



Wolf Kunststoff-Gleitlager GmbH



**COMPOUNDENTWICKLUNG
KUNSTSTOFFPRÜFUNG
SCHADENANALYSE**



Compoundentwicklung

Um einen neuen Werkstoff zu entwickeln oder bestehende Werkstoffe weiter zu entwickeln oder zu modifizieren, bedarf es einer Vielzahl an Laborversuchen. Aufgrund unserer umfangreichen Laborausstattung und jahrzehntelanger Erfahrung sind wir in der Lage, alle relevanten Prüfungen selbst durchzuführen und die ermittelten Daten als Grundlage für weitere Entwicklungen zu nutzen. Sie profitieren dabei durch ein Produktsortiment mit verschiedensten Eigenschaften, das kaum Wünsche offen lässt.

Und falls Sie tatsächlich eine Werkstoffeigenschaft benötigen, die wir in unserem Standardsortiment nicht oder nicht im vollen Umfang erfüllen können, ist es uns möglich, bereits vorhandene **ZEDEX**-Kunststoffe so in Ihrer Eigenschaft zu beeinflussen, dass die gewünschte Eigenschaft erreicht wird.

Folgende Modifikationen sind somit möglich:

- > Einfärbung in einer gewünschten Farbe
- > Erhöhung der Zähigkeit oder Steifigkeit
- > Erhöhung der Elastizität
- > Erhöhung der Präzision
- > Erhöhung der thermischen und elektrischen Leitfähigkeit
- > Antimikrobielle Wirkung
- > Verbesserung der tribologischen Eigenschaften

Das erfolgreiche Ergebnis können wir dann mit Hilfe unserer Laborgeräten nachweisen. Auf den nachfolgenden Seiten werden alle Werkstoffprüfungen beschrieben, die wir in unserem Labor durchführen können.





Mechanische Prüfungen	6-23
Bestimmung der Zugeigenschaften	6-7
Bestimmung der Druckeigenschaften	8-9
Bestimmung der Biegeeigenschaften	10-11
Bestimmung des Kriechverhaltens im Zeitstand-Zug- bzw. -Biegeversuch	12-13
Bestimmung der Härte im Kugeleindruckversuch	14
Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte A / D)	15
Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften (ungekerbt / gekerbt)	16-17
Prüfung der Widerstandsfähigkeit bei schlagartiger Verformung (Kugelfallprüfung)	18-19
Ermittlung der Scher- und Schälfestigkeit an geklebten Proben	20
Durchführung von Gewindeauszugsversuchen	21
Ermittlung von Zug-, Druck- und Biegeeigenschaften mit Hilfe des Eplexors	22
Bestimmung des Druckverformungsrestes nach konstanter Verformung	23



Thermische Prüfungen	26-38
Dynamische Differenzkalometrie DSC	26
Thermomechanische Analyse TMA	27
Thermogravimetrische Analyse TGA	28-29
Dynamisch-mechanische Analyse DMA	30-31
Ermittlung der Wärmeformbeständigkeit	32
Ermittlung der maximalen Lagerfestsittemperatur bei eingepressten Buchsen	33
Temperaturmessungen mit Hilfe der Wärmebildkamera	34
Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit	35
Ermittlung des Sauerstoffindex	36
Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR)	37
Rheologische Messungen	38



Tribologische Prüfungen	40-50
Ermittlung von Reibwerten; trocken, wasser- und ölgeschmiert bei verschiedenen Temperaturen	40
Ermittlung des Verschleißes bei translatorischer Gleitbewegung	41
Bestimmung des Abriebwiderstandes mit Hilfe des Taber-Abriebprüfgeräts („Taber Abraser“)	42
Bestimmung des Abrasionsverschleißes im Sand Slurry Verfahren	43
Ermittlung der Reibwerte und des Verschleißes mit Hilfe des „Pin on Disk Wear & Friction Monitor“	44
Ermittlung der Reibwerte und des Verschleißes mit Hilfe des SRV	46-47
Durchführung von Gleitlagerversuchen (Ermittlung von pv-Grenzwerten)	48-49
Durchführung von Lebensdauerversuchen (Verschleiß in Abhängigkeit des Gleitpartners)	50
Durchführung von Bewegungsmutterversuchen (Ermittlung der maximalen Axialkraft)	51

Elektrische Prüfungen	54-55
------------------------------	--------------

Ermittlung des elektrischen Oberflächenwiderstands	54
Ermittlung der elektrischen Durchschlagsfestigkeit	55



Sonstige Prüfungen	58-66
---------------------------	--------------

Farbmetrische Bestimmung von Farbmaßzahlen und Farbabständen im CIE L*a*b*-Farbraum	58
Ermittlung der spezifischen Dichte	59

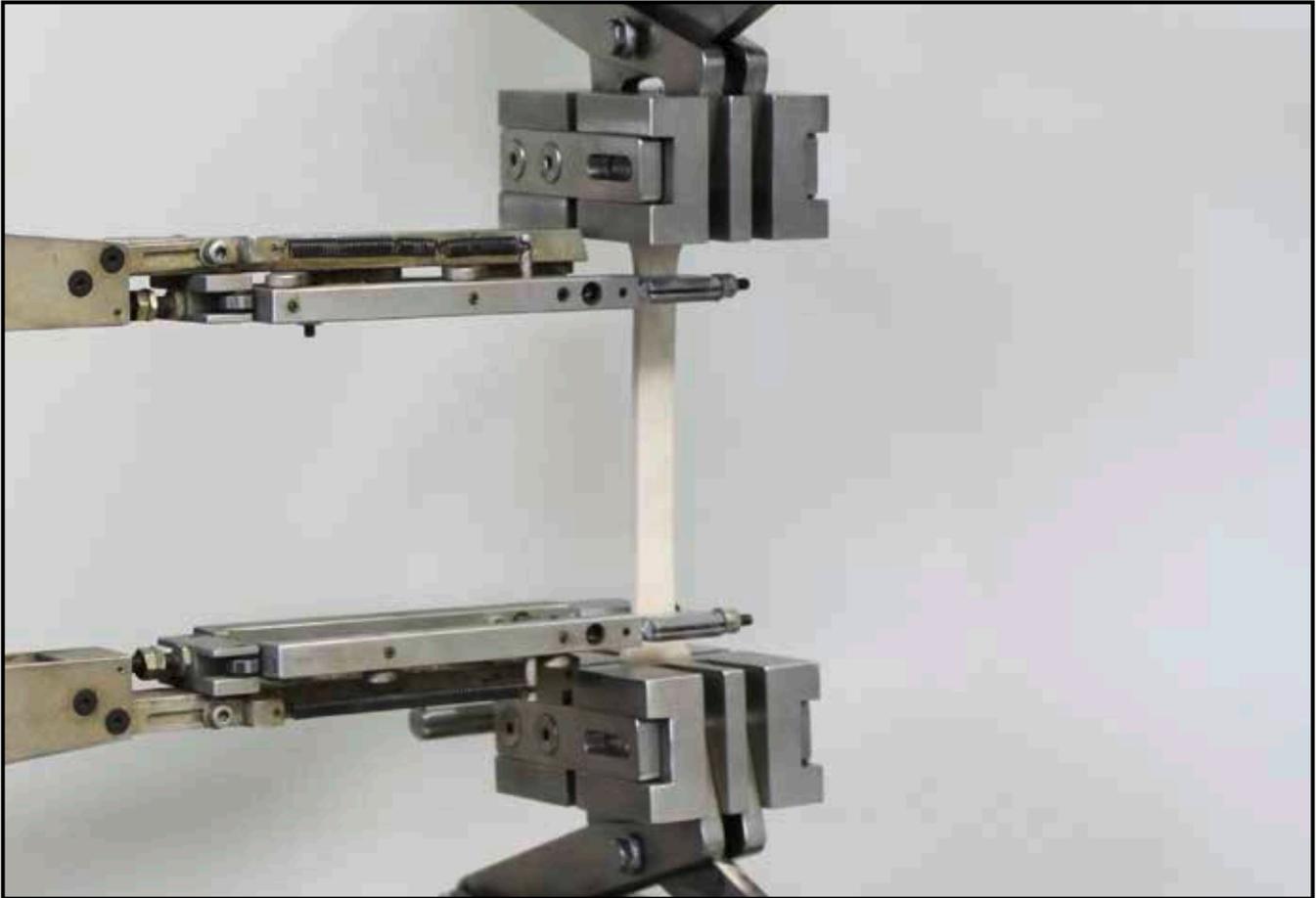


FT-IR Spektroskopie	60
Ermittlung der Restfeuchte	61
Ermittlung der Wasseraufnahme	62
Ultraschallprüfung	63
Ermittlung der Oberflächenbeschaffenheit mit Hilfe des Perthometers	64-65
Prüfung der Benetzbarkeit (Ermittlung der Oberflächenspannung mit Hilfe der Prüftintenmethode) ...	66

