

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Charakterisierung des Fließverhaltens
thermoplastischer Elastomere (TPE)

VDI 2020
Entwurf

Characterisation of flow behaviour of thermo-
plastic elastomers (TPE)

Einsprüche bis 2022-05-31

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchportal
<http://www.vdi.de/2020>
- in Papierform an
VDI-Gesellschaft Materials Engineering
Fachbereich Kunststofftechnik
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweise	3
3 Begriffe	3
4 Formelzeichen und Abkürzungen	3
5 Vorstellung der Messmethoden	3
5.1 Methodenübersicht	3
5.2 Oszillations- bzw. Rotationsrheometer	4
5.3 Schmelze-Massefließrate / Schmelze-Volumenfließrate	5
5.4 Hochdruck-Kapillarrheometrie	5
5.5 Extrusionsrheometer	6
5.6 Fließwegspirale	6
5.7 Messknetter	7
6 Vorstellung der Materialien	7
6.1 Werkstoffbeschreibung TPA	8
6.2 Werkstoffbeschreibung TPC	8
6.3 Werkstoffbeschreibung TPO	8
6.4 Werkstoffbeschreibung TPS	9
6.5 Werkstoffbeschreibung TPU	9
6.6 Werkstoffbeschreibung TPV	9
7 Probenvorbereitung	9
8 Methodenauswahl je Materialtype	10
8.1 Für TPA	10
8.2 Für TPC	10
8.3 Für TPO	11
8.4 Für TPS	12
8.5 Für TPU	13
8.6 Für TPV	14
9 Zusammenfassung	15
10 Ergebnisdokumentation, Auswertung und Interpretation	15
Schrifttum	16

VDI-Gesellschaft Materials Engineering (GME)

Fachbereich Kunststofftechnik

VDI-Handbuch Kunststofftechnik
VDI-Handbuch Werkstofftechnik

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Dipl.-Wirt. Ing. *Sven-M. Druwen*

Dipl.-Ing. (FH) *Matthias Haug*

Dipl.-Ing. *Jürgen Hättig*

Markus Kämpfe

Dipl.-Ing. (FH) *Bernhard Kneiβl*

Dr.-Ing. *Ines Kühnert*

Alexander Näck

Dr. *Günter Scholz*

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Weitere aktuelle Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2020.

Einleitung

Der weltweit bekannte Ausspruch des altgriechischen Philosophen Heraklit – *panta rhei* – steht für die Übersetzung „alles fließt“, wobei gemeint ist, dass das Leben einem ständigen Fluss unterworfen ist. Später haben Wissenschaftler dieses Modell übernommen und gesagt, dass jedes Material auf Erden fließt und so entstand der Begriff der „Rheologie“ für die Beschreibung des Fließverhaltens von Stoffen.

Heruntergebrochen auf die Kunststoffgruppe der thermoplastischen Elastomere (TPE) spielt die Rheologie eine wesentliche Rolle, als die Verarbeitungsparameter und das Fließverhalten der Schmelzen einen spürbaren Einfluss auf die Materialeigenschaften des gefertigten Körpers haben. Insofern ist es ratsam, die rheologischen Eigenschaften eines TPE zu kennen, bevor mit der thermoplastischen Verarbeitung desselben begonnen wird.

Im Allgemeinen wird die Viskosität einer Schmelze unter definierten Druck- und Temperaturverhältnissen ermittelt, wobei sich der Zusammenhang aus dem newtonschen Gesetz ergibt. Die Viskosität η ist dem Quotienten aus Schubspannung τ und der

Schergeschwindigkeit $\dot{\gamma}$ gleich, sofern es sich um Flüssigkeiten handelt. Unter ein paar Annahmen kann diese Formel auf Polymerschmelzen angewendet werden.

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Die Schubspannung τ betrachtet die Kräfte, die auf die Schmelze einwirken. Die Schergeschwindigkeit $\dot{\gamma}$ ergibt sich aus dem Geschwindigkeitsunterschied der angenommenen Strömungsschichten der Schmelze. Da die Viskosität von Polymerschmelzen vieler TPE mit zunehmender Scherung abnimmt, spricht man bei diesen „nicht newtonschen“ Flüssigkeiten von einer Strukturviskosität. Die unterschiedlichen Verarbeitungsmethoden zur Herstellung von Körpern oder Bauteilen zeigen auch unterschiedliche Druck- und Scherbedingungen, die einen Einfluss auf das Verarbeitungsverhalten und die Fertigteileigenschaften haben.

Zur Ermittlung der rheologischen Eigenschaften des jeweiligen Materials unterliegt man immer dem Kompromiss aus Aufwand und Nutzen. Manchmal genügt es, eine einfache Methode mit geringer Aussagekraft anzuwenden, sofern es für eine Einschätzung genügt. Manchmal sind umfangreichere Methoden notwendig, wenn die Ergebnisse einer simplen Messung nicht genügen oder sich das Material während der Messung verändert. Daher werden in dieser Richtlinie verschiedene Methoden zur Ermittlung der Fließeigenschaften von TPE vorgestellt, beschrieben und für die jeweiligen Produktfamilien bewertet.

1 Anwendungsbereich

Inhaltlich wird sich die Richtlinie auf Polymerschmelzen beziehen, die mit den nachfolgend beschriebenen Methoden hinsichtlich ihres Fließverhaltens charakterisiert werden können und nicht auf Polymerlösungen oder Materialien im festen Zustand.

Ziel dieser Richtlinie ist es, die Auswahl der geeigneten Methode zur Beschreibung der Fließfähigkeit von Polymerschmelzen aus der Produktfamilie der thermoplastischen Elastomere (TPE) zu unterstützen, sowie Vorteile und Grenzen der jeweiligen Methoden aufzuzeigen. Sie soll auf dieser Grundlage zu einer besseren Nachvollziehbarkeit von Spezifikationen und Grenzwerten beitragen und die Abstimmung zwischen Verarbeitern und Materialherstellern bei der Materialauswahl und der Qualitätskontrolle bzw. der Qualitätssicherung erleichtern.