HANSER

Saechtling Kunststoff Taschenbuch

ISBN 3-446-22670-2

Leseprobe

Weitere Informationen oder Bestellungen unter <u>http://www.hanser.de/3-446-22670-2</u> sowie im Buchhandel



Bild 3.18 Kristallisationsgrad und Dichte von Spritzgussteilen, die bei unterschiedlicher Werkzeugwandtemperatur gefertigt wurden

3.2 Mechanisches Verhalten

3.2.0 Allgemeine Hinweise

Das mechanische Verhalten der Kunststoffe, d.h. der Zusammenhang zwischen der Spannung σ und der daraus resultierenden Dehnung ϵ bzw. der auf ein Formteil wirkenden Kraft F und der daraus resultierenden Verformung ΔL wird am besten durch den Zugversuch charakterisiert. Er kann im Gegensatz zum Biegeversuch auch an Probekörpern aus weichen Kunststoffen, wie z.B. Elastomeren, durchgeführt werden. Außerdem muss beim Biegeversuch mit einer Überhöhung der Festigkeitskennwerte gerechnet werden:

Bei der Biegebeanspruchung eines Balkens werden die äußeren Fasern gedehnt bzw. gestaucht, während die neutrale Faser verformungslos bleibt, Bild 3.19. Die Dehnung nimmt direkt proportional dem Abstand von der neutralen Faser zu. Ist der im isochronen Spannungs-Dehnungs-Diagramm (siehe Abschnitt 3.2.3) ermittelte Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung linear, so ist auch die Spannungsverteilung im Biegebalken über die Dicke linear, s. rechts oben in Bild 3.19. Da Kunststoffe vor allem bei kurzzeitiger Belastung auch außerhalb dieses Bereichs belastet werden können, ist dann die Spannungsverteilung im Balkenquerschnitt nicht mehr linear. Die zur Berechnung der Biegespannungen herangezogene Gleichung der elastischen Linie verliert damit ihre Gültigkeit, und es werden zu hohe Spannungswerte berechnet, s. rechts unten in Bild 3.19. Je



Bild 3.19 Dehnungs- und Spannungsverteilung bei Biegebeanspruchung

stärker die im isochronen Spannungs-Dehnungs-Diagramm ermittelte Spannungs-Dehnungs-Linie von der Linearität abweicht, um so mehr liegt die so errechnete Biegefestigkeit über der Zugfestigkeit bzw. Streckspannung, wie sie im Zugversuch bestimmt wird. Die Biegefestigkeit ist dann nur noch eine fiktive Spannung, die im Formteil nicht vorkommen kann, da spätestens beim Überschreiten der Zugfestigkeit Versagen auftreten wird. In Bild 3.19 sind Zahlenbeispiele für drei Kunststoffe mit unterschiedlicher Steifigkeit angegeben.

Der Biegeversuch wird aus den beschriebenen Gründen nur bei langfaserverstärkten Kunststoffen zur Ermittlung von Festigkeitskennwerten, z.B. auch der interlaminaren Scherfestigkeit, bei der Schubversagen in der neutralen Faser auftritt, durchgeführt. Außer bei den mit hohen Faseranteilen verstärkten Kunststoffen tritt unter Druckspannung kein Versagen auf. Deshalb wird auch der Druckversuch bei Kunststoffen nur ausnahmsweise angewendet: Stark uniaxial verstärkte Kunststoffe können unter Druckspannung durch Delamination versagen. An solchen Produkten wird der Druckversuch in der Art durchgeführt, dass ein schlanker Probekörper seitlich abgestützt und dadurch am Ausknikken gehindert wird, Bild 3.20.

Auch Schub- oder Scherversuche werden nur in Sonderfällen durchgeführt. Zur Abschätzung der Belastbarkeit von mit Schubspannungen beaufschlagten Teilen aus homogenen Werkstoffen gilt:

 $\tau_{zul} \approx (0,5 \text{ bis } 0,74) \cdot \sigma_{zul}$

0,50 = größte-Schubspannungs-Hypothese (Tresca)

0,74 = größte-Normaldehnungs-Hypothese

Zur Bestimmung von Stanzkräften sollte mit $\tau = 1,0 \cdot \sigma_{zul}$ gerechnet werden.



Die Kugeldruckhärte oder sonstige Härtewerte spielen zur Beurteilung der technischen Anwendbarkeit der Kunststoffe praktisch keine Rolle.