Kundenspezifische Prüfungen **68-70**

Werkstoffanalyse	68
Schadensanalyse	69
Bauteilversuche	70

Probenverzeichnis **72-73**



Mechanische Prüfungen

6-23

Bestimmung der Zugeigenschaften	6-7
Bestimmung der Druckeigenschaften	8-9
Bestimmung der Biegeeigenschaften	10-11
Bestimmung des Kriechverhaltens im Zeitstand-Zug- bzw. -Biegeversuch	12-13
Bestimmung der Härte im Kugeleindruckversuch.....	14
Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte A / D)	15
Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften (ungekerbt / gekerbt)	16-17
Prüfung der Widerstandsfähigkeit bei schlagartiger Verformung (Kugelfallprüfung)	18-19
Ermittlung der Scher- und Schälfestigkeit an geklebten Proben.....	20
Durchführung von Gewindeauszugsversuchen	21
Ermittlung von Zug-, Druck- und Biegeeigenschaften mit Hilfe des Eplexors	22
Bestimmung des Druckverformungsrestes nach konstanter Verformung	23



Bestimmung der Zugeigenschaften

Norm: DIN EN ISO 527-1

Vergleichbare Norm: DIN 53455

Ziel

Der Zugversuch ist ein genormtes Prüfverfahren und dient zur Beschreibung der Festigkeit und Verformung eines Werkstoffs bei kurzzeitiger Zugbeanspruchung.

Verfahren

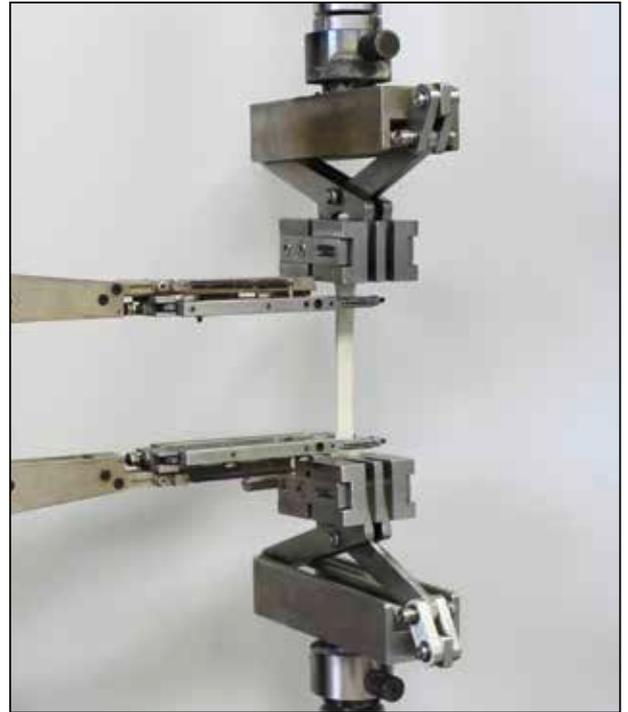
Der Versuch wird auf einer Universalprüfmaschine gemäß ISO 5893 durchgeführt.

Prüfparameter

- > Verfahrenweg (bis 1000 mm)
- > Kraft (bis 10 kN)
- > Temperatur (-100°C bis 250°C)
- > Geschwindigkeiten
 - E-Modul Ermittlung: 1 mm/min
 - Zugfestigkeitsermittlung: 5 mm/min

Probekörper

Gemäß DIN EN ISO 3167. Typ 1A.
Es werden 5 Probekörper pro Versuch benötigt.



Versuchsaufbau



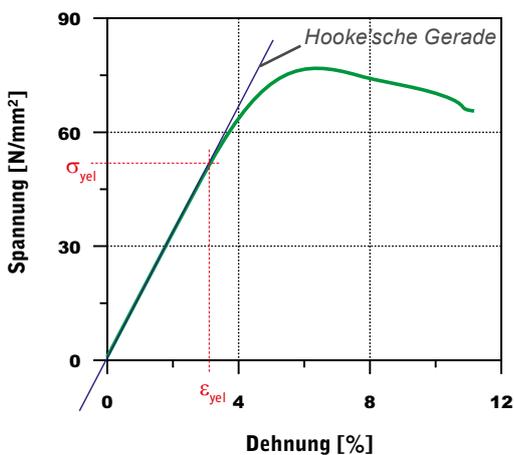
Zugstäbe

Kennwertangabe

σ_y	Streckgrenze [MPa]
σ_m	Zugfestigkeit [MPa]. Sie errechnet sich aus der im Versuch gemessenen maximalen Zugkraft, bezogen auf die Querschnittsfläche des Probekörpers
σ_b	Bruchspannung [MPa]
σ_x	Spannung bei x% Dehnung [MPa]
ε_y	Streckdehnung [%] (Dehnung bei Erreichen der Streckgrenze)
ε_m	Dehnung bei Zugfestigkeit [%]
ε_b	Bruchdehnung [%]
ε_x	vorgegebene Dehnung z.B. 3 % -> $\varepsilon_{3\%}$
E	E-Modul (Zugmodul) [MPa], ermittelt an der Steigung der Hooke'schen Geraden bei Dehnungen zwischen 0,05- 0,25%.

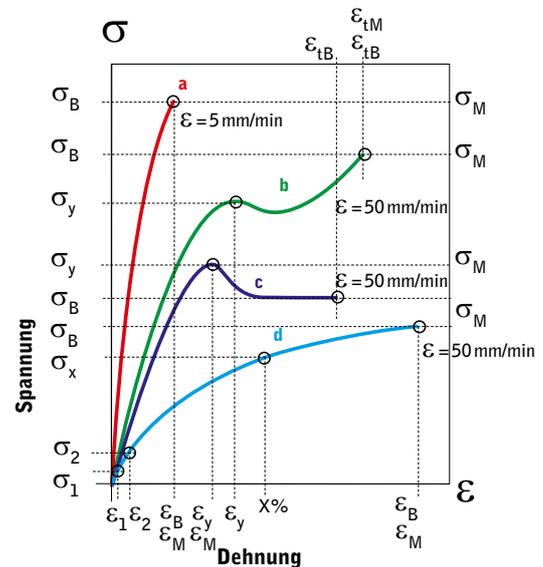
Zusätzlich gibt die Wolf-Kunststoff-Gleitlager GmbH noch folgende Werte an:

σ_{yel}	Elastizitätsgrenze [MPa] Bis zu dieser Spannung findet nur eine rein elastische Verformung statt.
ε_{yel}	Elastische Dehngrenze [%] Dehnung, die bei Entlastung der Probekörpers fast vollständig wieder verschwindet.



Elastizitätsgrenze

- Kurve a) Sprödes Material
- Kurve b)+ c) Zähes Material, mit Streckgrenze
- Kurve d) Zähes Material, ohne Streckgrenze



Spannungs-Dehnungs-Diagramm

Auswertung

Die Darstellung erfolgt in einem Spannungs-Dehnungs-Diagramm. Folgende Messgrößen werden aufgezeichnet:

- F Prüfkraft [N]
- ΔL Längenänderung des Prüfkörpers [mm]

Die Zugspannung ergibt sich aus

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ [MPa]}$$

mit Probenquerschnittsfläche A.

Die Dehnung ε wird folgendermaßen berechnet:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L - L_0}{L_0} \text{ [%]}$$

mit Ursprungslänge L_0 . L_0 ist dabei die Länge des engen parallelen Mittelteils des Prüfkörpers.



Bestimmung der Druckeigenschaften

Norm: DIN EN ISO 604

Vergleichbare Norm: DIN 53454

Ziel

Der Druckversuch ist ein genormtes Prüfverfahren und dient zur Beschreibung der Festigkeit und Verformung eines Werkstoffs bei kurzzeitiger Druckbeanspruchung.

Verfahren

Der Versuch wird auf einer Universalprüfmaschine (ISO 5893) durchgeführt.

