

Michael Pötzl

Robuste Brücken

Vorschläge zur Erhöhung
der ganzheitlichen Qualität



Inhalt

Vorwort	11
1 Einleitung	13
1.1 Problemstellung	13
1.2 Ziel und Vorgehensweise	14
2 Anforderungen an Brückenbauwerke	17
2.1 Individuelle und gesellschaftliche Anforderungen	17
2.1.1 Allgemeines	17
2.1.2 Sicherheit	18
2.1.2.1 Zum Sicherheitsbegriff	18
2.1.2.2 Einflüsse auf das Gefahrenpotential	19
2.1.2.2.1 Allgemeines	19
2.1.2.2.2 Annahmen und Vereinfachungen bei der Berechnung	21
2.1.2.2.3 Fehlbarkeit des Menschen	22
2.1.2.2.4 Umwelteinflüsse	25
2.1.2.2.5 Unvorhergesehene Ereignisse	29
2.1.3 Wirtschaftlichkeit	31
2.2 Normative Anforderungen	33
2.2.1 Allgemeines	33
2.2.2 Methoden der Sicherheitsanalyse	36
2.2.3 Tragfähigkeit	38
2.2.4 Gebrauchstauglichkeit	40
2.2.5 Dauerhaftigkeit	41
2.3 Defizite bei den normativen Anforderungen	43
2.3.1 Erfahrungen über das Langzeitverhalten von Brücken	43
2.3.1.1 Allgemeines	43
2.3.1.2 Art und Häufigkeit von Schäden	44
2.3.1.3 Ursachen von Schäden	45
2.3.1.4 Beschädigungen	47
2.3.2 Folgerungen	47

3 Bewertung der Robustheit	49
3.1 Der Begriff „Robustheit“	49
3.1.1 Allgemeines	49
3.1.2 Definition und Abgrenzung	50
3.1.3 Merkmale robuster Brückentragwerke	51
3.1.4 Veranschaulichung an ausgeführten Brücken	66
3.1.5 Abgeleitete Kriterienstruktur und grundsätzliche Vorgehensweise	69
3.2 Kriterien der Robustheit	71
3.2.1 Definition und rechnerische Erfassung	71
3.2.1.1 Redundanz	72
3.2.1.1.1 Allgemeines	72
3.2.1.1.2 Rechnerische Erfassung	73
3.2.1.1.3 Einfluß der Redundanz auf die Versagenswahrscheinlichkeit	79
3.2.1.1.4 Modell für die Bewertung	91
3.2.1.2 Ausfallsicherheit	92
3.2.1.3 Stabilisierende Konstruktion	97
3.2.1.4 Duktilität	101
3.2.1.5 Monolithische Bauweise	105
3.2.1.6 Verformungsfähigkeit	107
3.2.1.7 Kraftflußorientierte Form	110
3.2.1.8 Kompaktheit	112
3.2.1.9 Austauschbarkeit	115
3.2.1.10 Anpassungsfähigkeit	117
3.2.1.11 Fehlerunanfällige Herstellbarkeit	119
3.2.2 Zuordnung zu den Werten Sicherheit und Wirtschaftlichkeit	121
3.3 Aggregation der Kriterien	125
3.4 Bewertung an Beispielen	127
3.4.1 Vorbemerkungen	127
3.4.2 Wettbewerbsentwürfe für die Schornbachtalbrücke (bei Stuttgart)	127
3.4.2.1 Situation und Aufgabenstellung	127
3.4.2.2 Kurzbeschreibung der Entwürfe	127
3.4.2.3 Einzelbewertungen	128
3.4.2.4 Aggregation	132
3.4.3 Wettbewerbsentwürfe für die Südbrücke Oberhavel (Berlin)	134
3.4.3.1 Situation und Aufgabenstellung	134
3.4.3.2 Kurzbeschreibung der Entwürfe	134
3.4.3.3 Einzelbewertungen	135
3.4.3.4 Aggregation	136
3.5 Folgerungen für den Entwurf	137