Das mechanische Verhalten der Kunststoffe ist von vielen Einflussgrößen abhängig: der Geschwindigkeit der Verformung, der Zeitdauer und Häufigkeit einer Belastung, der Geometrie der Probekörper, den Prozessparametern bei der Herstellung der Probekörper (s. Abschn. 3.1), und den Umweltbedingungen, vor allem der Temperatur. Die Auswirkungen dieser Einflüsse auf das Verhalten der Kunststoffe lassen sich gut am Beispiel des Zugversuchs aufzeigen.

3.2.1 Kurzzeitverhalten

3.2.1.1 Kurzzeit-Zugversuch

Im Kurzzeit-Zugversuch nach ISO 527–1 und 2 werden stabförmige Probekörper (Universalstab nach ISO 3167) mit konstanter, in der Prüfnorm vorgeschriebener Geschwindigkeit gedehnt und dabei die Kraft F mit der Längenänderung ΔL der Messstrecke L₀ aufgezeichnet. Aus der Kraft wird bei Division durch den ursprünglichen Querschnitt A₀ des Probekörpers die Spannung σ in N/mm² und aus der Längenänderung bei Division durch die Ursprungslänge der Messstrecke L₀ die Dehnung ε in % bestimmt. Allgemein wird in der Werkstoffprüfung aus der Steigung der Kraft-Verformungs-Kurve der Elastizitätsmodul E als das Verhältnis von Spannung zu Dehnung errechnet. Da Kunststoffe keinen linearen Bereich der Spannungs-Dehnungs-Kurve aufweisen, ist diese Vorgehensweise hier nicht zulässig. Zeigen lässt sich dieser Sachverhalt anschaulich an Bild 3.21: Aufgetragen ist die Steigung der Verbindungsgrade aus dem Ursprung des Spannungs-Deh-





nungs-Diagramms zum jeweilig betrachteten Dehnungswert (Sekantenmodul genannt). Es zeigt sich die starke Dehnungsabhängigkeit des Moduls. Zur Bestimmung des "Elasitzitätsmoduls" wird ersatzweise die Steigung der Spannungs-Dehnungs-Kurve zwischen 0,05% und 0,25% Dehnung verwendet.

In Bild 3.22 sind in einem Spannungs-Dehnungs-Diagramm die charakteristischen Kennwerte (nach CAMPUS) eingezeichnet, die zur Beurteilung von Kunststoffen herangezogen werden. Bei Kunststoffen, die eine Streckspannung aufweisen oder sich bis zum Bruch stark verformen, wird die "nominelle Bruchdehnung" aus der Änderung des Spannzangenabstands und der ursprünglichen Einspannlänge bestimmt. Sie ist lediglich eine Vergleichszahl für die Dehnbarkeit des Kunststoffs unter den Bedingungen des Zugversuchs.

In Bild 3.23 sind für einige Kunststoffsorten reale Spannungs-Dehnungs-Diagramme wiedergegeben. Hieraus lassen sich die in Bild 3.22 definierten Kennwerte ermitteln. Diese sind auch zum Vergleich von Kunststoffen mit recht unterschiedlichem Weichheitsgrad geeignet.

In Bild 3.24 sind die Einflüsse von Probekörperdicke und Entnahmerichtung des Probekörpers aus der Probe (Einfluss der Orientierung) auf das Festigkeitsverhalten zu erkennen. Dies ist ein Hinweis darauf, dass in einem beliebig gestalteten Formteil keineswegs die Kennwerte wiedergefunden werden müssen, die an einem Norm-Probekörper ermittelt wurden.



- Bild 3.22 Schematische σ/ϵ -Diagramme mit Campus-Kennwerten für den Zugversuch a: spröder Kunststoff, b: zäher Kunststoff, c: verstreckbarer Kunststoff, d und e: weichgemachter Kunststoff
 - Е = Zug-Elastizitätsmodul g

$$\sigma_{\rm B} = Bruchspannung$$

$$\sigma_v = Streckspannung$$

 σ_{50} = Spannung bei 50% Dehnung

 $\epsilon_{\rm B}$ = Bruchdehnung

 $\bar{\epsilon_y}$ = Streckdehnung

 ε'_{tB} = nominelle Bruchdehnung

In einem speziellen Zugversuch an einem Probekörper aus Folien, die mit einem Einschnitt versehen sind, wird nach IEC 493-2 die Kanteneinreißfestigkeit und nach DIN 53515 die Weiterreißfestigkeit nach Graves (das ist die zum Weiterreißen erforderliche Kraft, bezogen auf die Probekörperdicke) bestimmt.