Prüfparameter

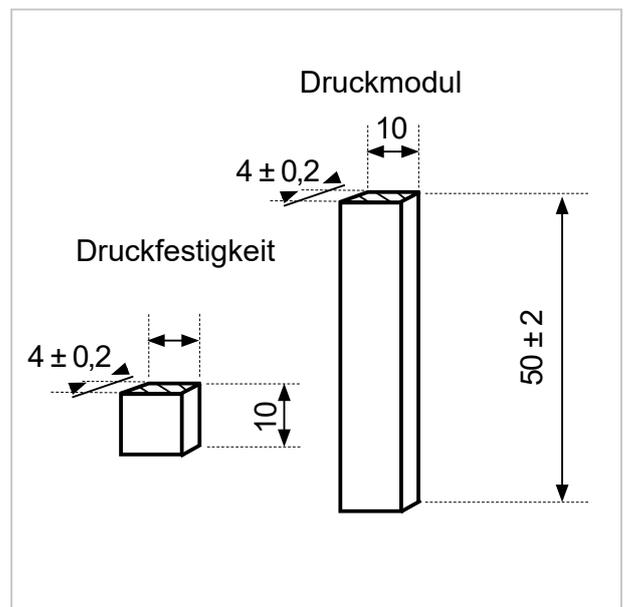
- > Verfahrenweg (bis 1000 mm)
- > Kraft (bis 10 kN)
- > Temperatur (-100°C bis 250°C)
- > Geschwindigkeiten
- > E-Modul Ermittlung: 1 mm/min
- > Druckfestigkeitsermittlung: 5 mm/min

Probekörper

Hergestellt aus dem mittleren Teil von Zugstäben gemäß DIN EN ISO 3167 (siehe Abb. rechts). Es werden 5 Probekörper pro Versuch benötigt.



Versuchsaufbau



Probekörper

Kennwertangabe

σ_{cy}	Druckfließspannung [MPa]
σ_{cm}	Druckfestigkeit, maximale Druckspannung [MPa]
σ_{mb}	Druckspannung bei Bruch [MPa]
σ_{cx}	Druckspannung bei x % Stauchung [MPa]
ε_{cy}	nominelle Fließstauchung [%]
ε_{cm}	nominelle Stauchung bei Druckfestigkeit [%]
ε_{cb}	nominelle Stauchung bei Bruch [%]
ε_x	vorgegebene Stauchung bei x%
E_c	Druckmodul [MPa], ermittelt an der Steigung der Hooke'schen Geraden bei Dehnungen zwischen 0,0005- 0,0025%.

Zusätzlich gibt die Wolf Kunststoff-Gleitlager GmbH noch folgende Werte an:

σ_{yel}	Elastizitätsgrenze [MPa]. Bis zu dieser Spannung findet nur eine rein elastische Verformung statt.
ε_{yel}	Elastische Stauchungsgrenze: Stauchung, die bei Entlastung des Probekörpers fast vollständig wieder verschwindet.

Auswertung

Die Darstellung erfolgt in einem Spannungs-Stauchungs-Diagramm. Folgende Messgrößen werden aufgezeichnet:

F	Prüfkraft [N]
ΔL	Längenänderung des Probekörpers [mm]

Die Druckspannung ergibt sich aus

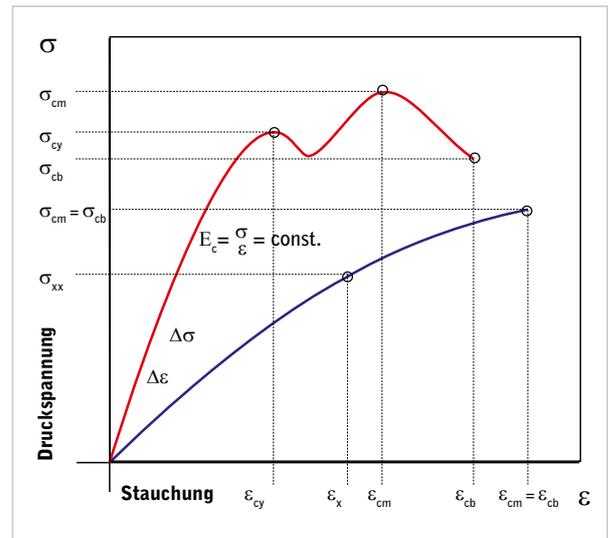
$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ [MPa]}$$

mit Probenquerschnittsfläche A

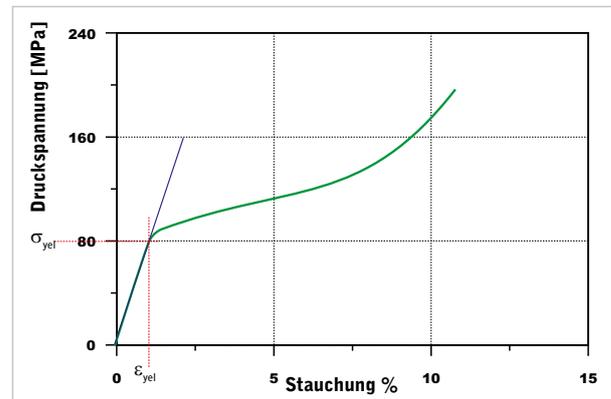
Die Stauchung ε wird folgendermaßen berechnet:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L - L_0}{L_0} \text{ [%]}$$

mit Ursprungslänge L_0 .



Druckspannung - Stauchung



Elastische Stauchungsgrenze



Bestimmung der Biegeeigenschaften

Norm: DIN EN ISO 178

Ziel

Der 3-Punkt-Biegeversuch ist ein genormtes Prüfverfahren und dient zur Beschreibung der Festigkeit und Verformung eines Werkstoffs bei kurzzeitiger Biegebeanspruchung.

Verfahren

Versuch wird auf einer Universalprüfmaschine (ISO 5893) durchgeführt.

Prüfparameter

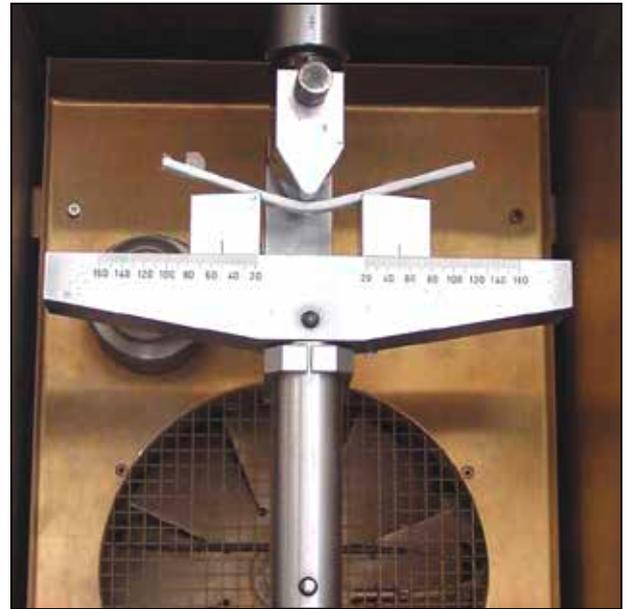
- > Verfahrensweg (bis 1000 mm)
- > Kraft (bis 10 kN)
- > Temperatur (-100°C bis 250°C)
- > Geschwindigkeit (0,6 mm/min bis 600 mm / min)

Probekörper

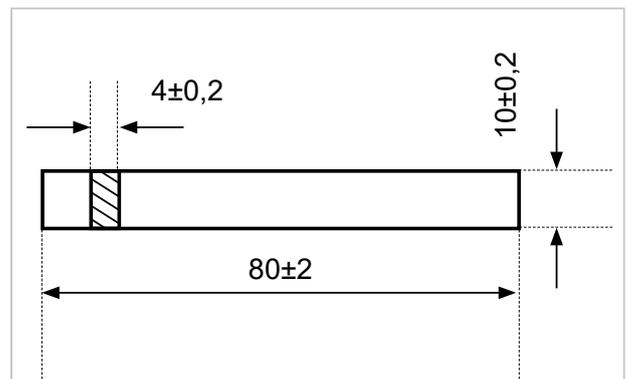
Hergestellt aus Vielzweckprobekörper gemäß DIN EN ISO 3167 (Zugstab).
Es werden 5 Probekörper pro Versuch benötigt.

