

Alois Breiing • Ryszard Knosala

# Bewerten technischer Systeme

Theoretische und methodische Grundlagen  
bewertungstechnischer Entscheidungshilfen

Mit 181 Abbildungen



Springer

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Einleitung - Entscheiden erfordert vorausgehendes Bewerten</b>	<b>1</b>
<b>2 Allgemeine Gesichtspunkte zur Bewertungsdurchführung</b>	<b>5</b>
2.1 Der grundsätzliche Bewertungsvorgang	5
2.2 Die Anwendungsbereiche einer Bewertung	6
2.3 Die Häufigkeit einer Bewertung	7
2.4 Der erforderliche Bewertungsaufwand	8
<b>3 Die Voraussetzungen zur Durchführung einer Bewertung</b>	<b>11</b>
3.1 Grundvoraussetzungen	11
3.2 Die Anforderungen als Grundlage der Bewertungskriterien	14
3.2.1 Übersicht	14
3.2.2 Gliederung und Ordnung der Anforderungen	15
3.2.3 Anforderungsfamilien und Einzelanforderungen	22
3.2.4 Kosten und Termine als Entscheidungskriterien	27
3.2.5 Aufstellen von Anforderungen und Erstellen von Anforderungslisten	28
3.2.6 Prüfen der Anforderungen und ihrer Relationen	32
3.2.7 Die Anwendbarkeit der Anforderungen im Konstruktionsprozeß	34
3.3 Die Bewertungskriterien	35
3.3.1 Übersicht	35
3.3.2 Gliederung und Ordnung der Bewertungskriterien	38
3.3.3 Erfassen und Aufbereiten der Bewertungskriterien	42
3.4 Die erforderlichen Informationen über die zu bewertenden Varianten	45
3.5 Die Bewerter	46
3.6 Zusammenfassung zu Kapitel 3	48
<b>4 Theoretische Grundlagen</b>	<b>49</b>
4.1 Die Konsistenz paarweise verglichener Bewertungsgrößen	49
4.1.1 Übersicht	49
4.1.2 Die Aufstellung konsistenter Entscheidungsmatrizen	49
4.1.2.1 Arten der Darstellung	49
4.1.2.2 Die Bestimmung der Bewertungsgrößen	50
4.1.2.3 Zusammenhänge der Bewertungsgrößen untereinander	52
4.1.3 Die Ermittlung des Ergebnisvektors	60
4.2 Die Begriffe Schärfe und Unschärfe	79
4.2.1 Übersicht	79
4.2.2 Die Zugehörigkeitsfunktionen	79

