

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XVI
Abkürzungsverzeichnis	XVIII
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Motivation	1
1.2 Inhalt und Ziel der Arbeit	2
2 Mechanische Grundlagen	5
2.1 Materialverhalten.....	5
2.1.1 Beton	5
2.1.1.1 Mechanische Eigenschaften.....	5
2.1.1.2 Stochastische Eigenschaften	8
2.1.2 Stahl.....	12
2.1.2.1 Mechanische Eigenschaften.....	12
2.1.2.2 Stochastische Eigenschaften	13
2.1.3 Holz	15
2.1.3.1 Mechanische Eigenschaften.....	15
2.1.3.2 Stochastische Eigenschaften	17
2.1.4 Faserverstärkter Kunststoff	19
2.1.4.1 Mechanische Eigenschaften.....	20
2.1.4.2 Stochastische Eigenschaften	22
2.1.5 Verbundfugenausbildung	23
2.1.5.1 Konstruktive Möglichkeiten	23
2.1.5.2 Mechanische Eigenschaften der Verbundfuge für SBV	26
2.1.5.3 Stochastische Eigenschaften der Verbundfuge für SBV	28

2.2	Querschnittsverhalten	29
2.2.1	Momenten-Krümmungs-Beziehung	29
2.2.1.1	Allgemeines	29
2.2.1.2	Tragverhalten bei Momentenbeanspruchung.....	30
2.3	Trägerverhalten.....	34
2.3.1	Erweiterung des Querschnittsverhaltens auf die Trägerebene	34
2.3.2	Verformungsverhalten.....	35
2.3.3	Zeitabhängiges Materialverhalten	37
2.3.4	Verbundfuge.....	39
2.3.5	Momentenumlagerung durch Fließgelenke.....	43
3	Zuverlässigkeitstheoretische Grundlagen.....	46
3.1	Statistik/Wahrscheinlichkeitstheorie	46
3.1.1	Allgemeines.....	46
3.1.2	Verteilungsfunktionen.....	48
3.1.2.1	Normalverteilung	48
3.1.2.2	Logarithmische Normalverteilung	49
3.1.2.3	Extremwertverteilungen.....	50
3.1.3	Mehrdimensionale Verteilungsfunktionen.....	52
3.1.4	Regressionsrechnung.....	53
3.1.5	Testtheorie	55
3.1.6	Eigenschaften von Einwirkungen.....	56
3.1.6.1	Ständige Lasten	56
3.1.6.2	Veränderliche Lasten	57
3.2	Tragwerkszuverlässigkeit	57
3.2.1	Zuverlässigkeitstheorie.....	57
3.2.2	Verfahren zur Bestimmung der Tragwerkszuverlässigkeit.....	61

3.2.2.1	Stufe I.....	61
3.2.2.2	Stufe II	62
3.2.2.3	Stufe III	63
3.2.2.4	Stufe VI.....	64
3.2.3	Zuverlässigkeit von Systemen.....	65
3.2.4	Modellunsicherheiten	66
3.2.5	Ziel-Zuverlässigkeit	67
4	Methoden zur Berechnung hybrider Träger	70
4.1	Methodik zur Bestimmung des Trag- und Verformungsverhaltens hybrider Träger	70
4.1.1	Anforderungen an den Berechnungsalgorithmus	70
4.1.2	Erläuterungen zum entwickelten Berechnungsalgorithmus	71
4.1.2.1	Berechnung auf Querschnittsebene.....	71
4.1.2.2	Berechnung auf Trägerebene	75
4.1.3	Wahl der horizontalen Verformung (Schlupfverlauf) als Ausgangsannahme für die Berechnung.....	81
4.1.4	Technische Programmierung.....	86
4.1.5	Einfluss der Modellgenauigkeit auf Rechenergebnisse und Rechenzeit.....	89
4.2	Methodik zur Erfassung der Bauteilzuverlässigkeit.....	94
4.2.1	Materialparameter	94
4.2.2	Modellierung der Einwirkung	96
4.2.3	Gemeinsame Wahrscheinlichkeitsdichte.....	99
4.2.4	Bestimmung des Bemessungswertes.....	99
4.2.5	Wahl der Simulationsanzahl.....	101
5	Bauteilversuche.....	104
5.1	Beschreibung der Versuche	104
5.1.1	Grundlagen	104