Kennwertangabe

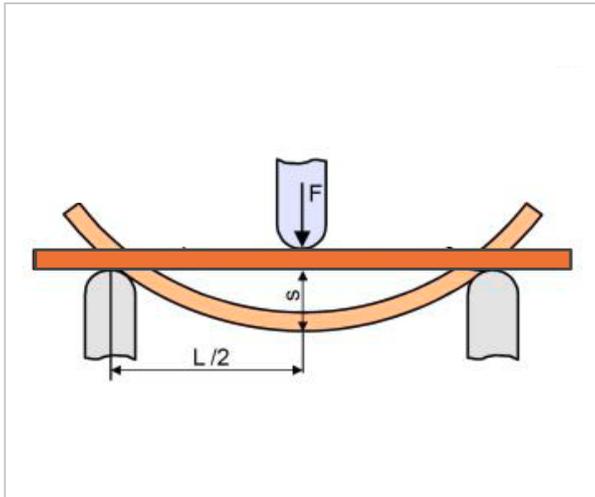
- $\sigma_{f,3,5\%}$ Biegespannung bei 3,5 % Randfaserdehnung [MPa]
- $\sigma_{f,m}$ Biegefestigkeit [MPa]
- σ_b Biegespannung bei Bruch [MPa]
- $\varepsilon_{f,m}$ Biegedehnung bei Biegefestigkeit [%]
- $\varepsilon_{f,b}$ Biegedehnung bei Bruch [%]
- E_t Biege E-Modul [MPa], ermittelt an der Steigung der Hooke'schen Geraden bei Dehnungen zwischen 0,0005- 0,0025%.



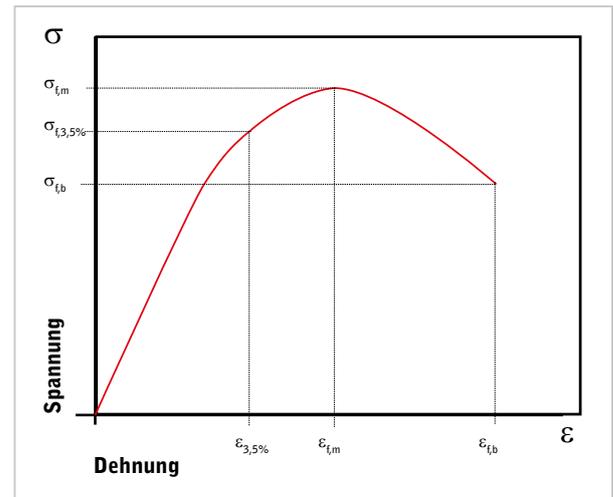
Versuchsaufbau



Probekörper



Schematische Darstellung



Biegespannung-Randfaserdehnungs-Diagramm

Auswertung

Die Biegespannung wird mit folgender Formel berechnet:

$$\sigma_B = \frac{M_B}{W_B} = \frac{F * L * 1/4}{b * h^2 * 1/6} = \frac{3 * F * L}{2 * b * h^2}$$

Der Biege E-Modul E_t wird mit den Durchbiegungen s_1 und s_2 entsprechend der Randfaserdehnungen von $\varepsilon_1=0,0005\%$ und $\varepsilon_2=0,0025\%$ mit folgender Formel berechnet:

$$E_t = \frac{\sigma_{B1} - \sigma_{B2}}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \quad \text{wobei} \quad \varepsilon_{1/2} = \frac{600 * s_{1/2} * h}{L^2}$$

- F Kraft [N]
- L Stützweite [mm]
- h Probendicke [mm]
- b Probenbreite [mm]
- s Durchbiegung [mm]



Bestimmung des Kriechverhaltens im Zeitstand-Zug- bzw. -Biegeversuch

Normen: DIN EN ISO 899-1
DIN EN ISO 899-2

Vergleichbare Norm: DIN 50118

Ziel

Bei diesem Versuch werden die mechanischen Eigenschaften von Kunststoffen unter langzeitiger kontinuierlicher Belastung ermittelt (Kriechverhalten).

Verfahren

Die Versuche werden gemäß DIN EN ISO 899-1 (Zeitstandszugversuch) bzw. DIN EN ISO 899-2 (Zeitstandsbiegeversuch) auf einer Universalprüfmaschine (ISO 5893) durchgeführt.

Prüfparameter

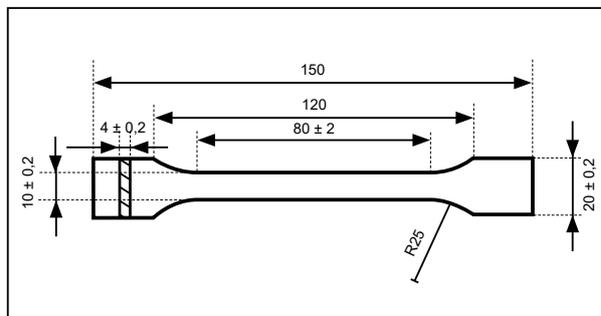
- > Verfahrenweg (bis 1000 mm)
- > Kraft (bis 10 kN)
- > Temperatur (-100°C bis 250°C)
- > Geschwindigkeit (0,6 mm / min bis 600 mm / min)
- > Versuchsdauer
(üblich 100h, in Ausnahmen 1000h)

Probekörper

Die Probekörper entsprechen denen gemäß DIN EN ISO 3167 (Vielzweckprobekörper) Typ 1A.

Kennwertangabe

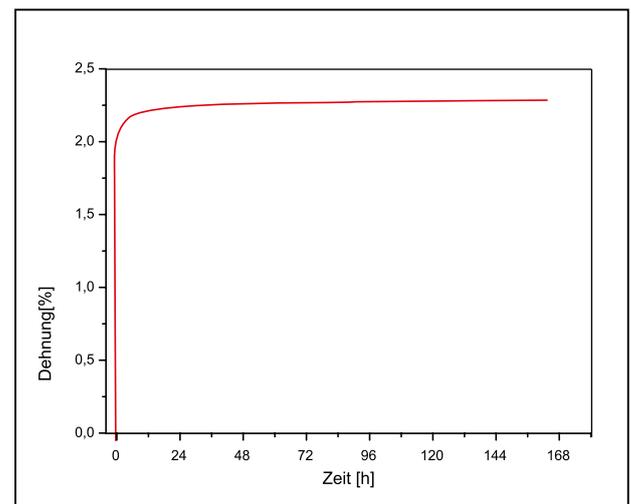
Als Kenngröße dienen, die aus dem Versuch ermittelten isochronen Spannungs-Dehnungs-Diagramme (Kriechkurven).