4.2.3 Die Addition unscharfer Zahlen bzw. Mengen	84
4.2.4 Die Multiplikation unscharfer Zahlen bzw. Mengen	86
4.2.5 Das Supremum	87
4.2.6 Die Auflösung unscharfer Zahlen bzw. Mengen in scharfe Zahlen - Defuzzifikation	88
4.3 Die Bestimmung der Maßzahlen	89
4.3.1 Übersicht	89
4.3.2 Die Maßzahlen deterministischer Kriterien in Form scharfer Zahlen	90
4.3.2.1 Übersicht	90
4.3.2.2 Die Wertfunktionen	90
4.3.3 Die Maßzahlen deterministischer Kriterien in Form unscharfer Mengen	123
4.3.3.1 Übersicht	123
4.3.3.2 Die Zuordnung von Wertfunktionen zu Maßzahlintervallen	123
4.3.3.3 Die Ermittlung der Zugehörigkeitsfunktionen	126
4.3.4 Die Maßzahlen linguistischer Kriterien in Form scharfer Zahlen	129
4.3.4.1 Übersicht	129
4.3.4.2 Die Erhöhung der Objektivität durch Bewertergruppen	130
4.3.4.3 Die Ermittlung der Maßzahlen durch die Abschätzung von Erfüllungsgraden	132
4.3.5 Die Maßzahlen unscharfer Kriterien in Form unscharfer Mengen	134
4.3.5.1 Übersicht	134
4.3.5.2 Die Zugehörigkeitsfunktionen nicht scharf erfaßbarer Maßzahlen deterministischer Kriterien	135
4.3.5.3 Die Zugehörigkeitsfunktionen linguistisch beschriebener Maßzahlen deterministischer Kriterien	138
4.3.5.4 Die Wertfunktionen unscharfer Mengen	139
4.3.5.5 Die Zugehörigkeitsfunktionen von Maßzahlen echter linguistischer Kriterien	140
4.3.6 Die Maßzahlen probabilistischer Kriterien	146
4.3.6.1 Übersicht	146
4.3.6.2 Die Maßzahlen probabilistischer Kriterien in Form scharfer Zahlen	148
4.3.6.3 Die Maßzahlen probabilistischer Kriterien in Form unscharfer Zahlen	149
4.3.6.4 Die Maßzahlen probabilistischer Kriterien in Form unscharfer Mengen	149
4.4 Die Gewichtung	157
4.4.1 Übersicht	157
4.4.2 Die Ermittlung der Gewichtungsfaktoren als scharfe Zahlen	159
4.4.2.1 Die Gewichtungsmatrix	159
4.4.2.2 Die Bestimmung der Wichtigkeiten	159
4.4.2.3 Die Berechnung der Gewichtungsfaktoren	165

4.4.3 Die Modellierung der Gewichtungsfaktoren als unscharfe Mengen	168
4.4.3.1 Übersicht	168
4.4.3.2 Das numerische Verfahren zur Bestimmung unscharfer Gewichtungsfaktoren	169
4.4.3.3 Linguistische Verfahren zur Bestimmung unscharfer Gewichtungsfaktoren	170
4.5 Die Wertungszahlen	177
4.5.1 Übersicht	177
4.5.2 Die Wertungszahlen ungewichteter Kriterien	179
4.5.3 Die Wertungszahlen gewichteter Kriterien	179
4.5.3.1 Die Wertungszahlen scharf erfaßter Kriterien	179
4.5.3.2 Die Wertungszahlen unscharf erfaßter Kriterien	179
4.6 Die Bewertungsergebnisse	180
4.6.1 Übersicht	180
4.6.2 Die Wertigkeiten ungewichteter Kriterien	181
4.6.2.1 Die Wertigkeiten scharf erfaßter deterministischer Kriterien	181
4.6.2.2 Die Wertigkeiten unscharf erfaßter deterministischer Kriterien	181
4.6.2.3 Die Wertigkeiten scharf erfaßter linguistischer Kriterien	182
4.6.2.4 Die Wertigkeiten unscharf erfaßter linguistischer Kriterien	183
4.6.3 Die Wertigkeiten gewichteter Kriterien	187
4.6.3.1 Die Wertigkeiten scharf erfaßter Kriterien	187
4.6.3.2 Die Wertigkeiten unscharf erfaßter Kriterien	190
4.6.4 Die Normierung der Wertigkeiten	192
4.6.5 Die Ermittlung der Rangfolge	192
4.6.6 Die Zwischenbewertung der Kriteriengruppen bzw. -arten	193
4.6.7 Die Gesamtbewertung komplexer technischer Systeme	194
4.6.8 Darstellungsformen der Bewertungsergebnisse	194
4.6.8.1 Übersicht	194
4.6.8.2 Darstellung der Bewertungsergebnisse in Tabellen	195
4.6.8.3 Darstellung der Bewertungsergebnisse in eindimensionalen Diagrammen	196
4.6.8.4 Darstellung der Bewertungsergebnisse in zweidimensionalen Diagrammen	198
4.6.8.5 Darstellung der Bewertungsergebnisse in dreidimensionalen Diagrammen - das dreidimensionale Stärkediagramm	200
4.6.8.6 Darstellung der Bewertungsergebnisse als Wertprofile	201
4.6.8.7 Darstellung der Bewertungsergebnisse in Form von Zugehörigkeitsfunktionen	202
4.6.8.8 Darstellung der Bewertungsergebnisse in Form von Baumstrukturen	203
4.6.8.9 Darstellung der Bewertungsergebnisse in Form von Bedeutungsprofilen	206
4.6.9 Darstellung der Verbesserung von Bewertungsergebnissen	207
4.7 Zusammenfassung zu Kapitel 4	208

