit als Workflow-Managementsystem für Bewertungsprojekte angesehen werden.

Ein weiterer, sehr wesentlicher Gesichtspunkt ist der Aspekt der verteilten Bewertung: Da die entsprechenden Bereiche (z.B. Umweltaspekte, Fertigungskriterien, Kosten) von einem jeweils kompetenten Bewerter gewichtet werden sollen, ist es erforderlich, all diese Spezialisten bei einer Bewertungssitzung verfügbar zu haben. Es ist leicht ersichtlich, dass diese terminkritische Situation durch eine plattformunabhängige Implementierung der Bewertungssoftware verbessert werden kann. Via Internet sind auf diese Art die Bewerter befähigt, weltweit sich zum Bewertungsprojekt zu informieren und ihre entsprechenden Bewertungen abzugeben (Bild 2). Moderne Teleengineering-Tools, wie z.B. Video- und

Audiokonferenz, WWW und Whiteboard ermöglichen dabei eine Detailkommunikation innerhalb des Bewertungsteams.

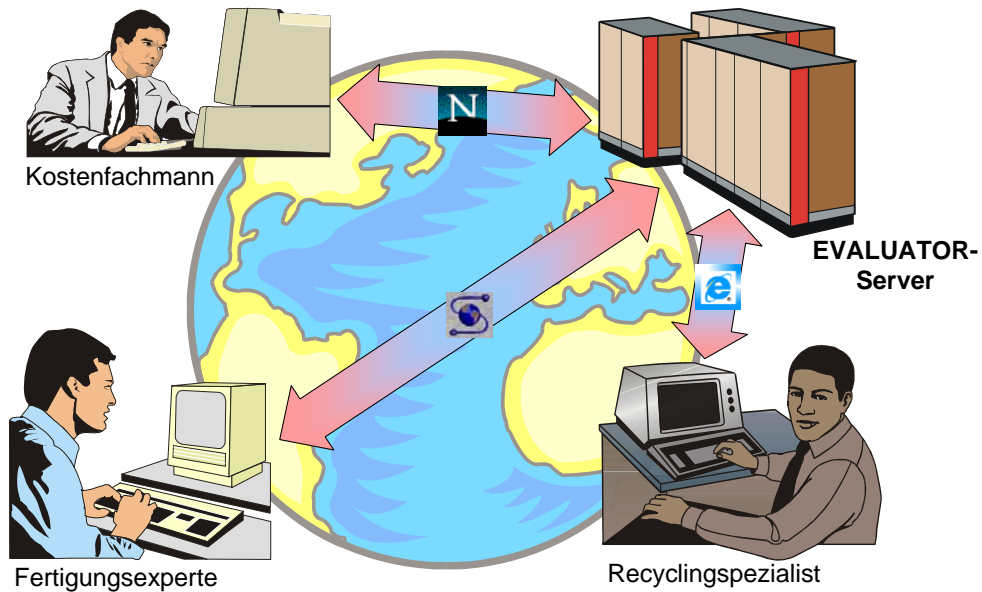

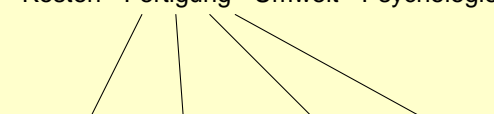

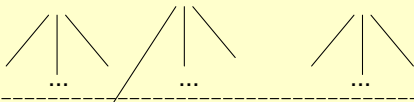



Bild 2: Plattformunabhängiges, verteiltes Bewerten

Diese arbeitsteilige, modulare Form des Zusammenwirkens der Experten kann nur durch eine hierarchische Gewichtung der Kriterien erreicht werden. Durch strukturierte Gliederung der Kriterien in die entsprechenden Kriteriengruppen und Zuordnung zum entsprechenden Experten (Bild 3) lässt sich gewährleisten, dass die von jedem Fachmann gewichteten Bereiche sich in den jeweiligen Kriteriengewichten niederschlagen. Das jeweilige Kriteriengewicht lässt sich dann, wie in Bild 3 dargestellt, multiplikativ aus den Teilgewichten der Kriteriengruppen, bzw. der Einzelkriterien bestimmen [2].

