

## Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	III
Vorwort .....	V
Abstract .....	VII
Inhaltsverzeichnis .....	IX
Abbildungsverzeichnis .....	XIII
Tabellenverzeichnis .....	XIV
Abkürzungsverzeichnis .....	XV
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes .....</b>	<b>2</b>
1.1.1 Aktualität und Brisanz des Themas .....	2
1.1.2 Kohlenstoff, das Element eines neuen Zeitalters? .....	5
<b>1.2 Zielsetzung und Fragestellung .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Angewandte Methoden.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 Strukturierung und formale Hinweise zum Manuskript .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Risikobewertung, eine natur- und sozialwissenschaftliche Aufgabe .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Perspektiven der Risikowahrnehmung und -bewertung.....</b>	<b>9</b>
2.1.1 Risikobewertung aus psychologischer Perspektive.....	9
2.1.2 Risikobewertung aus soziokultureller Perspektive .....	10
2.1.3 Risikobewertung aus einer rational-„kritischen“ Perspektive.....	12
<b>2.2 Technikfolgenbewertung als politischer Prozess .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Methoden der Technikfolgenabschätzung und -bewertung .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Risikobewertung ein Aspekt der Risikoforschung.....</b>	<b>15</b>
2.4.1 Risikobewertung innerhalb der Risikoforschung.....	15
2.4.2 Risikobewertung ausserhalb der Risikoforschung.....	16
<b>2.5 Formale Voraussetzungen zur Risikobewertung .....</b>	<b>16</b>
<b>3. Alltagspsychologische Risikoheuristiken und Risikowahrnehmung .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Wahrnehmung von Umwelt.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Risikodefinitionen und Begriffsbestimmung.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Methoden der Abschätzung von Risikowerten.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4 Qualitative Risikoheuristiken.....</b>	<b>22</b>
<b>3.5 Bildung von Gefahrenkognitionen .....</b>	<b>23</b>
<b>3.6 Qualitative Risikomerkmale als Einflussgrößen der Risikobewertung .....</b>	<b>24</b>
<b>3.7 Mögliche Auswirkungen alltagspsychologischer Risikoheuristiken auf die Risikowahrnehmung nanotechnologischer Applikationen .....</b>	<b>26</b>

<b>4. Technische und naturwissenschaftliche Grundlagen der Nanotechnologie .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Definitionen und Begriffsbestimmung .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Einzelne Meilensteine der Nanotechnologie.....</b>	<b>30</b>
<b>4.3 Undeutliche Grenzen zwischen den naturwissenschaftlichen Disziplinen</b>	<b>31</b>
<b>4.4 Nanotechnologische Strukturen.....</b>	<b>32</b>
4.4.1 Nanoskalige Grundstrukturen .....	32
4.4.1.1 Punktförmige Strukturen .....	32
4.4.1.2 Linienförmige Strukturen .....	33
4.4.1.3 Schichtstrukturen .....	34
4.4.1.4 Porenstrukturen .....	34
4.4.1.5 Komplexe Strukturen .....	35
4.4.1.6 Nanodefekte .....	36
4.4.2 Erzeugung von nanoskaligen Basisstrukturen.....	36
4.4.2.1 Optische Lithografie .....	37
4.4.2.2 Idealtypisches Bottom-up-Verfahren .....	37
4.4.2.3 Chemische Verfahren .....	38
<b>4.5 Besondere Effekte im Nanometerbereich .....</b>	<b>39</b>
4.5.1 Oberflächen- und Grenzflächeneffekte .....	40
4.5.2 Effekte der Quantenmechanik .....	41
4.5.3 Biologische Funktionalitäten – Selbstorganisationsphänomene .....	43
<b>4.6 Allgemeine Applikationen der Nanotechnologie .....</b>	<b>43</b>
<b>5. Allgemeine Umwelt- und Gesundheitsrisiken nanoskaliger Substanzen.....</b>	<b>45</b>
<b>5.1 Asbest-Analogie? .....</b>	<b>47</b>
<b>5.2 Ökotoxizität .....</b>	<b>50</b>
5.2.1 Nanopartikel in der Atmosphäre .....	51
5.2.2 Nanopartikel im Wasser .....	52
5.2.3 Nanopartikel im Boden .....	53
5.2.4 Absorption von Nanopartikeln durch Flora und Fauna .....	53
5.2.5 Energie- und Rohstoffverbrauch der Herstellungsprozesse.....	54
<b>5.3 Gesundheitsrisiken .....</b>	<b>54</b>
5.3.1 Einatmung von Nanopartikeln .....	55
5.3.2 Nanopartikel und die Haut.....	57
5.3.2.1 Partikelaufnahme durch die Haut .....	57
5.3.3 Aufnahme über Gastrointestinaltrakt .....	58
5.3.4 Verteilung im Körper .....	58
5.3.4.1 Aufnahme im Körper .....	58
5.3.4.2 Nanopartikel im Gehirn .....	59
5.3.4.3 Interaktion mit biologischen Prozessen.....	59
5.3.5 Gesellschaftliche Auswirkungen .....	60

