

# Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen

**Grundwissen für Ingenieure**

**Jörg Schneider,**

Professor für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich  
unter Mitarbeit von Hans Peter Schlatter



Verlag der Fachvereine Zürich



B. G. Teubner Stuttgart

# Detailiertes Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	Seite
1.1 Zentrale Begriffe	13
1.11 Risiko	13
1.12 Sicherheit	13
1.13 Zuverlässigkeit	14
1.2 Problemkreise und Fragestellungen	14
1.21 Die grundlegende Frage: "Ist das sicher genug?"	14
1.22 Problemkreise	15
1.3 Blick in die Wirklichkeit	15
1.4 Analyse von 800 Schadenfällen im Bauwesen	17
1.5 Gefahren und Restgefahren	20
1.51 Gefährdungspotential, Sicherheit, Restrisiken	20
1.52 "Schnee" – ein Beispiel	21
1.53 Menschliche Fehlhandlungen: Was ist zu tun?	22
1.6 Ziel und Ansatzpunkte	23
<b>2. Gefährdungsanalyse und Massnahmenplanung</b>	
2.1 Gefahrenerkennung	25
2.2 Gefährdungsbilder	27
2.3 Massnahmenkategorien	28
2.4 Erarbeitung der Projektierungsunterlagen	29
2.41 Hierarchische Ordnung	29
2.42 Nutzungsplan	30
2.43 Sicherheitsplan	30
2.44 Operable Grundlagen für den Bauprozess	31
2.45 Die Reaktion der Praxis	32
<b>3. Verarbeitung von Information</b>	
3.1 Elemente der Wahrscheinlichkeitstheorie	35
3.11 Ansätze	35
3.12 Begriffe	36
3.13 Axiome und Rechenregeln	37
3.14 Ermittlung von Wahrscheinlichkeiten	38
3.2 Auswertung von Stichproben	41
3.21 Urlisten, Strichlisten	42
3.22 Histogramme	42
3.23 Ganglinien, stochastische Prozesse	42
3.24 Parameter von Stichproben	43
3.3 Verteilungen	44
3.31 Definitionen	44
3.32 Wichtige Verteilungstypen	45
3.33 Konstruktion von Wahrscheinlichkeitspapieren	47
3.4 Parameterschätzung und Extrapolation	47
3.41 Allgemeines	47
3.42 Parameterschätzung	47
3.43 Datenaufbereitung mit Wahrscheinlichkeitspapieren	48
3.44 Extrapolationen	50
3.5 Beobachtungen in Paaren und zweidimensionale Verteilungen	51
3.51 Problemstellung	51
3.52 Korrelation	52
3.53 Regression	52
3.54 Zweidimensionale kontinuierliche Verteilungen	52
3.6 Funktionen von Zufallsvariablen	53
3.61 Rechenregeln	53
3.62 Der Zentrale Grenzwertsatz	54
3.63 Weitere Parameter von Funktionen von Variablen	54
3.7 Fuzzy Information	55

<b>4. Basisvariablen und Modelle</b>	
4.1 Das Bemessungsproblem	57
4.2 Zustand, Zustandskomponenten, Basisvariablen	58
4.21 Beurteilungsbasis	58
4.22 Typen von Basisvariablen	59
4.23 Bemessungsvariablen	60
4.3 Widerstand R von Tragelementen	61
4.31 Widerstandsmodell	61
4.32 Modellunschärfen	61
4.33 Baustoffeigenschaften	62
4.34 Geometrische Grössen	62
4.4 Beanspruchung S von Tragelementen	63
4.41 Kombination von Einwirkungen	63
4.42 Beanspruchungsmodell	64
4.43 Modellunschärfen	65
4.44 Hinweise zu den Einwirkungen	65
4.5 Andere Bereiche des Bauwesens	69
<b>5. Zuverlässigkeit von Elementen und Systemen</b>	
5.1 Vorbemerkungen	71
5.2 Die Monte-Carlo Methode	72
5.3 Das Problem $G = R - S$	73
5.31 Einleitung und Beispiel	73
5.32 Der klassische Ansatz	75
5.33 <i>Basler</i> , in der Schreibweise von <i>Cornell</i>	76
5.34 Darstellung als zweidimensionale Verteilungsdichte	78
5.35 Die Methode von <i>Hasofer</i> und <i>Lind</i>	79
5.4 Erweiterungen	80
5.41 Lineare Grenzzustandsgleichung mehrerer Variablen	81
5.42 Nichtlineare Grenzzustandsgleichung	82
5.43 Tail Approximation	84
5.44 Zusammenfassung	85
5.45 Unterstützung durch Computerprogramme	85
5.46 Bemerkungen zu korrelierten Variablen	86
5.5 Elementares zur Zuverlässigkeit von Systemen	87
5.51 Definitionen	87
5.52 Serie-Systeme	87
5.53 Parallel-Systeme	89
5.54 Gemischte Systeme	89
5.55 Erläuterung der Theorie an Tragwerken	90
<b>6. Tragsicherheit bestehender Bauwerke</b>	
6.1 Einleitung	97
6.11 Auslösung und Verantwortlichkeiten	97
6.12 Bereiche der Beurteilung	98
6.13 Sicherheit ist keine Eigenschaft des Tragwerks	98
6.14 Varianten des Entscheids	99
6.2 Vorgehen bei der Beurteilung bestehender Tragwerke	100
6.21 Phase I: Grobe Erstbeurteilung	101
6.22 Phase II: Detaillierte Untersuchung	103
6.23 Phase III: Beratung im Experten-Kollegium	104
6.3 Aktualisierung von Information	104
6.31 Bereitstellung der Grundlagen	104
6.32 Einwirkungen	105
6.33 Festigkeiten und andere Baustoffeigenschaften	105
6.34 Abmessungen	106
6.35 Statische Systeme	106
6.36 Berechnungsverfahren	107
6.37 Bemessungsmethoden	107
6.38 Mängel und Schäden	107
6.39 Bauwerksgeschichte	108