3.2.1.2 Kurzzeit-Biegeversuch

Im Kurzeit-Biegeversuch nach ISO 178 werden balkenförmige Probekörper vorzugsweise mit den Abmessungen 80 mm · 10 mm · 4 mm an den Enden auf zwei Auflager gelegt und in der Mitte mit einem Biegestempel belastet. Aus den ermittelten Kräften und Durchbiegungen werden die in Bild 3.25 erläuterten Kennwerte errechnet:

 $\sigma_{\rm b} = \frac{3 \cdot {\rm F} \cdot {\rm l}_{\rm V}}{2 \cdot {\rm b} \cdot {\rm h}^2} \text{ in N/mm}^2$ Biegespannung

Randfaserdehnung $\varepsilon_b = \frac{600 \cdot h \cdot f}{lv^2}$ in %,

Bezeichnungen s. Bild 3.25 und Erläuterungen in Abschn. 3.2.0.



Bild 3.23 Beispiele von Spannungs-Dehnungs-Linien aus dem Zugversuch; bei Betrachtung der Kurvenverläufe ist zu beachten, dass die Ordinate im linken Bildteil bis 20% Dehnung der deutlicheren Darstellung wegen den fünffachen Maßstab der Ordinate im folgenden Bildteil hat

Formgeometrie	Winkel zur Spritzrichtung	Dicke	Anisotropie- Abminderungsbeiwert A
1. Stab, Endanspritzung	0°	3 mm	1
	0°	5 mm	1, 2
0° Richtung	0°	12 mm	2,2
2. Platte, 2-fach Anspritzung	0°	3 mm	1,1
	90°	3 mm	1, 7
	0°	5 mm	1, 2
	90°	6 mm	2
0°	PP-GF]	

Bild 3.24 Einfluss der Probekörperdicke und des Entnahmewinkels auf das Festigkeitsverhalten; A = 2 bedeutet: Festigkeit = 50% derjenigen vom Stab mit 3 mm Dicke (A = 1)



3.2.1.3 Druckversuch

Der Druckversuch nach ISO 604 wird mit Ausnahme für die Untersuchung von GFK (s. Abschn. 3.0) und Schaumstoffen (s. Abschn. 3.7.2) praktisch nicht mehr angewendet. Es werden die zum Zugversuch analogen Kennwerte ermittelt.

3.2.1.4 Eindruckversuch, Härtemessung

Beim Eindruckversuch wird der Eindringwiderstand definierter Körper in eine Kunststoff-Oberfläche bestimmt. Zwischen Härte und Elastizitätsmodul besteht ein gewisser Zusammenhang, wenn der elastische Verformungsanteil bei der Prüfung überwiegt, ansonsten sind die Kennwerte für die Berechnung von Formteilen keine geeigneten Vergleichszahlen. Folgende Verfahren werden angewendet:

Kugeldruck-Härte H in N/mm2 (ISO 2039–1,2) ist der Quotient aus der Prüfkraft F, die über eine Kugel von 5 mm \emptyset auf die Kunststoff-Oberfläche wirkt, und der Oberfläche des durch die Kugel unter Last erzeugten Eindrucks. Diese Oberfläche wird aus der Eindringtiefe, die unter der Last 30s nach deren Aufbringung gemessen wird, errechnet. Je nach Härte des Kunststoffs wird eine der folgenden Laststufen angewendet: 49, 132, 358 oder 961N und zu Indizierung bei der Werteangabe verwendet, z.B. H132.

Rockwell- α -*Härte* R_{α} (ISO 2039–2, unbenannte Zahl). Eine Kugel von 12,7 mm \emptyset wirkt mit einer Kraft von 588,4N auf die Oberfläche. Die Eindringtiefen nach 15s (d_h) und 10s (d_s) werden gemessen. Die Rockwell- α -Härte ist dann: R α = 150-(d_h-d_s).

