

# ELASTISCHE WERKSTOFFE

**Elastomere (Gummi) und  
thermoplastische Elastomere TPE**

Christian Krebs



Thun, Mai 2020

KPwB Krebs Polymerwerkstoff-Beratung  
Talackerstrasse 55 A  
CH-3604 Thun  
ckrebs48@bluewin.ch  
www.kpwb-krebs.ch

## Vorwort

Das hier vorliegende Fachbuch soll dem Anwender in der Technik die heute bekannten und meist eingesetzten „Elastischen Werkstoffe“ in einer allgemein verständlichen Form näherbringen. Unter dem Begriff der Elastischen Werkstoffe werden hier die Elastomere (Gummi) und die thermoplastischen Elastomere TPE (weichgemachte Thermoplaste) bezüglich Ihrer Herstellung, Verarbeitung, Eigenschaften, Anwendungen und Prüfung beschrieben.

Thun, Mai 2020

Der Verfasser:

Christian Krebs

**Inhalt**

Vorwort..... 2

Einteilung der Werkstoffe..... 7

Aufbau der Polymerwerkstoffe ..... 8

Polymerisationsarten ..... 8

    Homopolymerisation ..... 8

    Copolymerisation ..... 9

    Pfropfpolymerisation ..... 9

    Polymerblends ..... 10

Makromolekulare Stoffe..... 10

    Gestalt der Makromoleküle ..... 11

    Grösse der Makromoleküle..... 12

    Ordnung der Makromoleküle untereinander..... 13

Verarbeitung der Elastischen Werkstoffe ..... 14

    Thermoplastische Elastomere ..... 14

    Formgebung durch Extrudieren..... 14

    Formgebung durch Spritzgiessen..... 15

Elastomere..... 15

    Mischung ..... 16

    Formgebung ..... 16

    Vulkanisation ..... 16

    Herstellung verarbeitungsfähiger Kautschukmischungen ..... 16

    Arbeiten mit dem Innenmischer..... 17

    Arbeiten auf dem Walzwerk..... 18

Verarbeitung von Kautschukmischungen (Formgebung)..... 19

    Tauchen..... 19

    Pressen..... 19

    Extrudieren ..... 20

    Spritzgiessen ..... 20

    Kalandrieren ..... 20

Eigenschaften der Elastomere ..... 21

Aufbau der thermoplastischen Elastomere TPE ..... 22

    Einteilung der thermoplastischen Elastomere ..... 22

    Allgemeines zu thermoplastischen Elastomere TPE..... 25

    Allgemeine Eigenschaften der thermoplastischen Elastomere ..... 26

Eigenschaften der wichtigsten thermoplastischen Elastomere ..... 27

    Thermoplastisches Polyurethan-Elastomer TPU ..... 27

    Thermoplastisches Styrol-Elastomer TPS..... 29

        TPS-SBS Polybutadien-blockstyrol ..... 29

        TPS-SEBS Polyethylen-butadien-blockstyrol ..... 31

TPS-SEPS Polyethylen-propylen-blockstyrol .....	32
TPS-SIS Polyisopren-blockstyrol.....	32
Thermoplastisches Oleofin-Elastomer TPO .....	33
Thermoplastisches Kautschukvulkanisat TPV.....	35
TPV-(EPDM+PP).....	35
TPV-(NR+PP) .....	36
TPV-(NBR+PP).....	36
TPV-(IIR+PP).....	36
Weitere Blends .....	36
Thermoplastisches Polyamid-Elastomer TPA .....	38
Thermoplastisches Copolyester-Elastomer TPC .....	41
Aufbau der Elastomere .....	43
Vom Kautschuk zum Elastomer .....	43
Vulkanisation oder Vernetzung.....	44
Mischungsbegriff.....	44
Zusammensetzung des Werkstoffes Elastomer .....	47
Allgemeines .....	47
Kautschukarten.....	47
Glasübergangstemperaturen .....	47
Zuschlagstoffe für Kautschuk .....	49
Mastifiziermittel .....	49
Vernetzungschemikalien.....	49
Vernetzungsmittel .....	50
Wichtigste Vulkanisationsarten.....	51
Vulkanisationsgrad .....	51
Vulkanisationsstadien .....	52
Vulkanisationsbeschleuniger .....	53
Vulkanisationsverzögerer .....	53
Aktive und inaktive Füllstoffe .....	54
Weichmacher.....	55
Klebrigmacher.....	55
Faktis .....	55
Alterungschutzmittel .....	55
Trennmittel.....	56
Treibmittel .....	56
Haftvermittler.....	56
Verstärkungsstoffe.....	56
Gewebe.....	56
Metallcord .....	57
Latex-Chemikalien .....	57