| Ebene | Bewerter | Kriterien(gruppen) | Faktor |
|-------|--|---|---|
| 1 | Hauptbewerter  | Kosten - Fertigung - Umwelt - Psychologie  | g_{DFX} |
| 2 | Fertigungsleiter  | Tiefziehen - Schrauben - Schweißen - ...  | g_{DFP} |
| 3 | Experte  | <u>Kriterien:</u> - gleiche Montagerichtung - gleiche Verbindungselemente - Verwenden lagestabiler Vb-teile - ... | $g_{DFA i}$ $g_{DFA j}$ $g_{DFA k}$ |

$$\text{Kriteriengewicht } i = g_{DFX} \cdot g_{DFP} \cdot g_{DFA i}$$

Bild 3: Hierarchische Gewichtung der Kriterien

Neben der Durchführung verteilter Bewertungen dient der EVALUATOR als ein Tool zur Gewichtung der Kriterien, aufgrund dessen Analysen durchgeführt werden (vgl. [2]). Ein derartiges Werkzeug ist notwendig, um die vielfältigen Ergebnisse zu gewichten, die sich bei der Durchführung multikriterieller Analysen ergeben.

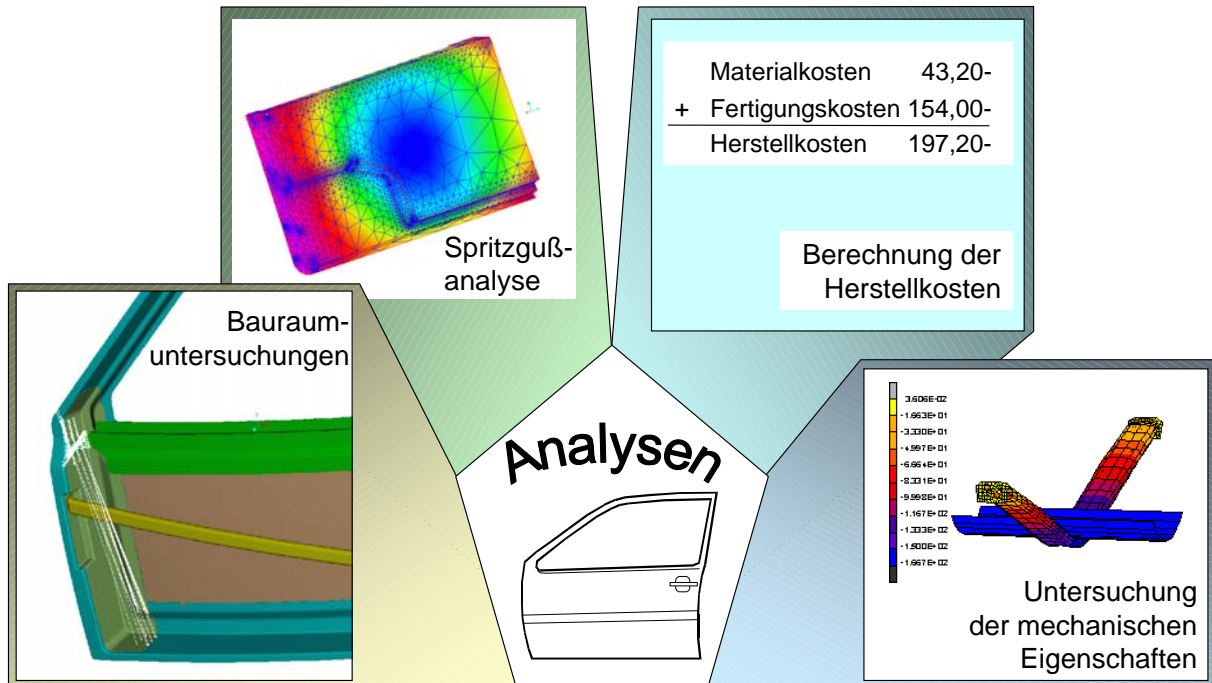


Bild 4: Vielfalt der Analyseergebnisse“

3 Implementierung

Wie aus den letzten Kapiteln hervorgeht, sind komplexe Vorgänge und große Datenmengen bei einem größeren Bewertungsprojekt zu bewältigen. Um diese methodisch verarbeiten zu können, ist in der EVALUATOR-Software eine Struktur vorgesehen, die anfallenden Arbeiten sinnvoll auf die zuständigen Experten verteilen läßt. So kann das gesamte Projekt einem Hauptbewerter zugeordnet werden, der gewissermaßen als Administrator die Bewertung verwaltet und coached. Wichtige Daten über die beteiligten Bewerter werden strukturiert abgelegt und sind so jederzeit einsehbar. Der Hauptbewerter hat ferner die