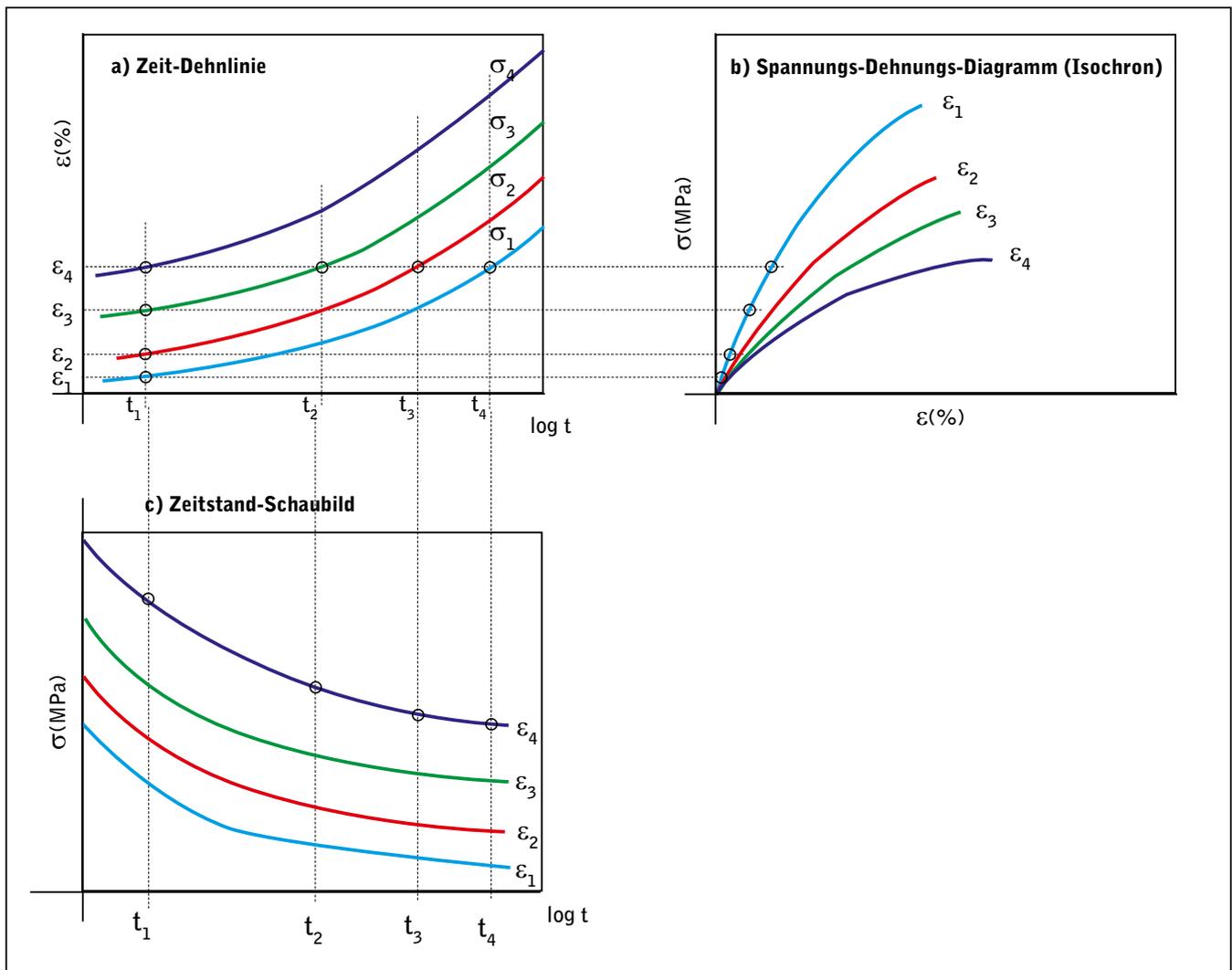
Probekörper Typ 1A



Versuchsaufbau (hier: Zeitstandszugversuch)



Dehnung bei konstanter Belastung



Deformation und Spannung bei verschiedenen Belastungszeiten

Auswertung

Aus den Messwerten werden Zeit-Dehnlinien erstellt. Diese können in isochrone Spannungs-Dehnungs-Diagramme (Kriechkurve), oder in Zeitstandsschaubilder überführt werden. Anhand der isochronen Spannungs-Dehnungs-Diagramme kann man die entstehende Deformation und dazugehörige Spannung bei verschiedenen Belastungszeiten ablesen. Des Weiteren ist eine Extrapolation der Ergebnisse um eine Dekade möglich, um Vorhersagen über das Materialverhalten zu machen.



Bestimmung der Härte im Kugeldruckversuch

Norm: DIN EN ISO 2039

Ziel

In diesem Versuch wird die Kugeldruckhärte ermittelt. Die Kugeldruckhärte ist der Widerstand, der ein Werkstoff einem kugelförmigen eindringenden Körper entgegensetzt.

Verfahren

Es wird eine gehärtete Stahlkugel in den Probekörper eingedrückt und die Eindringtiefe gemessen.

Prüfparameter

Die Prüfkraft kann je nach Werkstoff zwischen 4 Kraftstufen variiert werden (49N / 132N / 358N/ 961N). Die Kraftstufe ist so zu wählen, dass die abgelesene Eindringtiefe der Messung zwischen 0,15 mm und 0,35 mm beträgt.

Probekörper

Nicht näher festgelegt, jedoch mindestens 4 mm dick. Der Berührungspunkt muss mindestens 3 mm vom Rand entfernt sein.

Kennwertangabe

$$\frac{H_{358}}{\text{Prüfkraft}} / \frac{30}{\text{Belastungszeit}} = \frac{125 \text{ N/mm}^2}{\text{berechnete Kugeldruckhärte}}$$

Auswertung

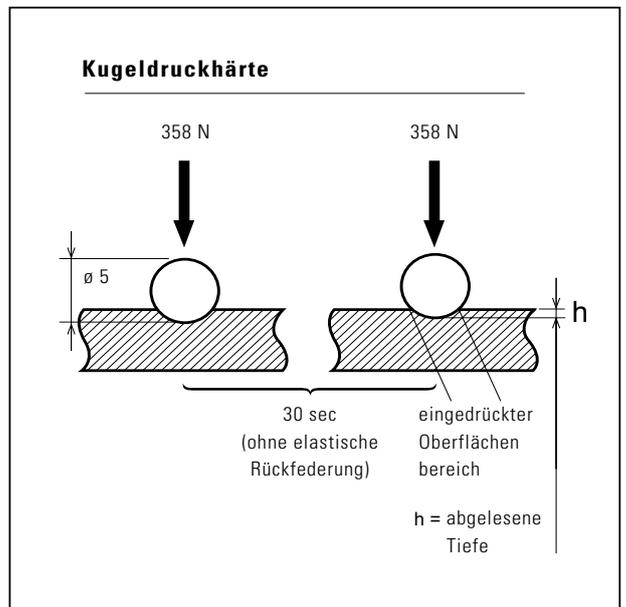
Die Auswertung erfolgt gemäß DIN EN ISO 2039. Dabei wird die Eindringtiefe der Kugel an einer Skala abgelesen. Die Kugeldruckhärte H wird Anhand einer Tabelle (DIN EN ISO 2039-1 Anhang A) ermittelt oder nach folgender Formel berechnet:

$$H = \frac{1}{5\pi} \cdot \frac{F_m}{h_r} \cdot \frac{0,21}{(h - h_r) + 0,21}$$

- H Kugeldruckhärte [N/mm²]
- F_M Prüfkraft [N]
- h_r reduzierte Eindringtiefe (= 0,25 mm)
- h Eindringtiefe [mm]



Versuchsaufbau



Prinzip

Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte A / D)

Norm: DIN EN ISO 868

Vergleichbare Norm: DIN 53505

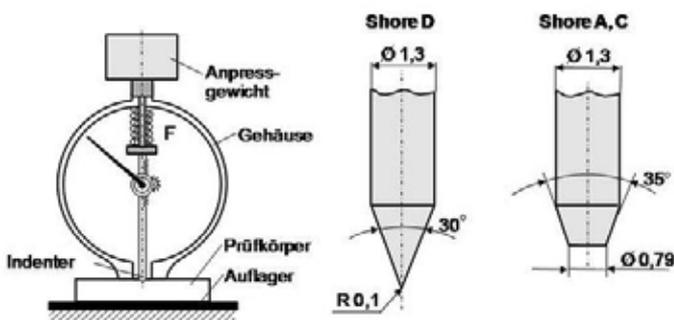
Ziel

In diesem Versuch wird die Shore-Härte von Kunststoffen ermittelt. Sie ist eine Kenngröße zur Ermittlung der Werkstoffhärte und wird hauptsächlich bei Elastomeren und gummielastischen Kunststoffen eingesetzt.

Verfahren

Die Shorehärte wird durch Eindrücken eines Kegelstumpfes (Shore A) bzw. eines Kegelstumpfes mit Kugelkappe (Shore D) über die Eindringtiefe mit einem Shore-Härte-Messgerät ermittelt.

Die Kegelstumpfe sind mit einer Feder vorgespannt und üben eine Kraft von 12,5 +/- 0,5N (Shore A) bzw. 50 +/- 0,5N (Shore D) auf den Probekörper aus. Eine Eindringtiefe von 2,5mm entspricht dabei dem Wert Shore 0, eine Eindringtiefe von 0mm einem Wert von Shore 100. Die Messung wird bei Raumtempertur (23°C +/- 2°C) durchgeführt.



Probekörper

6 mm (Shore A) bzw. 3 mm (Shore D) dick. Der Abstand von jeder Körperkante muss 12 mm betragen und die Oberfläche muss glatt und parallel sein.