Elastomertypen .....	58
Eigenschaften einiger wichtiger Elastomertypen.....	60
Naturkautschuk NR.....	61
Styrol-Butadien-Kautschuk SBR.....	62
Butyl-Kautschuk IIR .....	63
Ethylen-Propylen-Dien- und Ethylen-Propylen-Kautschuk EPDM + EPM .....	65
Acryl-Nitril-Butadien-Kautschuk NBR .....	67
Hydrierter Acryl-Nitril-Butadien-Kautschuk HNBR.....	69
Chloropren-Kautschuk CR.....	70
Chlor-Sulfonyl-Polyethylen-Kautschuk CSM .....	71
Ethylen-Vinyl-Acetat-Kautschuk EAM .....	72
Fluor-Kautschuk.....	73
Perfluor-Kautschuk FFKM .....	75
Silikon-Kautschuk SI .....	76
Polyurethan-Kautschuk AU / EU .....	79
Epichlorhydrin-Kautschuk ECO/CO.....	80
Phosphor-Nitril-Fluor-Kautschuk PNF .....	82
Übrige Elastomere .....	83
Polybutadien-Kautschuk BR.....	83
Isopren-Kautschuk IR .....	83
Polynorbonen-Kautschuk PNR.....	83
Chlor-polyethylen- Kautschuk CM .....	83
Polyacryl-Kautschuk ACM .....	83
Ethylen-Acrylat-Kautschuk AEM.....	83
Polyphosphazenes .....	83
Prüfung und QS an elastischen Werkstoffen .....	85
Prinzipieller Ablauf von Prüfungen bei Entwicklung und Produktion.....	86
Überprüfung der optimalen Verarbeitung an TPE .....	87
Überprüfung der optimalen Verarbeitung an Elastomeren.....	88
Verarbeitungsprüfung .....	89
Praxisprüfungen an Elastomerteilen.....	89
Identifikation von TPE.....	89
Identifikation von Elastomeren .....	90
Bestimmung von Eigenschaftswerten an elastischen Werkstoffen.....	90
Beschreibung der verschiedenen Prüf- resp. Analyseverfahren.....	91
Schmelze-Volumenflussrate MVR resp. Schmelze-Masseflussrate MFR.....	91
Eigenspannungsprüfungen.....	92
Werkstoffidentifikation.....	93
Infrarotspektroskopie (FTIR-Analyse).....	93
Thermoanalyse .....	94

## KREBS/ELASTISCHE WERKSTOFFE

Thermoanalyse DSC .....	94
Thermoanalyse TGA.....	97
Bestimmung von Eigenschaftswerten .....	100
Härte .....	100
Härte Shore A oder Shore D nach DIN ISO 7619-1 .....	101
Mikrohärte IRHD nach DIN ISO 48.....	103
Eindruckhärte Schaumstoffe nach DIN EN ISO 2439 .....	104
Dichte nach DIN ISO 1183-1 .....	107
Druckverformungsrest nach DIN ISO 815-1 .....	108
Zugverformungsrest nach DIN ISO 2285 .....	110
Zugversuch nach DIN 53504 .....	112
Weiterreisswiderstand nach DIN ISO 34-1 .....	115
Weiterreisswiderstand nach ISO 34-2 .....	117
Rückprallelastizität nach DIN 53512.....	117
Abriebprüfung nach DIN ISO 4649.....	119
Prüfung des Alterungsverhaltens .....	122
Ozonalterung nach DIN ISO 1431-1.....	123
Alterungsprüfung an Elastomeren .....	124
Prüfung von Kautschuk und Elastomeren – Künstliche Alterung nach DIN 53508.....	124
Chemikalienbeständigkeit.....	126
Bestimmung des Verhaltens gegenüber Flüssigkeiten (Elastomere) nach DIN ISO 1817 .....	127
Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung der Gasdurchlässigkeit DIN 53536.....	129
Bestimmung des Verhaltens gegen Flüssigkeiten, Dämpfe, Gase und feste Stoffe (Schaumstoffe) DIN 53428 .....	131
Anhang 1 .....	132
Kurzzeichen der thermoplastischen Elastomere nach DIN EN ISO 18064.....	132
Kurzzeichen der Elastomere nach DIN ISO 1629 .....	134