Möglichkeit, Kriteriengruppen verschiedenen Bewertern zuzuteilen. Damit haben dann nur diese Bewerter und der Hauptbewerter Schreibrechte bei Veränderungen innerhalb dieser Gruppe. Die Abarbeitung gewisser Inhalte bleibt so das alleinige Recht des Experten und steuert indirekt den Arbeitsfluß. Die Kriterien können in Kriteriengruppen beliebiger Hierarchieebene eingeteilt werden. So läßt sich das Modell der „Hierarchischen Gewichtung der Kriterien“ (siehe Bild 3) direkt im EVALUATOR abbilden (Bild 5).

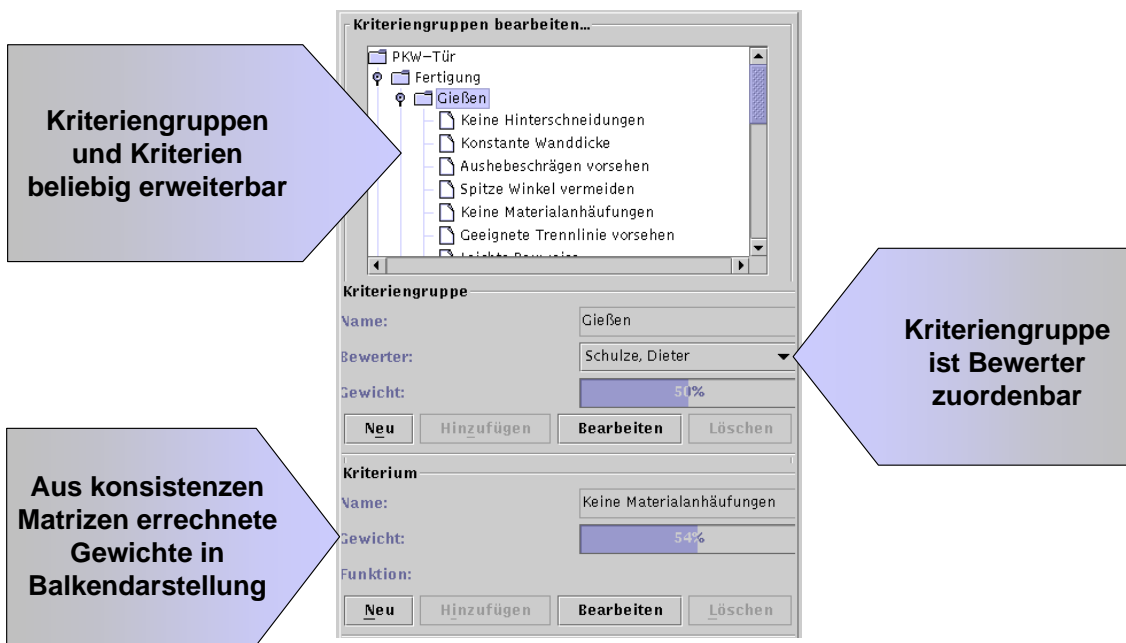


Bild 5: Kriterienbearbeitung im EVALUATOR

Die von den verschiedenen Bewertern aufgestellten Kriterien müssen anschließend hinsichtlich ihrer Gegenläufigkeit oder Widersprüchlichkeit untersucht werden. Ein Beispiel hierfür wäre eine Forderung nach rollfähigen Verbindungselementen, welche der Forderung nach lagestabilen Verbindungselementen widerspricht. So muß jedes Kriterium der untersten Ebene („Blätter des Kriterienbaumes“) mit jedem anderen Kriterium verglichen werden. Wie schon in [2] festgestellt wird, ist die Relationenprüfmatrix das geeignete Mittel um diese Untersuchungen vorzunehmen. Es wurde dort auch aufgezeigt, dass die Durchführung dieses Schrittes sehr mühsam ist. Eine Unterstützung durch den Rechner wäre hier also wünschenswert. Durch die Portierung der Relationenprüfmatrix auf den Rechner (Bild 6), ist es möglich, in einem weiteren Schritt eine Auswertung der Matrix vorzunehmen. So können die problematischen Kriterien leicht identifiziert und bereinigt werden.