6.4	Der Nachweis ausreichender Tragsicherheit	108
6.41	Sensitivitäts-Analyse	108
6.42	Sicherheits-Analyse	109
6.5	Massnahmen	111
6.51	Sichernde Sofortmassnahmen	111
6.52	Administrative Massnahmen	111
6.53	Verstärken der Konstruktion	111
6.54	Abbruch und Neubau	111
<b>7.</b>	<b>Gefährdungsanalyse mit logischen Bäumen</b>	
7.1	Übersicht und Begriffe	113
7.2	Fehlerbäume	114
7.21	Charakteristika von Fehlerbäumen	114
7.22	Symbole	115
7.23	Ein begleitendes Beispiel	115
7.24	Bemerkungen	117
7.3	Ereignisbäume	117
7.31	Charakteristika des Ereignisbaums	117
7.32	Ein begleitendes Beispiel	117
7.4	Ursachen/Folgen-Diagramme	119
7.41	Charakteristika	119
7.42	Beispiel	119
7.5	Anwendungsgebiete	120
7.51	Analyse von Ausfallszenarien	120
7.52	Lokalisieren geeigneter Sicherheitsmassnahmen	121
7.6	Entscheidungsbäume	121
7.61	Charakteristika	121
7.62	Ein begleitendes Beispiel	122
7.63	Die "Sicherheit" des Experten	122
<b>8.</b>	<b>Human Error im Bauprozess</b>	
8.1	Einleitung	125
8.11	Ansatzpunkte und Ziel	125
8.12	Fehlerarten	126
8.13	Massnahmen gegen Fehler	127
8.2	Selbstkontrolle	127
8.3	Fehlerverhütung	128
8.31	Massnahmen im technischen Ablauf	128
8.32	Massnahmen im organisatorischen Bereich	131
8.33	Verhaltensorientierte Massnahmen	132
8.4	Entdecken von Fehlern und Korrektur	134
8.41	Begriffe und Zusammenhänge	135
8.42	Kontrollprinzipien	136
8.43	Planung der Kontrolle	137
8.44	Checklisten	137
8.45	Durchführung und Protokoll	137
8.46	Wer soll prüfen?	138
8.47	Feed-Back	138
8.5	Qualitätssicherung	139
8.51	Definition und Vorbemerkungen	139
8.52	Neue Bürde für die Bauwirtschaft?	139
8.53	Neue Grundeinstellung	140
<b>9.</b>	<b>Wertungsfragen</b>	
9.1	Gefahren-Umwelt des Menschen	143
9.2	Risikobewertung	144
9.21	Vergleich von Risiken	145
9.22	Rettungseffizienz von Sicherheitsmassnahmen	147
9.23	Vergleich in Häufigkeits/Ausmass-Diagrammen	148
9.24	Risiko-Aversion	150
9.25	Ausweitung des Blickwinkels	151

9.3	Rettungskosten	152
9.31	Definition	152
9.32	Optimierungsfragen	153
9.33	Rettungskosten in Tragwerken	154
9.4	Drei Pole möglicher persönlicher Einstellung	156
<b>10. Anhang</b>		
10.1	Häufig verwendete stetige Verteilungen	160
10.2	Standard-Normalverteilung	162
10.3	Wahrscheinlichkeitspapiere	163
10.31	Eintragung einer Stichprobe	163
10.32	Ermittlung der Parameter	163
10.33	Ermittlung der Wiederkehrperiode	164
10.34	Formulare	164
	Normal-Papier	165
	Log-Normal-Papier	166
	Gumbel-Papier	167
	Weibull-Papier	168
10.4	Prüfungsfragen	169
10.5	Das Computerprogramm <i>VaP</i>	171
10.6	Murphy's Law	172
10.7	Abkürzungen	173
10.8	Begriffe	174
10.9	Literaturverzeichnis	177
10.91	Mathematische Grundlagen	177
10.92	Bücher zur Zuverlässigkeitstheorie	177
10.93	Zeitschriftenartikel, weitere Bücher	177