5.1.2	Herstellung und Messtechnik	105
5.1.2.1	Allgemeines	105
5.1.2.2	Messtechnik Versuchsträger Serie 1	107
5.1.2.3	Messtechnik Versuchsträger Serie 2	107
5.1.3	Versuchsablauf	108
5.2	Versuchsergebnisse	109
5.2.1	Versuchsträger Serie 1	109
5.2.1.1	Last-Verformungs-Kurven.....	109
5.2.1.2	Querschnittsdehnungen.....	109
5.2.1.3	Schlupf in der Verbundfuge.....	111
5.2.2	Versuchsträger Serie 2	113
5.2.2.1	Last-Verformungs-Kurven.....	113
5.2.2.2	Querschnittsdehnungen.....	114
5.2.2.3	Schlupf in der Verbundfuge.....	115
5.3	Nachrechnung der Bauteilversuche	117
5.3.1	Allgemeine Bemerkungen.....	117
5.3.2	Dehnungen an Oberkante Beton und Unterkante des Stahlträger-Untergurtes	117
5.3.3	Schlupf in der Verbundfuge	119
5.3.4	Last-Verformungs-Kurven der Träger	120
5.3.5	Einschätzung der Nachrechnungsergebnisse.....	122
5.4	Probabilistische Nachrechnung	122
6	Variantenstudie des Last-Verformungs-Verhaltens hybrider Träger und deren Bewertung	125
6.1	Grundsätzliche Überlegungen	125
6.1.1	Begriffserklärungen.....	125
6.1.2	Vorschlag zur Bewertung des Verformungsvermögens.....	127

6.2	Variationenstudie	130
6.2.1	Einfeldrige hybride Träger	130
6.2.1.1	Allgemeines	130
6.2.1.2	Stahl-Beton-Verbund	130
6.2.1.3	Holz-Beton-Verbund.....	136
6.2.1.4	BSt500-A -bewehrter Betonbalken.....	141
6.2.1.5	GFK-bewehrter Betonbalken	146
6.2.2	Zweifeldrige hybride Träger	150
6.2.2.1	Allgemeines	150
6.2.2.2	Stahl-Beton-Verbundträger	150
6.2.2.3	Holz-Beton-Verbundträger	156
6.2.2.4	Stahlbetonbalken.....	161
6.2.2.5	GFK-bewehrter Betonbalken	165
7	Probabilistische Auswertungen.....	169
7.1	Allgemeines	169
7.2	„Klassische“ Verbundträger	169
7.2.1	Auswertung für die Gebrauchstauglichkeit.....	169
7.2.1.1	Versuchsträger S1-40.....	170
7.2.1.2	Versuchsträger S1-70.....	175
7.2.1.3	Versuchsträger S1-100.....	176
7.2.1.4	Zusammenfassung der Ergebnisse für die Versuchsträger der Serie 1	177
7.2.2	Auswertung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT).....	177
7.2.2.1	Variation der Stahlprofile.....	177
7.2.2.2	Variation der Betongurthöhe.....	180
7.2.2.3	Variation der Betongurthöhe und des Verdübelungsgrades mit der Spannungsnulllinie in der Betonplatte	182

7.2.2.4	Variation der Stahlgüte	184
7.3	Allgemeine hybride Träger.....	186
7.3.1	Allgemeines.....	186
7.3.2	Probabilistische Bewertung des Last-Verformungs-Verhaltens	187
7.3.2.1	Einfeldrige hybride Träger.....	187
7.3.2.2	Zweifeldrige hybride Träger	212
7.3.3	Bewertung der Last-Verformungs-Kurven aus probabilistischen Berechnungen 224	
8	Zusammenfassung und Ausblick	226
	Anhang A Versuchsergebnisse	227
	Anhang B Probabilistische Auswertung	241
B.1	Holz-Beton-Verbund (zweifeldrig).....	241
B.2	GFK-bewehrter Betonbalken (zweifeldrig)	247
	Literaturverzeichnis.....	253