

Bewertung der Qualität von Tragwerken

Von der Fakultät für Architektur und Landschaft
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

zur Erlangung des Grades eines

Doktors der Ingenieurwissenschaften

Dr.-Ing.

genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Hannes Gerber
geboren am 15.08.1973 in Lübeck

Inhalt

Vorwort	i
Kurzfassung	ii
Abstract	iii
Inhalt	v
1. Einleitung	11
1.1 Motivation und Ziel der Arbeit	11
1.2 Die Entwicklung der Statik im historischen Kontext.....	14
1.3 Der Entwurfsprozess.....	20
1.4 Aufgaben des Tragwerks.....	27
1.5 Definition des Qualitätsbegriffs	30
2 Bewertungsmethodik und –verfahren	33
2.1 Die Problematik der Bewertung	33
2.1.1 Voraussetzungen.....	33
2.1.2 Zielvorgaben.....	34
2.1.3 Subjektive Einflüsse	35
2.1.4 Anforderungen und Kriterien	35
2.1.5 Kriterienausprägungen und Urteilsskalen	38
2.2 Entscheidungstheorie	40
2.2.1 Entscheidungslogik.....	41
2.2.2 Deskriptive Entscheidungstheorie	42
2.2.3 Statistische Entscheidungstheorie	44
2.3 Bewertungsverfahren – Stand des Wissens.....	44
2.3.1 Argumentenbilanz.....	44
2.3.2 Die technisch-wirtschaftliche Bewertung.....	45
2.3.3 Die einfache und gewichtete Punktbewertung.....	47
2.3.4 Nutzwertanalyse	49
2.3.5 Der Analytic Hierarchy Process (AHP).....	53
2.3.6 Entscheidungstechnologische Ansätze am Beispiel der Outranking Relations....	60
2.3.7 Dekompositionelle Bewertungsverfahren.....	72
2.3.8 Soll-Ist-Zustandsvergleich nach Emam.....	74
2.3.9 Bewertungsverfahren nach FOGIB	76
2.3.10 Effizienzwertmethode nach Eisert.....	78

2.4	Entwicklung einer Methodik zur Bewertung von Tragwerken	84
2.4.1	Grundsätzliche Probleme von Bewertungsverfahren	85
2.4.2	Anforderungen an ein Bewertungsverfahren für Tragwerke	87
2.4.3	Bewertungsmethodik für Tragwerke	89
2.4.4	Die Rangwechsellproblematik	92
2.4.5	Untersuchungen zu den Präferenzfunktionen bei PROMETHEE	98
2.4.6	Wertfunktionen	105
2.4.7	Normierungsmethoden	107
2.4.8	Aggregation der Zwischenergebnisse	112
2.4.9	Darstellung der Ergebnisse	118
2.4.10	Zusammenfassende Darstellung des Bewertungsverfahrens für Tragwerke	120
3	Kriterien zur Bewertung von Tragwerken	121
3.1	Vergleichende Analyse unterschiedlicher Kriterienlisten	121
3.2	Definition der Ziele	123
3.3	Anforderungen an Tragwerke	124
3.3.1	Anforderungen an den Lastabtrag	125
3.3.2	Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit	127
3.3.3	Anforderungen an die Umweltverträglichkeit	127
3.3.4	Anforderungen an den Beitrag zur Funktion des Bauwerks	128
3.3.5	Anforderungen an den Beitrag zur Gestalt des Bauwerks	130
3.3.6	Überprüfung der Anforderungsrelationen untereinander	133
3.4	Bewertungskriterien	135
3.4.1	Bestimmung der Kriterienausprägungen	135
3.4.2	Lastabtrag	136
3.4.2.1	Effizienz	136
3.4.2.2	Gebrauchstauglichkeit	142
3.4.2.3	Robustheit	143
3.4.2.4	Fehleranfälligkeit bei der Herstellung	148
3.4.3	Wirtschaftlichkeit	149
3.4.3.1	Herstellungskosten	150
3.4.3.2	Unterhaltungskosten	151
3.4.3.3	Abbruch- und Entsorgungskosten	152
3.4.4	Umweltverträglichkeit	154
3.4.4.1	Energieaufwand und Emissionen bei der Herstellung	154
3.4.4.2	Energieaufwand und Emissionen beim Transport	160
3.4.4.3	Wiederverwertbarkeit	161

3.4.5	Beitrag zur Funktion	162
3.4.5.1	Baukonstruktive Funktionen.....	162
3.4.5.2	Bauphysikalische Funktionen.....	164
3.4.5.3	Gebäudetechnische Funktionen	165
3.4.6	Beitrag zur Gestalt.....	166
3.4.6.1	Einheit von Gestaltungsabsicht und Tragwerk.....	167
3.4.6.2	Tektonik.....	167
3.5	Kriterien im Kontext des Bewertungsverfahrens für Tragwerke	169
4	Anwendungsbeispiel	171
4.1	Entwurfsrandbedingungen.....	171
4.2	Berechnungsannahmen.....	172
4.3	Tragwerksvarianten	173
4.3.1	Variante 1: Fachwerkträgerrost.....	174
4.3.2	Variante 2: Fischbauch-Träger.....	176
4.3.3	Variante 3: Fachwerkträger über die kurze Spannweite mit Fachwerktrträger	179
4.3.4	Variante 4: Bogentragwerk mit angehängter Dachkonstruktion.....	181
4.4	Bewertung der Tragwerksvarianten.....	184
4.4.1	Bewertung des Lastabtrags.....	185
4.4.1.1	Bewertung der Effizienz	185
4.4.1.2	Bewertung der Gebrauchstauglichkeit.....	188
4.4.1.3	Bewertung der Robustheit.....	193
4.4.1.4	Bewertung der Fehleranfälligkeit bei der Herstellung	194
4.4.1.5	Bewertungsergebnis Lastabtrag	195
4.4.2	Bewertung der Wirtschaftlichkeit.....	197
4.4.2.1	Bewertung der Herstellungskosten	197
4.4.2.2	Bewertung der Unterhaltungskosten.....	200
4.4.2.3	Bewertung der Abbruch- und Entsorgungskosten	201
4.4.2.4	Bewertungsergebnis Wirtschaftlichkeit.....	202
4.4.3	Bewertung der Umweltverträglichkeit.....	203
4.4.3.1	Bewertung des Energieaufwands und der Emissionen bei der Herstellung... 203	203
4.4.3.2	Bewertung des Energieaufwands und der Emissionen beim Transport.....	206
4.4.3.3	Bewertung der Wiederverwertbarkeit.....	206
4.4.3.4	Bewertungsergebnis Umweltverträglichkeit.....	207
4.4.4	Bewertung des Beitrags zur Funktion	209
4.4.4.1	Bewertung der baukonstruktiven Funktionen.....	209
4.4.4.2	Bewertung der bauphysikalischen Funktionen	210
4.4.4.3	Bewertung der gebäudetechnischen Funktionen.....	211

4.4.4.4	Bewertungsergebnis Funktion.....	212
4.4.5	Bewertung des Beitrags zur Gestalt	214
4.4.5.1	Bewertung der Einheit von Gestaltungsabsicht und Tragwerk	214
4.4.5.2	Bewertung der Tektonik	216
4.4.5.3	Bewertungsergebnis Gestalt	218
4.4.6	Endergebnis.....	219
5.	Fazit und Ausblick	221
6.	Literatur	225
	Anhang A	239
	Anhang B	253
	Lebenslauf	279