---

5.3.5.1	Verteilungsgerechtigkeit .....	60
5.3.5.2	Bedrohte Privatsphäre .....	61
5.3.5.3	Technische Verbesserung des Menschen.....	61
<b>6.</b>	<b>Kohlenstoff-Nanoröhren (carbon nanotubes) für textile Fasern .....</b>	<b>62</b>
<b>6.1</b>	<b>Struktur der CNTs .....</b>	<b>62</b>
6.1.1	Allotrope des Kohlenstoffs .....	62
6.1.2	Struktur der CNTs .....	63
6.1.3	Synthesemethoden von CNTs .....	65
6.1.4	Eigenschaften von CNTs .....	66
6.1.4.1	Mechanische Eigenschaften .....	67
6.1.4.2	Elektronische Eigenschaften .....	68
6.1.4.3	Chemische Eigenschaften .....	68
<b>6.2</b>	<b>Applikation in Textilien.....</b>	<b>69</b>
6.2.1	Synthetische Polymere für Textilien.....	69
6.2.2	CNTs als Additive für Polymerkomposites .....	71
6.2.3	Funktionale Fasern .....	85
<b>6.3</b>	<b>Toxizität der CNTs .....</b>	<b>87</b>
6.3.1	Exposition der Atmungsorgane.....	88
6.3.1.1	Pulmonale Toxizitätsstudien (in vivo) .....	89
6.3.1.2	Pulmonale Cytotoxizitätsstudien (in vitro).....	90
6.3.2	Exposition der Haut .....	91
6.3.2.1	Dermale Toxizitätsstudien (in vivo).....	92
6.3.2.2	Dermale Cytotoxizitätsstudien (in vitro).....	92
6.3.3	In-vitro-Studien mit Neuronen und anderen Zellen .....	93
6.3.4	Mobilisierungspotenzial .....	94
6.3.5	Materielle Eigenschaften und Einfluss auf Toxikologie .....	94
<b>6.4</b>	<b>Emission von CNTs in die Umwelt .....</b>	<b>95</b>
6.4.1	Exposition von Mensch und Umwelt .....	98
6.4.1.1	Exposition bei beruflichen Tätigkeiten .....	100
6.4.1.2	Exposition während des Gebrauchs .....	103
6.4.1.2.1	Abrieb .....	105
6.4.1.2.2	UV-Strahlung und andere atmosphärische Einwirkungen.....	105
6.4.1.2.3	Schweisseinwirkung .....	107
6.4.1.2.4	Allergiebildung .....	107
6.4.1.2.5	Waschen .....	107
6.4.1.2.6	Entsorgung .....	108
<b>7.</b>	<b>Experten- und Laienbefragung .....</b>	<b>109</b>
<b>7.1</b>	<b>Expertenbefragung.....</b>	<b>109</b>

7.1.1 Auswahl der Experten .....	109
7.1.2 Ergebnisse .....	110
7.1.2.1 Eigenschaften von CNTs in Polymermatrices .....	110
7.1.2.2 Toxizität von CNTs .....	110
7.1.2.3 Applikation von CNTs für textile Fasern .....	111
7.1.2.4 Umweltverhalten von CNTs .....	113
<b>7.2 Laienbefragung .....</b>	<b>114</b>
7.2.1 Begriffsbestimmung und Vorgehen .....	114
7.2.2 Teilnehmerschaft .....	115
7.2.3 Fragestellung .....	115
7.2.4 Durchführung und Ergebnisse .....	116
<b>8. Diskussion der Ergebnisse und Beantwortung der Fragestellung .....</b>	<b>118</b>
8.1 Risikopotenzial von CNTs für Umwelt und Gesundheit .....	118
8.2 Risikopotenzial für Umwelt und Gesundheit aus Expertensicht .....	123
8.3 Risikopotenzial für Umwelt und Gesundheit aus der Sicht von Laien .....	124
8.4 Unterscheide in der Risikobewertung von Experten und Laien .....	125
<b>9. Konklusion .....</b>	<b>127</b>
<b>10. Literatur .....</b>	<b>129</b>
<b>11. Appendix .....</b>	<b>159</b>
<b>A.1 Experteninterviews .....</b>	<b>159</b>
A.1.1 Leitfaden .....	159
A.1.2 Wahl der Experten .....	161
A.1.3 Vorbereitung und Durchführung des Interviews .....	161
A.1.4 Transkript .....	161
<b>A.2 Fokusgruppe/Laienbefragung .....</b>	<b>169</b>
A.2.1 Gesprächsleitfaden .....	169
A.2.3 Vorbereitung und Durchführung der Befragung .....	171
A.2.4 Transkript .....	171
<b>12. Glossar .....</b>	<b>179</b>