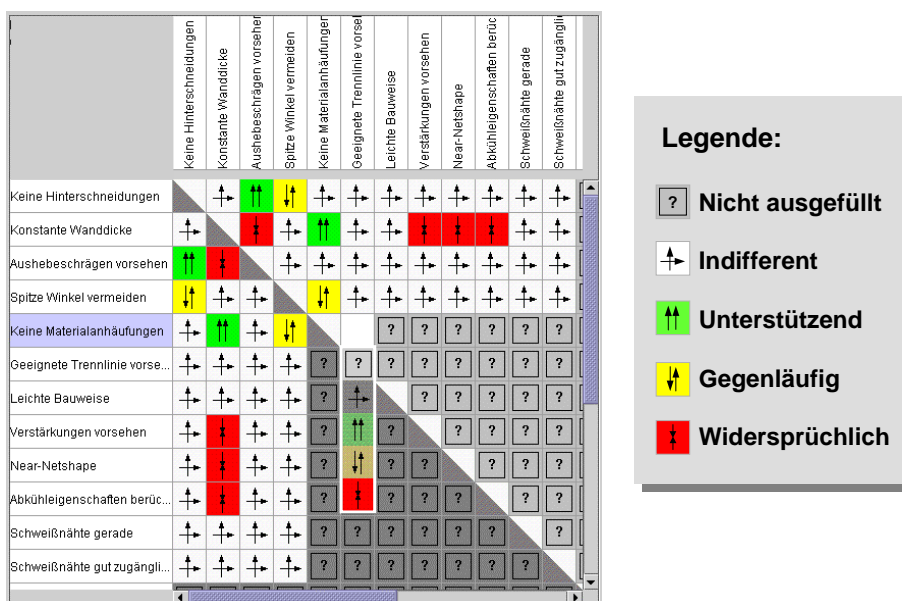


Bild 6: Computerunterstützte Relationenprüfmatrix

Nachdem die Kriterienliste mittels Relationenprüfmatrix bereinigt wurde, können die Kriterien in einer Gruppe gegeneinander gewichtet werden. Dazu werden konsistente Entscheidungsmatrizen (Bild 7) eingesetzt, welche die Objektivität fördern, indem sie vom Bewerter nur den Vergleich zweier Kriterien miteinander verlangen (sogenannter „paarweiser Vergleich“). Wurde ein Kriterium mit allen anderen Kriterien verglichen, so ergibt sich daraus die Gewichtung der Kriterien. Solch eine Entwicklung nach einer Zeile einer Entscheidungsmatrix ist relativ einfach und lässt sich auch mit herkömmlichen Tabellenkalkulationen erreichen. Dem Bewerter soll aber jede Zelle der Matrix zugänglich gemacht werden, um ihm die Entscheidung zu überlassen, welches Kriterienpaar er am besten gegeneinander gewichten kann. Bei solchem Vorgehen steigt der Berechnungsaufwand in solchem Maße, dass er nicht von Tabellenkalkulationen abgefangen werden kann.