Kennwertangabe

(Beispiel)

75
abgelesener Wert

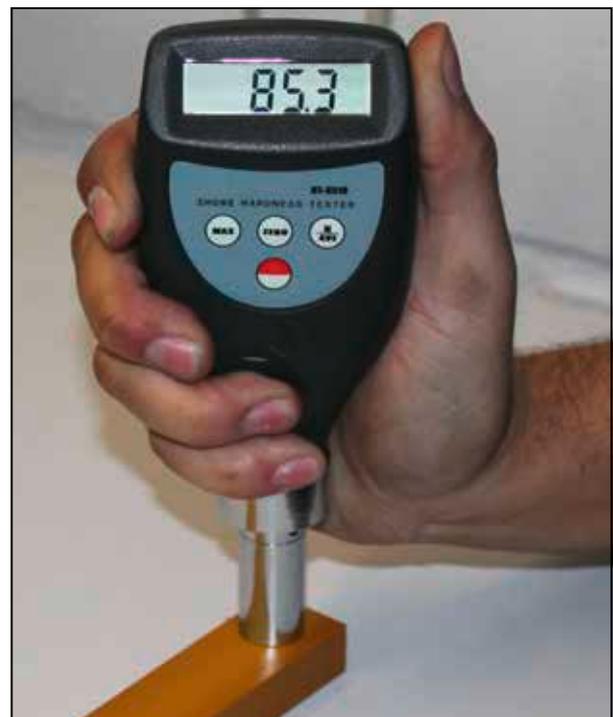
ShoreA
Verfahren

Auswertung

3s nach Kontakt der Messspitze mit dem Probekörper wird der Shore-Härte Wert von der Anzeige abgelesen. Das Maß für die Shore-Härte ist wie folgt definiert:

$$\text{Shore Härte (A/B)} = 100 - \frac{\text{Eindringtiefe [mm]}}{0,025}$$

Aus der Shore-Härte kann die Kugeldruckhärte nicht errechnet werden!



Shore-Härte-Messgerät



Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften (ungekerbt / gekerbt)

Norm: DIN EN ISO 179

Ziel

Dieser Versuch dient zur Ermittlung der Schlagzähigkeit. Darunter versteht man die Fähigkeit eines Werkstoffs, Stoßenergie zu absorbieren, ohne zu Bruch zu kommen. Die Kerbschlagzähigkeit berücksichtigt zudem die Kerbempfindlichkeit des Werkstoffs.

Verfahren

Die Probe wird mittig auf einem Widerlager positioniert und von einer Schlagfinne zerschlagen. Innerhalb der DIN EN ISO 179 wird dabei noch zwischen den in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Unterverfahren unterschieden.

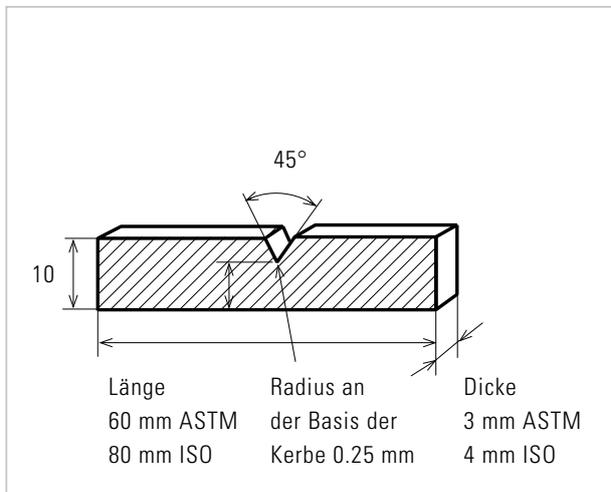
- > Temperatur (-196°C bis 300°C)
- > Schlagfinnen mit 0,5J, 1J, 2J, 4J maximaler Schlagarbeit.

Probekörper

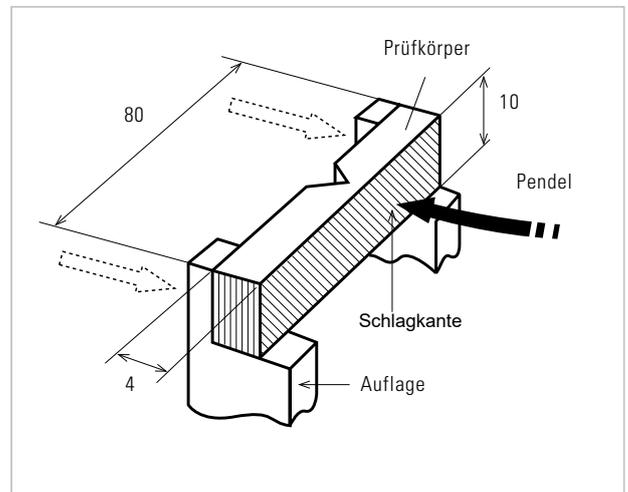
Der Probekörper besteht aus dem mittleren Teil des Vielzweckprobekörpers nach DIN EN ISO 3167 (Zugstab) und kann sowohl gekerbt (Kerbtart C, Kerbschlagbiegeversuch) als auch ungekerbt geprüft werden.

Prüfverfahren	Schlagrichtung	Kerbtart	Kerbungs-rundungsradius	Restbreite im Kerbgrund
ISO 179-1/1eA	schmaleitig	A	0,25 ± 0,05	8,0 ± 0,2
ISO 179-1/1eB		B	1,00 ± 0,05	8,0 ± 0,2
ISO 179-1/1eC		C	0,10 ± 0,02	8,0 ± 0,2
ISO 179-1/1eU		ungekerbt		
ISO 179-1/1fU	breiteitig	ungekerbt		

Prüfparameter



Probekörper



Versuchsaufbau

Kennwertangabe

A_{cU} Charpy Schlagzähigkeit [kJ/m²]

E_c Schlagarbeit [J]

h Höhe der Probe [mm]

b Breite der Probe [mm]

$$A_{cU} = \frac{E_c * 1000}{h * b}$$

A_{cN} Charpy Kerb-Schlagzähigkeit [kJ/m²]

E_c Schlagarbeit [J]

h Höhe der Probe [mm]

b_N Breite der Probe im Kerbgrund [mm]

$$A_{cN} = \frac{E_c * 1000}{h * b_N}$$



Schlagzähigkeitsprüfgerät

Auswertung

Es wird die Schlagarbeit E_c von der Skala des Messgerätes abgelesen und auf den Probenquerschnitt bezogen. Das Ergebnis ist die Schlagzähigkeit. Bei gekerbten Proben wird die Breite am Kerbgrund zu Grunde gelegt.



Prüfung der Widerstandsfähigkeit bei schlagartiger Verformung (Kugelfallprüfung)

Normen: In Anlehnung an EN ISO 6272-2:2011 und ASTM D 2794

Ziel

Mit der Kugelfallprüfung wird der Widerstand einer Beschichtung gegen Rissbildung oder Ablösen von einem Beschichtungsträger untersucht, wenn die Beschichtung unter Normbedingungen durch einen fallenden Körper verformt wird.

Verfahren

Es wird ein Fallgewicht mit einer Kugel mit 8 mm Durchmesser als Eindringkörper stufenweise aus bis zu 1 m Höhe auf den Probekörper fallen gelassen. Anschließend wird die Eindruckstelle auf Risse oder Ablösungen untersucht. Wenn keine Risse oder Ablösungen zu erkennen sind, wird dieser Vorgang jeweils bei 25 mm höherer Fallhöhe wiederholt. Falls Risse vorhanden sind, wird das Fallgewicht fünfmal aus der Höhe, bei der zuerst Risse oder Ablösen vom Substrat auftreten fallengelassen. Dann fünfmal mal 25 mm niedriger als aus dieser Höhe. Wenn kein Endpunkt ermittelt werden kann, werden die Prüfungen wiederholt, wobei alle Fallhöhen um 25 mm höher oder 25 mm niedriger

gewählt, um sicherzustellen, dass der Endpunkt der Prüfung im Bereich der untersuchten Fallhöhen liegt. Die Kugelfall-Prüfung kann auf der beschichteten Seite oder auf der Rückseite des Probekörpers ausgeführt werden, je nachdem, ob Ausbeulen oder Einbeulen simuliert werden soll.

