

# **Charakterisierung von polymeren Peelsystemen durch Anwendung neuartiger Methoden der experimentellen Bruchmechanik**

## **Habilitationsschrift**

von Prof. Dr.-Ing. Michael Nase

geb. am 24.09.1979 in Halle (Saale)

zur Verleihung des akademischen Grades

## **Doktoringenieur habitatus (Dr.-Ing. habil.)**

genehmigt von der Fakultät für Maschinenbau der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
am 06.04.2022

Gutachter:

1. Herr Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Holm Altenbach
2. Herr Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Grellmann
3. Herr Prof. Dr.-Ing. Jens-Peter Majschak



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Wissenschaft zur bruchmechanischen Bewertung von Peelsystemen .....</b>	<b>5</b>
2.1 Technischer Überblick zu polymeren Peelsystemen und Betrachtung der molekularen Prozesse zu deren Erzeugung .....	5
2.1.1 Einteilung polymerer Peelsysteme .....	5
2.1.2 Erzeugung polymerer Peelsysteme – Betrachtung der molekularen Prozesse .....	12
2.2 Möglichkeiten und Grenzen der mechanischen und bruchmechanischen Bewertung des Peelverhaltens .....	21
2.2.1 Anwendung von mechanischen Prüfungen zur Charakterisierung der Peeleigenschaften von Peelsystemen .....	21
2.2.2 Bewertung des Deformations- und Bruchverhaltens von Peelsystemen .....	27
2.2.3 Aussagefähigkeit von mechanischen und bruchmechanischen Mess- und Kenngrößen hinsichtlich technischer Auslegung von Peelsystemen .....	39
<b>3 Werkstoffe und Untersuchungsmethoden .....</b>	<b>49</b>
3.1 Untersuchte kohäsive, adhäsive und hybride Peelsysteme .....	49
3.2 Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung der verwendeten Peelsysteme .....	66
<b>4 Weiterentwicklung der experimentellen Methoden zur energiebestimmten bruchmechanischen Charakterisierung von polymeren Peelsystemen .....</b>	<b>70</b>
4.1 Methodische Weiterentwicklung des T-Peeltests und des Fixed-Arm-Peeltests unter Anwendung des $G$ -Konzepts und Ableitung der Kenngrößen $G_{alc}^*$ und $G_{alc}^{**}$ .....	70
4.1.1 Ableitung der bruchmechanischen Kenngröße $G_{alc}^*$ .....	72
4.1.2 Ableitung der bruchmechanischen Kenngröße $G_{alc}^{**}$ durch Ermittlung der wahren Peelfläche .....	75
4.1.3 Die adhäsive Energiefreisetzungsrate als geometrieunabhängige bruchmechanische Werkstoffkenngröße .....	79
4.2 Methodische Weiterentwicklung des Cling-Peeltests mit dem Ziel der Anwendung im Kontext der experimentellen Bruchmechanik .....	87
4.3 Anwendung des Risswiderstands-(R-)Kurven-Konzepts zur Bewertung des Peelverhaltens von polymeren Peelsystemen .....	90

---

<b>5</b>	<b>Anwendungsmöglichkeiten der weiterentwickelten Methoden der experimentellen Bruchmechanik zur anwendungstechnischen Optimierung von Peelsystemen .....</b>	<b>94</b>
5.1	Vergleichende Bewertung des Peelverhaltens wärmekontaktgesiegelter und ultraschallgesiegelter Peelsysteme .....	94
5.2	Untersuchungsergebnisse zum Einfluss der Rezeptur auf die Peeleigenschaften von gesiegelten sowie nicht gesiegelten kohäsiven, adhäsiven und hybriden Peelsystemen .....	104
5.3	Alterungsbedingte Veränderungen von Struktur und Peeleigenschaften am Beispiel gesiegelter kohäsiver und nicht gesiegelter hybrider Peelsysteme .....	117
<b>6</b>	<b>Bewertung der Aussagefähigkeit bruchmechanischer Kenngrößen im Ergebnis der weiterentwickelten Methoden mit dem Ziel der Ableitung von übergeordneten Zusammenhängen zwischen Struktur und Eigenschaften der betrachteten Peelsysteme .....</b>	<b>131</b>
6.1	Verallgemeinerte Struktur-Eigenschafts-Korrelationen der untersuchten gesiegelten und nicht gesiegelten Peelsysteme .....	131
6.2	Darstellung der Struktursensitivität der bruchmechanischen Kenngröße adhäsive Energiefreisetzungsrates .....	133
6.3	Bewertung der Aussagefähigkeit der angewandten bruchmechanischen Kenngrößen .....	139
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>142</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>147</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>152</b>

**Danksagung**

**Schriftliche Erklärung**