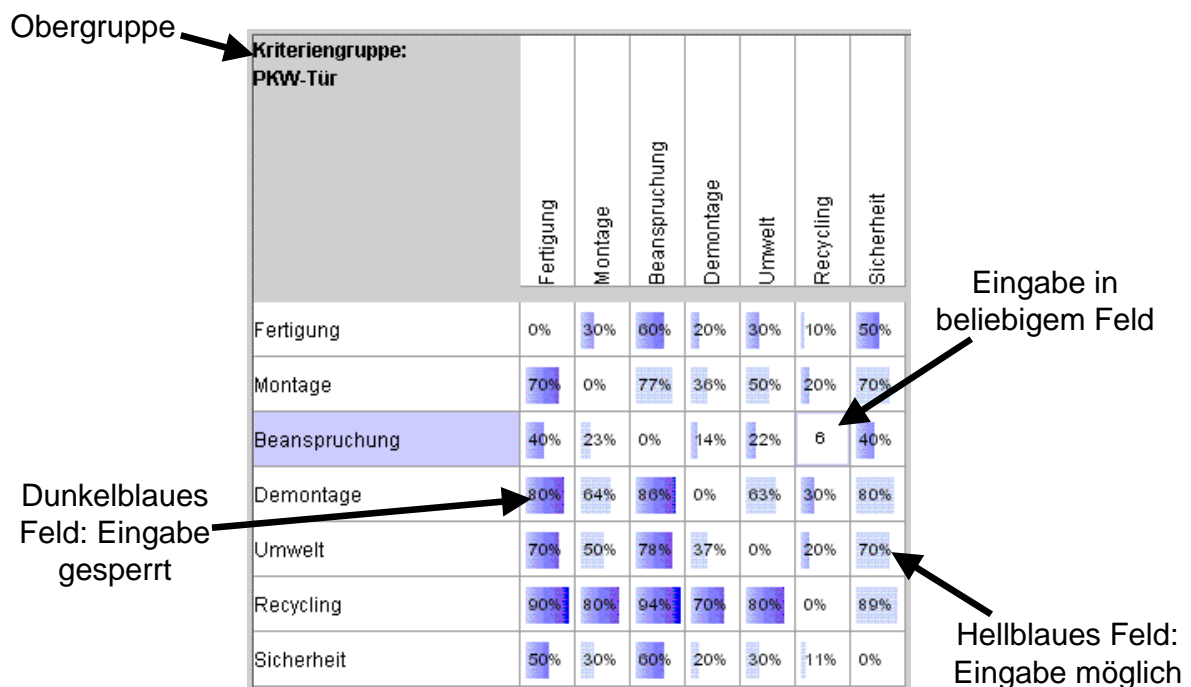


Bild 7: Konsistente Entscheidungsmatrizen

Ebenso mühsam wie die Berechnung der konsistenten Entscheidungsmatrizen gestaltet sich die Überführung von eingegebenen oder aus Analysen extrahierten Werten zu Maßzahlen. Zu diesem Zweck müssen von den zuständigen Bewertern Wertfunktionen aufgestellt werden. Ein Editor für Wertfunktionen (Bild 8), der ihm die Auswirkungen seiner Funktionsparameter graphisch darstellt, ist somit eine Erleichterung für den Bewerter. Die Werte, die aus Benutzereingaben und Analysen des Assistenzsystems kommen, werden unter Berücksichtigung der Wertfunktion automatisch auf Maßzahlen abgebildet.

Sind nun Maßzahlen und Gewichte ermittelt worden, kann durch Multiplikation und Addition mit anschließender Normung ein Gesamtwert für jede bewertete Variante gebildet werden. Dieser wird in einem einfachen Balkendiagramm dargestellt.