Prüfparameter

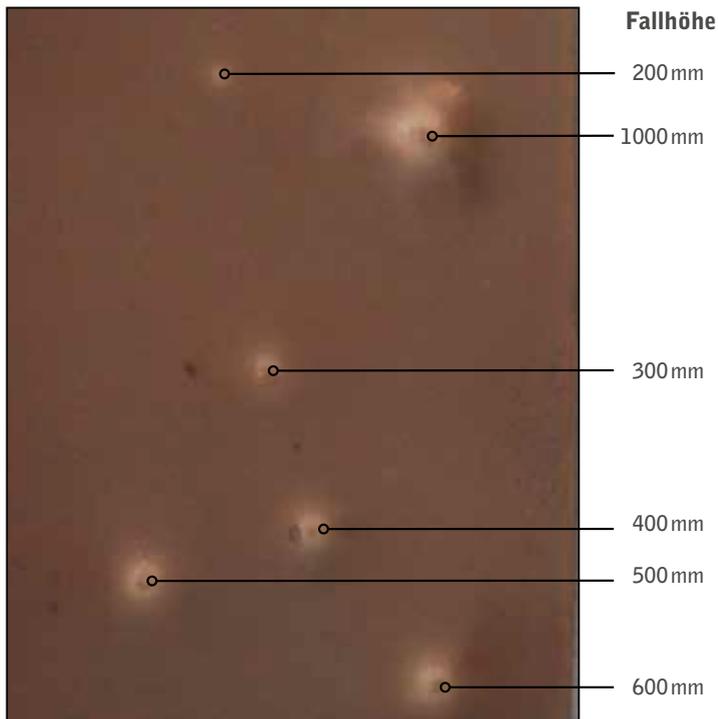
- > Gewicht: 1000 g +/- 1 g
- > Fallkörper-Ø 8 mm
- > Fallhöhe max: 1000 mm

Probekörper

Das Substrat muss aus Metall sein und den Anforderungen in ISO 1514 entsprechen. Die Probenplatten müssen eben, frei von Verformungen und mindestens 0,25 mm dick sein. Sie müssen so groß sein, dass an fünf mindestens 40 mm voneinander und mindestens 20 mm vom Plattenrand entfernten Stellen geprüft werden kann. Die Dicke muss auf 0,01 mm genau gemessen werden.



Prüfvorrichtung



Auswertung
 Für jede Fallhöhe wird tabellarisch erfasst, wie oft die Beschichtung bestanden oder nicht bestanden hat. Das Prüfergebnis ist die Höhe, bei der sich die Ergebnisse von vorwiegend bestanden in vorwiegend nicht bestanden ändern.

Beispiel
 Edelstahl 1.4301, beschichtet mit ZX-324V2HTCoat,
 80 x 54 x 1 mm



Ermittlung der Scher- und Schälfestigkeit an geklebten Proben

Norm: Zug-Scherversuch PVLAB02-1
Werksnorm

Schälversuch PVLAB02-2
Werksnorm

Ziel

Der Scher- bzw. Schälversuch dient dazu, einen relativen Vergleich von Klebstoffen zu erlangen, der die Belastbarkeit des Klebstoffes in Abhängigkeit von den Klebpartnern, der Oberflächenbeschaffenheit und der Temperatur darstellt.

Verfahren

Die Versuche werden nach Werksnorm PVLAB02 auf einer Universalprüfmaschine (ISO 5893) durchgeführt. Die Verklebung erfolgt gemäß Klebeanleitung des Klebstoffherstellers.

Prüfparameter

- > Verfahrenweg (bis 1000 mm)
- > Kraft (bis 10 kN)
- > Temperatur (-100°C bis 250°C)
- > Geschwindigkeit (5 mm/min)
- > Klebefläche
- > Klebstoff

Probekörper

Es werden rechteckige Probekörper mit den Abmessungen 200 x 20 x 2 mm verwendet. Die Klebefläche beträgt 1000 mm² (Überlappung um 50 mm).

Kennwertangabe

- F_{max} Kraft [N] bei dem die Klebeverbindung versagt
- s_{max} Weg [mm] bei dem F_{max} erreicht wird
- Bruchart Adhäsionsbruch/Kohäsionsbruch

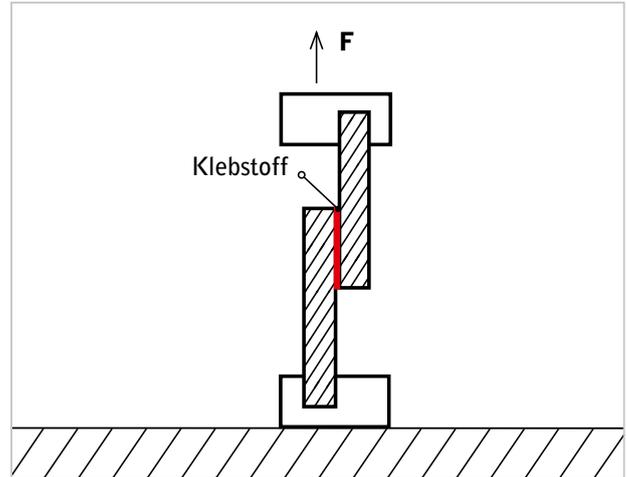
Die Bewertung der Bruchart ermöglicht eine Aussage darüber, ob der Klebstoff an sich versagt hat (Kohäsionsbruch), oder ob der Klebstoff an den Fügestellen versagte (Adhäsionsbruch).

Auswertung

Folgende Messwerte werden während des Versuchs aufgezeichnet:

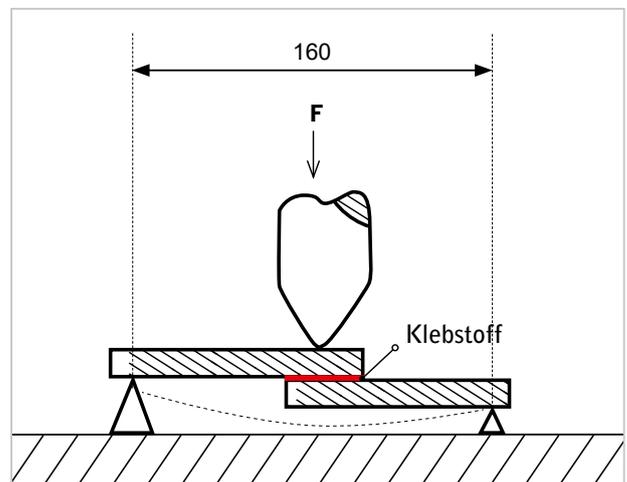
- F Prüfkraft [N]
- s Traversenweg [mm]

Es wird der Kraft-Weg-Verlauf bis zum Versagen der Klebeverbindung dargestellt.



Scherversuch

Die zusammengeklebten Proben werden bis zum Bruch der Klebeverbindung auf Scherung belastet.



Schälversuch

Die zusammengeklebten Proben werden bis zum Bruch der Klebeverbindung auf Schälung belastet.

Durchführung von Gewindeauszugsversuchen

Norm: Werksnorm PVLAB03

Ziel

Mit diesem Versuch soll die jeweils optimale Gewindegeometrie für Gewindeeinsätze in Kunststoffprobekörpern ermittelt werden.

Verfahren

Für diese Prüfung wird in einen zylindrischen Prüfkörper mittig ein Gewindeeinsatz befestigt. Der Prüfkörper wird dann in eine Universalprüfmaschine (ISO 5893) eingespannt und mittels einer Schraubverbindung mit der Zugeinrichtung verbunden. Der Probekörper mit dem Gewindeeinsatz wird so lange auf Zug belastet, bis das Gewinde versagt, oder die Kraftgrenze der Prüfmaschine (10 kN) erreicht worden ist.

Prüfparameter

- > Verfahrensweg (bis 1000 mm)
- > Kraft (bis 10 kN)
- > Temperatur (-100°C bis 250°C)
- > Geschwindigkeit (0,6 mm/min bis 600 mm/min)
- > Art und Größe des Gewindeeinsatzes

Probekörper

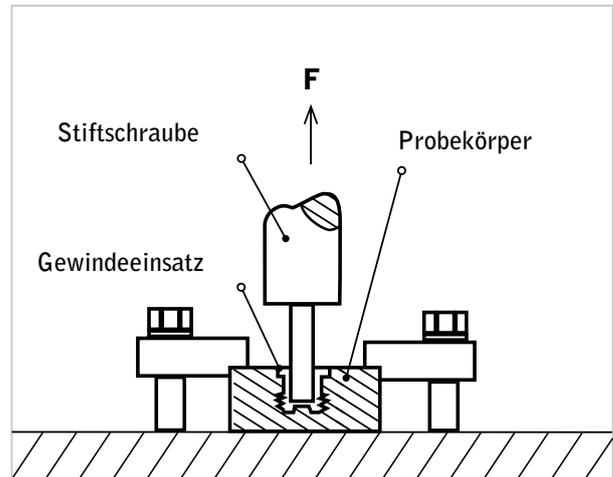
Als Probekörper werden Zylinder $\varnothing 35 \times 32$ mm verwendet.

Kennwertangabe:

- F_{max} maximale gemessene Kraft [N]
während des Versuchs
- s_{max} Traversenweg [mm] beim
Kraftmaximum

Versagensart:

Sprödbrech, Zähbruch, Herausreißen



Versuchsaufbau

Auswertung

Es wird anhand des Kraft-Weg-Diagramms die maximale Axialkraft und der Traversenweg ermittelt. Außerdem wird die Versagensart beurteilt.