Rockwell HR (ISO 2039–2, unbenannte Zahl). Sie wird aus der nach Fortnahme der Hauptlast (Einwirkungsdauer 15s) gemessenen Eindringtiefe e bestimmt: HR = 130 - e. Je nach Prüfkraft F und Kugeldurchmesser d unterscheidet man vier Härteskalen: R, L, M und E und es gilt:

Kugeldurchmesser d	Prüfkraft F 588N 980N	
12,7 mm 6,35 mm 3,175 mm	R L	M E

Vickers-Härte HV (EN ISO 6507, unbenannte Zahl). Eine Diamantpyramide mit quadratischer Grundfläche wird mit Prüflasten F von 100, 300 oder 600N 40 s lang auf die Oberfläche aufgesetzt. Nach der Entlastung wird die Länge der Eindruckdiagonalen d in mm ausgemessen

Die Vickers-Härte *HV* ist dann: $HV = \frac{0.189}{d^2} \cdot F.$

Die *Knoop-Härte HKn* (ASTM D1474, unbenannte Zahl) benutzt als Eindringkörper eine Pyramide mit rhombischer Grundfläche, Längs- und Querdiagonale verhalten sich wie 7/1. Aus der Prüflast F in g und der nach Entlastung gemessenen Länge der längeren Eindruck-Diagonalen l in mm wird die Knoop-Härte errechnet:

$$HKn = \frac{4320}{l^2} \cdot F.$$

Die Vickers- und Knoop-Härte gehören zu den Kleinlast-Härteprüfungen und werden zur Ermittlung mechanischer Anisotropieeffekte, z.B. von Orientierungen und Eigenspannungen in oberflächennahen Schichten, herangezogen.

Die *Shore-Härten A* und *D* (ISO 868 / DIN 53505, unbenannte Zahlen) werden an weichen Kunststoffen und Elastomeren mit handlichen Geräten bestimmt. Es wird der Widerstand gegen das Eindringen eines Kegelstumpfes (Shore A) oder eines Kegels mit abgerundeter Spitze (Shore D) als Verformung einer Feder 3s oder bei Kunststoffen mit einem deutlichen plastischen Verhalten 15 s nach Aufdrücken des Härteprüfers auf die Oberfläche bestimmt, Bild 3.26.

Die *Barcol-Härte* (DIN EN 59) wird wie die Shore-Härte mit einem Handgerät und einem Kegelstumpf mit einer flachen Spitze von 0,157 mm bestimmt und dient zur Kontrolle des Härtungsvorgangs bei ungesättigten Polyesterharzen.

Schaumstoff-Härteprüfung, s. Abschn. 3.7.2.



Bild 3.26 Eindringkörper zur Bestimmung der Shore-Härte

3.2.2 Verhalten beim Stoß

3.2.2.1 Berechnungs-Kennwerte

Beim Kurzzeit-Zugversuch wird die Dehngeschwindigkeit so gewählt, dass die charakteristischen Festigkeitskennwerte wie die Bruchspannung, Streckspannung oder Spannung bei 50% Dehnung in etwa einer Minute erreicht werden. Da die Kunststoffe zu den viskoelastischen Werkstoffen gehören, sind ihre Eigenschaften von der Geschwindigkeit der Beanspruchung abhängig. Bild 3.27 zeigt am Beispiel eines PE, dass mit zunehmender Dehngeschwindigkeit die Streckspannung ansteigt, die Bruchdehnung und Arbeitsaufnahme (Fläche unter der Kraft-Verformungs-Linie) aber abnehmen. Auch der Elastizitätsmodul nimmt mit zunehmender Beanspruchungsgeschwindigkeit zu. In Bild 3.28 und Bild 3.29 sind bei unterschiedlichen Dehngeschwindigkeiten ermittelte Festigkeitskennwerte und die 1 min nach dem Probekörperbruch ermittelten Restdehnungen dargestellt. Bei für jeden Werkstoff charakteristischen Dehngeschwindigkeiten wird ein Maximum der Festigkeit festgestellt. Bei diesen Geschwindigkeiten ist das Material so spröde, dass verformungslose, glasartige Brüche auftreten. Nur beim PMMA und AMMA konnten diese Geschwindigkeiten versuchstechnisch erreicht werden.

