

Dipl.-Chem. Kurt-Martin Beinborn, Karlsruhe

**Herstellung verbesserter
kohlenstoffaserverstärkter
Kohlenstoffe mit Hochfest
(HT)-Kohlenstoffasern
und Phenolharzen durch
Steuerung der Faser/Matrix-
Haftung**

Reihe **5**: Grund- und Werkstoffe

Nr. **486**

Kurzfassung	IX
1 Einleitung	1
1.1 Konzept der Faserverbundwerkstoffe	1
1.2 Herstellung von kohlenstoffaserverstärktem Kohlenstoff	5
1.3 Problemstellung	8
2 Experimentelles	12
2.1 Rohstoffe	12
2.1.1 Kohlenstoffasern	12
2.1.2 Matrixharze	13
2.1.3 Beschichtungsmaterialien	16
2.1.3.1 Polysiloxane	16
2.1.3.2 Glassclad	18
2.2 Analytische Methoden	19
2.2.1 Silizium-Bestimmung	19
2.2.2 Natrium-Bestimmung	19
2.2.3 Temperaturprogrammierte Desorption	20
2.2.4 Kontaktwinkelmessung	21
2.2.5 Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie	22
2.2.6 Röntgenphotoelektronenspektroskopie	23
2.2.7 Polarisationsmikroskopie	23
2.2.8 Rasterelektronenmikroskopie	24
2.2.9 Rastertunnelmikroskopie	24
2.2.10 Akustische Mikroskopie	25
2.2.11 Röntgenstrukturanalyse	25
2.2.12 Röntgenrefraktion	26

2.3 Mechanische Charakterisierungen	28
2.3.1 Monofilamentzugversuch	28
2.3.2 Kurzbiegebruchversuch	30
2.3.3 Druckscherversuch	32
2.3.4 Langbiegebruchversuch	34
2.4 Präparative Methoden	36
2.4.1 Fließbild des Herstellungsverfahrens	36
2.4.2 Aufbringung der Faserbeschichtungen	36
2.4.3 Herstellung von unidirektional verstärkten Verbundkörpern	39
2.4.4 Pyrolyse, Carbonisierung und Hochtemperaturbehandlung	41
3 Eigenschaften nicht beschichteter und beschichteter Fasern	45
3.1 Oberflächenstruktur	45
3.1.1 Mikrostruktur	45
3.1.2 Nanostruktur	47
3.2 Oberflächenchemie	54
3.2.1 Bestimmung sauerstoffhaltiger Gruppen	54
3.2.2 Adhäsionsarbeiten	56
3.2.2.1 Nicht beschichtete Fasern	56
3.2.2.2 Beschichtete Fasern	57
3.2.3 Bestimmung der Beschichtungdicke	59
3.2.4 Spektroskopische Untersuchung der Faserbeschichtungen	61
3.3 Röntgenfeinstruktur der Fasern	73
3.4 Mechanische Eigenschaften	74
4 Ergebnisse von Verbundkörperuntersuchungen	79
4.1 Verbundkörper aus Natrium-dotierten Kohlenstofffasern	79

4.2 Verbundkörper aus Natrium-freien Kohlenstoffasern	89
4.2.1 Faserbeschichtungen mit Polydimethylsiloxan	89
4.2.1.1 Allgemeines	89
4.2.1.2 Mechanische Charakterisierungen	90
4.2.1.2.1 Verbundkörper mit Standardharz	90
4.2.1.2.2 Matrix-Variation	99
4.2.1.3 Versagensverhalten	103
4.2.1.4 Analytische Charakterisierung	109
4.2.1.4.1 Röntgenrefraktion und Schrumpungsverhalten	109
4.2.1.4.2 Röntgendiffraktion und Graphitierungsverhalten	112
4.2.1.4.3 Ultraschalluntersuchungen	116
4.2.2 Faserbeschichtungen mit Polymethylphenylsiloxan	120
4.2.3 Faserbeschichtungen mit Glassclad	124
5 Diskussion	126
5.1 Faser- und Beschichtungseigenschaften	126
5.2 Verbundkörper aus Natrium-dotierten Fasern	136
5.3 Verbundkörper aus Natrium-freien Fasern	141
5.4 Wirkungsweise der Faserbeschichtung	145
6 Anhang	151
6.1 Fehlerbetrachtung	151
6.2 Weibull-Statistik	153
7 Literaturverzeichnis	166