

Dipl.-Ing. Winfried Hammele, Berlin

**Ermittlung der elastischen
und viskoelastischen
Kennwerte von
Polymerwerkstoffen
durch Rollkontaktversuche**

Reihe **5**: Grund- und Werkstoffe

Nr. **492**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verwendete Kurzzeichen	VIII
1 Einleitung	1
2 Ziel der Arbeit	4
3 Stand der Materialprüfung bei Polymerwerkstoffen	7
3.1 Ermittlung der elastischen Konstanten	7
3.1.1 Ermittlung des Schubmoduls durch Härtemessungen nach DIN 53 505	7
3.1.2 Ermittlung des Elastizitätsmoduls nach DIN 53 457	10
3.1.3 Ermittlung der Querkontraktionszahl	11
3.1.4 Ermittlung des Elastizitätsmoduls durch Messung von Kontaktflächenlängen	18
3.2 Ermittlung der Materialkennwerte von viskoelastischen Werkstoffen	19
3.2.1 Bestimmung der Rückprall-Elastizität nach DIN 53 512	19
3.2.2 Torsionsschwingungsversuch nach DIN 53 445	20
3.2.3 Prüfung von Elastomeren nach DIN 53 513	21
3.2.4 Biegeschwingungsversuch nach DIN 53 440	23
3.2.5 Bestimmung der Parameter für Werkstoffmodelle	25
4 Theorien des rollenden Kontaktes für ungleiche Kontaktwerkstoffe	27
4.1 Theorie von Hertz	27
4.2 Theorie von Bufler	30
4.3 Theorie von Johnson	33
4.4 Verfahren von Knothe, Wang und Hiss und das Programm VISCON	37
4.5 Verfahren von Nowell und Hills und das Programm STRIP	41
5 Ableitung von Gleichungen zur Bestimmung der elastischen Konstanten unter Verwendung gemessener Rollkontaktgrößen	47
5.1 Einführung	47
5.2 Rollkontakt bei rechteckförmiger Berührungsfläche	49
5.2.1 Bestimmung der elastischen Konstanten unter Verwendung zweier globaler Meßgrößen	49
5.2.2 Bestimmung der elastischen Konstanten unter Verwendung einer globalen und einer lokalen Meßgröße	54
5.2.3 Bestimmung der elastischen Konstanten unter Verwendung zweier lokaler Meßgrößen	58
5.3 Rollkontakt bei kreisförmiger Berührungsfläche	62

6	Ableitung von Gleichungen zur Bestimmung der viskoelastischen Kennwerte unter Verwendung gemessener Rollkontaktgrößen	64
6.1	Einführung	64
6.2	Werkstoffmodelle für viskoelastisches Material	65
6.3	Bestimmung der viskoelastischen Kennwerte mit Hilfe der Näherungsformeln von Knothe und Wang	72
6.4	Bestimmung der viskoelastischen Kennwerte mit Hilfe der quasielastischen Methode von Qiao	77
7	Versuchseinrichtungen zur Bestimmung der Rollkontaktgrößen	81
7.1	Prüfstand zur Bestimmung von lokalen Kräften in der Kontaktfläche von rollenden Kunststoffrädern	81
7.2	Prüfstand zur Bestimmung von globalen Kräften, Verformungen und Bewegungen bei rollenden Kunststoffrädern	83
7.2.1	Mechanischer Aufbau und Meßtechnik	83
7.2.2	Bestimmung des Längskraftschlusses	85
7.2.3	Bestimmung des Längsschlupfes	87
7.2.4	Prüfstandssteuerung, Meßdatenerfassung und Meßdatenauswertung	90
8	Versuchswerkstoffe und Prüfräder	91
8.1	Versuchswerkstoffe	91
8.2	Gestaltung der Prüfräder	95
9	Experimentelle Überprüfung der den Rollkontakttheorien zugrundeliegenden Voraussetzungen	98
9.1	Einführung	98
9.2	Gültigkeit der Annahme eines ebenen Formänderungszustandes	98
9.2.1	Einführung	98
9.2.2	Ableitung der Grundgleichungen des ebenen Formänderungszustandes und des ebenen Spannungszustandes	100
9.2.3	Einfluß der Radbreite auf die Rollkontaktgrößen	104
9.2.4	Einfluß der seitlichen Radstützung auf die Rollkontaktgrößen	114
9.3	Gültigkeit der Homogenitätsbedingung	118
9.4	Gültigkeit der Annahme einer konstanten Reibungszahl im Kontaktgebiet	127
9.5	Gültigkeit der Annahme von vollständigem Haften im Kontaktgebiet	132
9.6	Eigenerwärmung des Kunststoffrades beim Rollen	137

10	Experimentelle Bestimmung der elastischen Konstanten von Gummi, PUR und POM	143
10.1	Einführung	143
10.2	Ermittlung der Rollkontaktgrößen bei verschiedenen Rollgeschwindigkeiten	145
10.3	Ermittlung des Leerlaufschlupfes bei verschiedenen Normalbelastungen	149
10.4	Analytisch-graphische Bestimmung der elastischen Konstanten	154
10.5	Vergleich der nach verschiedenen Prüfmethoden ermittelten elastischen Konstanten	161
11	Experimentelle Bestimmung der viskoelastischen Materialparameter für Gummi und PUR	163
11.1	Einführung	163
11.2	Anpassung der gemessenen geschwindigkeitsabhängigen Rollkontaktgrößen an die Theorie von Wang und Knothe	164
11.3	Anpassung der gemessenen geschwindigkeitsabhängigen Rollkontaktgrößen an die Theorie von Qiao	167
11.4	Vergleich der nach den verschiedenen Theorien ermittelten viskoelastischen Materialparameter	170
12	Zusammenfassung und Ausblick	174
13	Anhang	177
14	Literaturverzeichnis	188