Dieses Werkstoffverhalten muss bei der Bemessung stoßartig belasteter Formteile berücksichtigt werden. Bei diesen Belastungen treten kurzzeitig Spannungsspitzen auf, die ein Vielfaches der Spannung betragen können, die unter gleicher ruhender Last auftreten. Das Verhältnis der unter stoßartiger Beanspruchung auftretenden Spannung zu der unter statischer Belastung auftretenden wird mit Stoßfaktor ψ bezeichnet. Resultiert die Stoßbeanspruchung aus dem Aufschlagen eines Gegenstands aus dem freien Fall auf ein Formteil, so lässt sich der Stoßfaktor nach den in Bild 3.30 dargestellten Formeln bestimmen. In diese Formeln gehen wesentlich die Masse des frei fallenden Gegenstands m, dessen Steifigkeit, wie auch die Steifigkeiten des getroffenen Formteils C₂ und dessen elastischer Abstützung C₃ ein. Je nach dem Verhältnis von C₁ zu C₂ zu C₃ muss das Formteil mehr oder weniger der anfallenden Energie absorbieren. Im Bild 3.30 rechts dar-



Bild 3.27 Einfluß der Dehngeschwindigkeit auf das σ/ε-Verhalten von PE



Bild 3.28 Abhängigkeit der Festigkeit von der Dehngeschwindigkeit

gestellten Beispiel sind die Federsteifigkeiten C_1 und C_3 als unendlich groß angesehen worden. Aus den Stoßfaktoren lassen sich erste Hinweise für die Bemessung von stoßbelasteten Formteilen ableiten.



Bild 3.29 Abhängigkeit der Restdehnung 1 min nach dem Bruch von der Dehngeschwindigkeit



Bild 3.30 Beispiele für Stoßfaktoren

Ein anderer Weg der Berechnung führt über die Ermittlung der Verformungsarbeit. Trifft eine Masse m auf einen Balken, so muss seine kinetische Energie W = $0.5 \text{ m} \cdot \text{v}^2$ in Verformungsarbeit des Balkens $\int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{f}$ umgesetzt werden, Bild 3.31. Es lässt sich zeigen, dass die vom Balken aufgenommene Arbeit gleich einem Neuntel des Volumens des Balkens zwischen den Auflagen multipliziert mit dem Integral unter der Spannungs-Dehnungs-Linie ist. Für beliebige Formteile gilt allgemein: Das Arbeitsaufnahmevermögen eines Formteils ist gleich dem Produkt eines von der Geometrie abhängigen Faktors K mit dem Integral unter der Spannungs-Dehnungs-Linie w, also $W = K \cdot w$. w kann durch Integration einer Spannungs-Dehnungs-Linie ermittelt werden, die möglichst bei der beim Stoß vorliegenden Dehngeschwindigkeit aufgenommen wurde. Bei einfachen Formteilen kann K numerisch berechnet werden, bei komplizierten muss die Finite-Elemente-Methode (FEM) herangezogen werden. Will man das gute Arbeitsaufnahmevermögen der Thermoplaste unter Stoßbeanspruchung bei FEM angemessen berücksichtigen, so ist es erforderlich, geometrisch nichtlinear zu rechnen. Dabei wird in der Rechnung die Veränderung der Geometrie und insbesondere des Querschnittes des Bauteils durch das Fließen des Werkstoffs berücksichtigt. Zur Beschreibung des Werkstoffverhaltens verwendet man dann das wahre Spannungs-Dehnungs-Diagramm, bei dem durch die Berücksichtigung des Einschnürverhaltens die tatsächlich sehr viel höheren Spannungen im eingeschnürten Probekörperbereich richtig dargestellt werden.



Bild 3.31 Energieumsetzung beim Stoß gegen einen Balken

3.2.2.2 Schlag-, Biege- und Zugversuche nach CAMPUS

Nach standardisierten Verfahren wird das Stoßverhalten, die sog. Zähigkeit der Kunststoffe, in Schlag- oder Durchstoßversuchen bestimmt. Hierbei wird das Arbeitsaufnahme-Vermögen von stab- oder plattenförmigen Probekörpern, die eventuell mit Kerben versehen sind, mit Hilfe von Pendelschlagwerken oder Fallgeräten meist bis zum Versagen, beim Durchstoßversuch auch bis zur ersten Schädigung der Probekörper, ermittelt. Die gängigsten Versuchsanordnungen enthält Bild 3.32.