<b>5 Der Vertrauensgrad einer Bewertung</b>	<b>209</b>
5.1 Übersicht	209
5.2 Die Objektivität von Entscheidungen	210
5.3 Die Plausibilität der Bewertungsergebnisse	211
5.4 Die Robustheit der Bewertungsergebnisse	211
5.4.1 Robuste Mittelwerte allgemeiner Vektorkoordinaten	211
5.4.2 Die Erhöhung der Robustheit scharf erfaßter Maßzahlen	212
5.5 Die Sensibilität der Bewertungsergebnisse	213
5.6 Zusammenfassung zu Kapitel 5	213
<b>6 Die Bewertung von Risiko und Akzeptanz</b>	<b>215</b>
6.1 Übersicht	215
6.2 Die Abschätzung des Risikos einer Entscheidung	215
6.2.1 Risiko und Chance	215
6.2.2 Gesamtrisiko und individuelles Risiko	216
6.2.3 Die Risikoanalyse	217
6.3 Bewerten als akzeptanzfördernde Maßnahme	219
6.3.1 Die unterschiedlichen Stufen der Akzeptanz	219
6.3.2 Die Akzeptanzanalyse	220
6.3.3 Die Akzeptanzsynthese	225
6.4 Zusammenfassung zu Kapitel 6	225
<b>7 Die bisher gebräuchlichsten Bewertungsverfahren</b>	<b>227</b>
7.1 Anwendungsgrundsätze und Übersicht	227
7.2 Die Argumentenbilanz als einfachste Entscheidungshilfe	229
7.3 Die technisch wirtschaftliche Bewertung nach <i>F. Kesselring</i>	230
7.4 Das Rangfolgeverfahren	235
7.5 Die Bewertung mit Hilfe einer Präferenzmatrix	238
7.6 Die Nutzwertanalyse nach <i>C. Zangemeister</i>	241
7.7 Die Vorrangmethode nach <i>T. L. Saaty</i>	245
7.8 Die anforderungsorientierte gewichtete Bewertung mittels scharfer Zahlen nach <i>A. Breiing</i>	247
7.9 Die objektivierte gewichtete Bewertung mittels unscharfer Zahlen und Mengen nach <i>R. Knosala</i>	247
7.10 Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse	249
7.11 Die Kosten-Nutzen-Analyse	249
7.12 Die Beurteilung von Lösungen mittels Bedeutungsprofilen	250
7.13 Weitere Bewertungsverfahren	253
7.14 Zusammenfassung zu Kapitel 7	253
<b>8 Beispiele</b>	<b>257</b>
8.1 Übersicht	257
8.2 Die anforderungsorientierte gewichtete Bewertung - Beschaffung eines Absperrorgans	257
8.3 Bewertung mittels unscharfer und frei abgeschätzter Bewertungsgrößen - Bewertung von hydraulischen Zylindern	267

Inhaltsverzeichnis	xv
8.4 Bewertung von Konstruktionsvarianten für eine Kolbenstangen- verbindung	273
8.5 Bewertung von Spindelfedern für eine Ringspinnmaschine zum ballonlosen Spinnen	279
<b>9 Resümee und Ausblick</b>	<b>293</b>
<b>10 Literaturverzeichnis</b>	<b>295</b>
<b>Glossar</b>	<b>301</b>
<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>309</b>