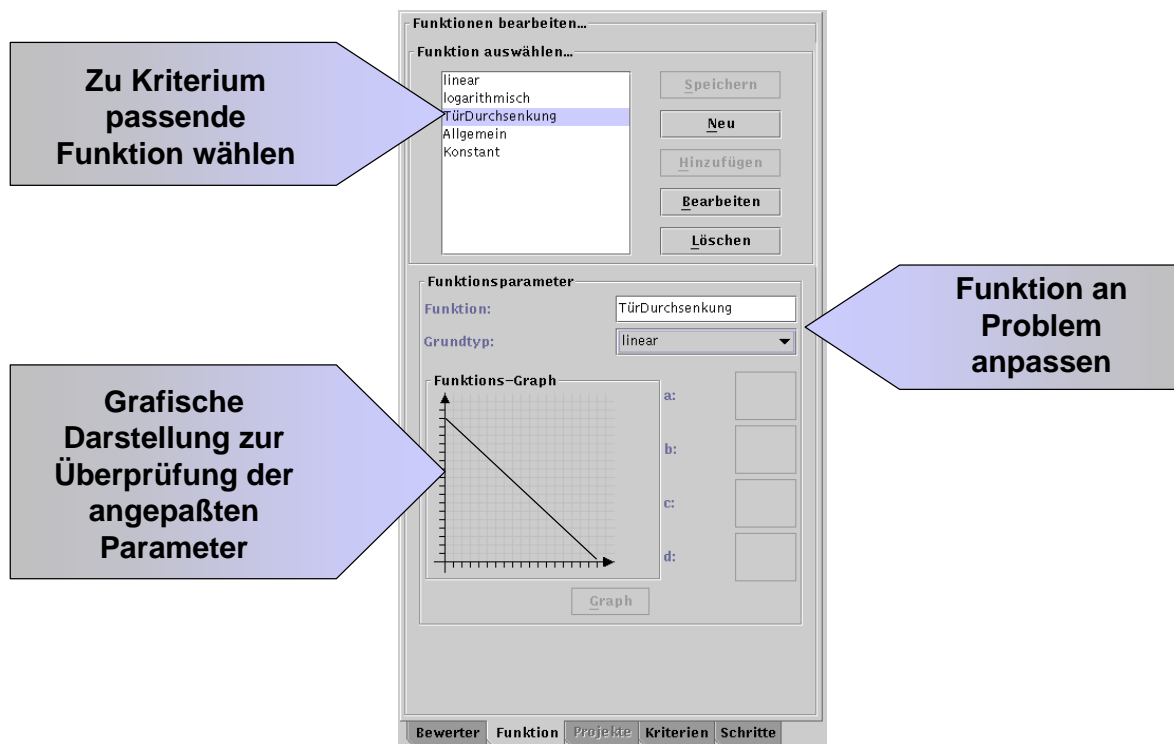


Bild 8: Wertfunktionen

4 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Probleme, die in Verbindung mit einer händisch durchgeführten Bewertung verbunden sind, aufgezeigt. Hauptaugenmerk ist dabei auf die beteiligten Personen zu legen, die bei Bewertungen meist den Führungsebenen angehören, und den in der Bewertung verwendeten Methoden.

In [2] wurde gezeigt, dass für das vorliegende Bewertungsproblem, die anforderungsorientierte, gewichtete Bewertung mittels scharfer Zahlen geeignete Methoden bereitstellt um diese Aufgabe zu bewältigen.

Die Umsetzung dieser Methoden auf ein rechnerunterstütztes Bewertungstool ermöglichen es, die rechenintensiven Verfahren der multikriteriellen Bewertung zu erleichtern. Der zugleich verfolgte plattformunabhängige und verteilte Ansatz des EVALUATORS entkoppelt die mit diesem Werkzeug durchgeführte Bewertung teilweise von Terminproblemen der beteiligten Bewerter. Die noch ausstehende Kopplung von Assistenzsystem und Evaluator, mit dem Ergebnisse aus wissensbasierten Analysen in den Bewertungsprozeß integriert werden sollen, läßt die Bewertung dann teilweise automatisiert erfolgen.

Mit dem EVALUATOR ist es somit gelungen, einen Weg aufzuzeigen, wie die komplexe und zeitintensive Bearbeitung eines Bewertungsprojektes im Sinne des „Concurrent Engineering“ erleichtert und verbessert werden kann.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Breiing, A.; Knosala, R.: Bewerten technischer Systeme – Theoretische und methodische Grundlagen bewertungstechnischer Entscheidungshilfen, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1997
- [2] Adunka, R.; Wartzack, S.: Multikriterielle Bewertung von Baustrukturvarianten In: Fertigungsgerechtes Konstruieren, Beiträge zum 9. Symposium, Schnaittach, H. Meerkamm (Hrsg.), Lehrstuhl für Konstruktionstechnik, Universität Erlangen-Nürnberg, 1998, S. 57-65

Dipl.-Ing. Robert Adunka
Lehrstuhl Konstruktionstechnik
Prof. Dr.-Ing. H. Meerkamm
Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstr. 9
D-91058 Erlangen
Tel.: +49 9131 / 852 – 7997
Fax.: +49 9131 / 852 – 7988
Internet: adunka@mfk.uni-erlangen.de

Dipl.-Ing. Sandro Wartzack
Lehrstuhl Konstruktionstechnik
Prof. Dr.-Ing. H. Meerkamm
Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstr. 9
D-91058 Erlangen
Tel.: +49 9131 / 852 – 7290
Fax.: +49 9131 / 852 – 7988
Internet: wartzack@mfk.uni-erlangen.de