Unter Berücksichtigung von Versuchsanordnung, Probekörperart und -abmessung sowie Kerbform kann sich eine Vielzahl verschiedener Kennwerte für die Zähigkeit ergeben. Da die Versuchsparameter die Größe der Kennwerte in starkem Maße beeinflussen, sind die nach den verschiedenen Verfahren ermittelten Werte in der Regel nicht vergleichbar. Selbst die Reihenfolge einer Auflistung von



Bild 3.32 Versuchsanordnungen zur Bestimmung der Schlagzähigkeit

Kunststoffen nach Zähigkeitskennwerten ist vom Verfahren abhängig. Dies ist auch ein Hinweis darauf, dass solche Werte nur einen ungefähren Anhalt über das Zähigkeitsverhalten von Formteilen geben können. Für die Konstruktionsrechnung sind sie nicht verwertbar. Sie sind aber für die Auswahl eines Kunststoffs von Nutzen, wenn verschiedene Einstellungen der gleichen Art zur Verfügung stehen. Hierbei ist es besonders wichtig, dass für die verschiedenen Kunststoffe nach demselben Verfahren ermittelte Kennwerte zur Verfügung stehen. Es ist ein Verdienst der DIN EN ISO 10350, des Single-Point-Datenkatalogs, hier drei vorzugsweise anzuwendende Verfahren festgelegt zu haben, die je nach Zähigkeit des zu untersuchenden Kunststoffs zur Anwendung kommen: Charpy Impact Strength (Charpy-Schlagzähigkeit) für spröde und Charpy Notched Impact Strength (Charpy-Kerbschlagzähigkeit) für zähe Kunststoffe, beide durchgeführt nach ISO 179 am Probekörper 80 mm · 10 mm · 4 mm, Schlag auf die Schmalseite, beim gekerbten Probekörper unter Verwendung einer V-Kerbe mit einem Radius von 0,25 mm. Bei Kunststoffen, die nach diesen Verfahren keinen Bruch zeigen, wird die Tensile-Impact-Strength (Schlagzugzähigkeit) nach ISO 8256, ebenfalls am Stab 80 mm · 10 mm · 4 mm mit Doppel-V-Kerbe mit einem Radius von 1 mm durchgeführt. Bei allen drei Verfahren wird als Zähigkeitskennwert die auf den geringsten Querschnitt des Probekörpers bezogene Schlagarbeit (kJ/m²) bis zum Bruch ermittelt. Diese Werte werden auch in den CAMPUS-Datenbanken und zwar für 23 und -30 °C angegeben.

Schlagzähigkeiten reagieren sehr stark auf gewollte oder auch ungewollte Modifikationen der Kunststoffe oder auch auf Einflüsse wie die Verarbeitungsparameter bei der Herstellung der Proben, Kerbgeometrie oder Prüftemperatur. Bild 3.33 zeigt, dass mit zunehmender Prüftemperatur die Schlagzähigkeit zunimmt. Bei Zähigkeiten oberhalb etwa 30 kJ/m² brechen die Probekörper nicht mehr, so dass keine Werte angegeben werden können. Der Übergang vom spröden zum zähen Verhalten findet bei diskreten Temperaturen statt. Bei diesen treten sowohl zähes Versagen (Anbrüche) wie auch Sprödbrüche auf. Die Lage dieser Dispersionsgebiete kann durch die Massetemperatur und die Verweilzeit der Masse im Spritzgießzylinder bei der Herstellung der Probekörper beeinflusst werden. Hohe Temperaturen und lange Verweilzeiten führen beim untersuchten Material zum Abbau und damit zur Schädigung von Formteilen, Bild 3.33.



Bild 3.33 Einfluss von Prüftemperatur, Massetemperatur und Verweilzeit der Schmelze im Spritzgießzylinder auf die Kerbschlagzähigkeit

3.2.2.3 Weitere Normen für Schlagversuche

ISO 3127 / DIN 8061: Schlagzähigkeit von Rohren.

DIN EN ISO 6603–1,2: Fallbolzenversuch für plattenförmige Probekörper, mit und ohne Kraft-Weg-Messung.

3.2.3 Statisches Langzeitverhalten

3.2.3.1 Zeitstand-Zugversuch

Für die konstruktive Anwendung der Kunststoffe unter langzeitiger Lasteinwirkung sind die Ergebnisse sog. Standversuche wichtig. Wie bereits in Abschn. 3.2 erläutert, ist auch bei diesen Versuchen dem Zugversuch der Vorzug gegenüber Druck- oder Biegeversuchen zu geben. Der Standversuch unter Zugbeanspruchung kann als Zeitstandversuch nach DIN EN ISO 899 (Kriech- oder Retardationsversuch) oder als Entspannungsversuch nach DIN 53441 (Relaxationsversuch) durchgeführt werden. Da der Zeitstandversuch einfacher in der Durchführung ist als der Entspannungsversuch, wird er heute fast ausschließlich angewendet.