4 Grundlagen für den Entwurf am Beispiel lager- und fugenloser Brücken	139
4.1 Geschichtliches	139
4.2 Merkmale lager- und fugenloser Brücken	141
4.2.1 Zum Begriff „lager- und fugenlos“	141
4.2.2 Zum Begriff „lager- und fugenlose Brücken“	141
4.2.3 Besonderheiten	141
4.2.4 Klassifikation nach der Verformungsgeometrie	143
4.3 Grundsätzliche Vorgehensweise beim Entwerfen	144
4.3.1 Zuordnung der Einflußgrößen	144
4.3.1.1 Betrachtung am Gesamtsystem	144
4.3.1.2 Betrachtung am Bauteil	145
4.3.1.3 Betrachtung am Detail	145
4.3.2 Klassifikation der Einwirkungen	146
4.4 Einflußgrößen auf das Trag- und Verformungsverhalten	146
4.4.1 Einflußgrößen bei Betrachtung des Gesamtsystems	146
4.4.1.1 Direkte Einwirkungen	146
4.4.1.1.1 Statisches System	146
4.4.1.1.2 Systemgeometrie	147
4.4.1.2 Indirekte Einwirkungen	148
4.4.1.2.1 Statisches System	148
4.4.1.2.2 Systemgeometrie	153
4.4.1.2.2.1 Systemgeometrie im Grundriß	153
4.4.1.2.2.2 Systemgeometrie im Aufriß	161
4.4.2 Einflußgrößen bei Betrachtung der Bauteile	170
4.4.2.1 Direkte Einwirkungen	170
4.4.2.1.1 Bauteilform	170
4.4.2.1.2 Querschnittsform	174
4.4.2.2 Indirekte Einwirkungen	176
4.4.2.2.1 Allgemeines	176
4.4.2.2.2 Ansatzpunkte zur Reduzierung von Zwangbeanspruchungen	177
4.4.2.2.3 Bauteilform	180
4.4.2.2.4 Konstruktive Parameter	187
4.4.2.2.4.1 Grundlagen	187
4.4.2.2.4.2 Einflüsse auf den w-H-Verlauf	191
4.4.2.2.4.3 Einflüsse auf die Rißbreite und Randdruckspannung	191
4.4.2.2.4.4 Einflüsse auf die maximalen Pfeilerkopferschiebungen	193
4.4.2.2.4.5 Optimale Querschnittsausnutzung	194
4.4.2.2.4.6 Einfluß zusätzlicher Lastmomente	196
4.4.2.2.4.7 Vereinfachte Berechnung der Pfeilerkopferschiebung	198
4.4.2.2.5 Werkstoffe	199
4.4.2.2.5.1 Eigenlast	199
4.4.2.2.5.2 Festigkeit und Elastizitätsmodul	200
4.4.2.2.5.3 Zwangempfindlichkeit	200

4.4.2.2.5.4	Kriechen und Relaxation	202
4.4.2.2.5.5	Schwinden	204
4.4.2.2.6	Gründung	211
4.4.2.2.6.1	Allgemeines	211
4.4.2.2.6.2	Flächengründung	212
4.4.2.2.6.3	Pfahlgründung	215
4.4.2.2.6.4	Vergleich der Gründungen	219
4.4.3	Einflußgrößen bei Betrachtung der Details	224
4.4.3.1	Knotenform	224
4.4.3.1.1	Allgemeines	224
4.4.3.1.2	Anforderungen an die Verbindung	224
4.4.3.1.3	Kraftfluß	225
4.4.3.1.4	Rotationsfähigkeit	228
4.4.3.2	Art der Verbindung	230
4.4.3.2.1	Homogene Verbindung	230
4.4.3.2.2	Hybride Verbindung	231
4.4.3.2.3	Betongelenk	232
5	Entwurfs- und Bemessungsstrategie	235
5.1	Vorbemerkungen zum Entwurfsprozeß	235
5.2	Restriktionen	235
5.3	Bewertungsmodell	236
5.3.1	Ziel der Bewertung	236
5.3.2	Aggregation der Einzelwertungen	237
5.3.3	Zusammenfassende Darstellung der Vorgehensweise	241
5.4	Anhaltspunkte für das Entwerfen (Empfehlungen)	242
6	Beispiele für den Entwurf lager- und fugenloser Brücken	245
6.1	Allgemeines	245
6.2	Fußgängerbrücke	245
6.2.1	Beschreibung	245
6.2.2	Grundlagen der Bemessung	247
6.2.3	Erfassung des nichtlinearen Werkstoffverhaltens	247
6.2.4	Bewertung	249
6.2.4.1	Vorbemerkungen	249
6.2.4.2	Vergleich mit Einflußgrößen	249
6.2.4.3	Vergleich mit FE-Rechnung	251

6.3 Straßenbrücke	254
6.3.1 Beschreibung	254
6.3.2 Möglichkeiten für eine monolithische Ausführung	254
6.3.2.1 Vorbemerkungen	254
6.3.2.2 Maßnahmen ohne Veränderung des Erscheinungsbildes	255
6.3.2.3 Maßnahmen mit Veränderung des Erscheinungsbildes	257
6.3.2.4 Begrenzung der Überbauverschiebung durch den Bauablauf	259
6.3.3 Schlußfolgerungen	261
7 Zusammenfassung	263
7.1 Ausgangssituation	263
7.2 Ergebnisse	263
7.3 Ausblick	267
8 Schrifttum	269
9 Anhang	275