Ermittlung von Zug-, Druck- und Biegeeigenschaften mit Hilfe des Eplexors

Normen:	Zugversuch	PVLAB16-1
	Druckversuch	PVLAB16-2
	DMA / 3-Punkt-Biegung	PVLAB16-3

Ziel

Mit Hilfe des Eplexors können die mechanischen (σ , ϵ und E) und dynamisch-mechanischen (E' , E'' und $\tan(\delta)$) Eigenschaften von Kunststoffen in Abhängigkeit von der Zeit, Frequenz und Temperatur ermittelt werden.

Verfahren

Für die Ermittlung der mechanischen Eigenschaften werden Proben mit einer quasistatischen Belastung beansprucht. Die Ermittlung der dynamisch-mechanischen Werte erfolgt, wie in einem herkömmlichen DMA Versuch, durch oszillierende dynamische Belastung.

Prüfparameter

- > Temperaturmessbereich von -150°C bis 500°C
- > Heiz- bzw. Kühlrate bis max. 10 K/min
- > Frequenz von 0,01 Hz bis 100 Hz
- > Messkraft bis 5000 N
- > Amplitude der Belastung bis 9 mm
- > Dynamische Dehnung: von $2\ \mu\text{m}$ bis $\pm 5\ \text{mm}$
- > Statische Dehnung: bis 50mm
- > Inerte Atmosphäre N_2 oder He möglich

Probekörper

- Druck: $L_{\text{max}}=20\ \text{mm}$; \emptyset bzw. Querschnitt: frei wählbar
- Zug: Prisma $L=25\ \text{mm}$; $B=4$; $H=4$
- Biegung: Prisma $L=60\ \text{mm}$; $B=10\ \text{mm}$; $H=4\ \text{mm}$

Kennwertangaben

- Statisch: Vereinfachte Zug- und 3-Punkt-Biegeversuche; Relaxation ($\sigma(t)T$, ϵ), Retardation ($\epsilon(t)T$, σ)
- Dynamisch: $E'(T,f)$ – Speichermodulfunktion und $E''(T,f)$ – Verlustmodulfunktion
 E^* – komplexer Elastizitätsmodul;
 $\tan(\delta)$ – Verlustfaktor bzw. Dämpfung;



Eplexor Gesamtansicht



Eplexor Detailansicht

Bestimmung des Druckverformungsrestes nach konstanter Verformung

Norm: DIN 53517

Ziel

In diesem Versuch wird untersucht, wieweit die elastischen Eigenschaften von Elastomeren nach lang anhaltender, konstanter Druckverformung bei vorgegebener Temperatur erhalten bleiben.

Verfahren

Die Prüfung wird mit einer Vorrichtung durchgeführt, die aus mindestens 2 ebenen, polierten Stahlplatten ($R_a \geq 4\mu\text{m}$) besteht, zwischen denen die Proben zusammengedrückt werden. Der Abstand der Druckplatten kann mit Hilfe von Abstandsstücken auf einen vorgegebenen Wert eingestellt werden. Vor Beginn des Versuches werden die Proben bei Raumtemperatur mit einem Dickenmessgerät ausgemessen. Die Proben werden zusammen mit den Abstandsstücken auf die untere Platte gelegt, die obere Druckplatte aufgesetzt und durch die Sechskantmuttern auf Dicke der Abstandsstücke gedrückt. Nach dem Versuch werden die Proben rasch entspannt und nach 30 min die Dicke gemessen. Bei höheren oder tieferen Temperaturen verweilt die Prüfvorrichtung mit den Proben bei der jeweiligen Temperatur in der Temperierkammer. Die Messungen finden bei Raumtemperatur statt.

Prüfparameter

- > Temperatur [°C]
- > Probendicke [mm]
- > Dicke der Abstandsstücke [mm]
- > Beanspruchungsdauer [h]

Kennwertangaben

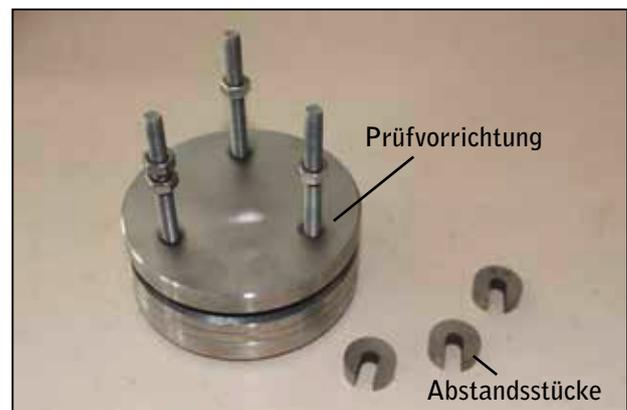
Druckverformungsrest DVR [%]

Probekörper

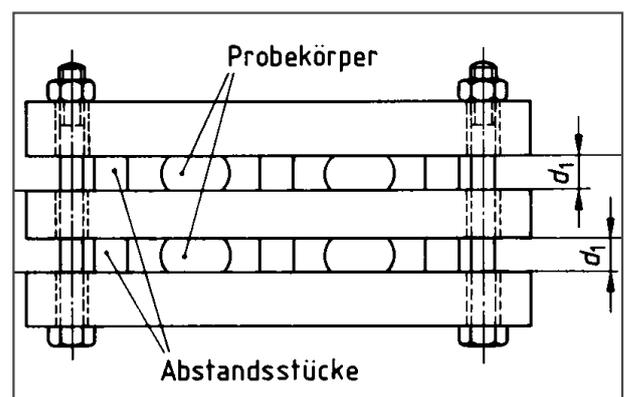
Entsprechend der Abstandsstücke werden Proben mit folgenden Dicken eingesetzt

Bei Untersuchung des Kristallisationsverhaltens sind für Probekörper 1 folgende Abstandsstücke zu verwenden (Verformung 25%)

Dicke des Probekörpers [mm]	Dicke des Abstandstücks +/- 0,01 [mm]
6,0 bis 6,19	4,57
6,2 bis 6,39	4,72
6,4 bis 6,60	4,87



Prüfvorrichtung



Versuchsaufbau

Härte Shore A Bezeichnung	Probekörper 1	Probekörper 2	Verformung [%] nicht lagernde Abmessungen
	Dicke des Abstandstücks +/- 0,01 [mm]		
bis 80	4,73	9,38	25
>80 bis 90	5,36	10,62	15
>90 bis 95	5,67	11,25	10

Auswertung

Der Druckverformungsrest [%] wird nach folgender Formel berechnet:

$$DVR = \frac{d_0 - d_2}{d_0 - d_1} \cdot 100$$

d_0 ursprüngliche Probendicke [mm]
 d_1 Probendicke verformt [mm]
 d_2 Probendicke entspannt [mm]





Thermische Prüfungen **26-38**

Dynamische Differenzkalometrie DSC	26
Thermomechanische Analyse TMA	27
Thermogravimetrische Analyse TGA.....	28-29
Dynamisch-mechanische Analyse DMA	30-31
Ermittlung der Wärmeformbeständigkeit	32
Ermittlung der max. Lagerfestsitztemperatur bei eingepressten Buchsen	33
Temperaturmessungen mit Hilfe der Wärmebildkamera	34
Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit	35
Ermittlung des Sauerstoffindex	36
Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR)	37
Rheologische Messungen	38



Dynamische Differenzkalometrie DSC

Norm: Werksnorm PVLAB04

Ziel

DSC ist eine Methode der thermischen Analyse, mit deren Hilfe Eigenschaften wie die Glasübergangstemperatur, Kristallitschmelztemperatur, Kristallinität und Oxidationsstabilität ermittelt werden. Weitere Möglichkeiten sind die Charakterisierung von Aushärtereaktionen und Messung der spezifischen Wärme.

Verfahren

Es werden 2 verschlossene Aluminium-Tiegel im Ofen des Analysegerätes mit einer bestimmten Aufheiz- bzw. Abkühlgeschwindigkeit erwärmt. Ein Tiegel enthält eine Probe, der andere Tiegel ist leer (Referenz). Aufgrund der Wärmekapazität der Probe und exothermen oder endothermen Prozessen und Phasenänderungen wie Schmelzen oder Verdampfen, entstehen Temperaturdifferenzen zwischen der Probe und der Referenz.

Prüfparameter

- > Start und Endtemperatur (20-600°C)
- > Aufheiz-/Abkühlgeschwindigkeit (übliche Werte: 5 K/min bis 40 K/min)
- > Inertgas (Art, Menge)

Probekörper

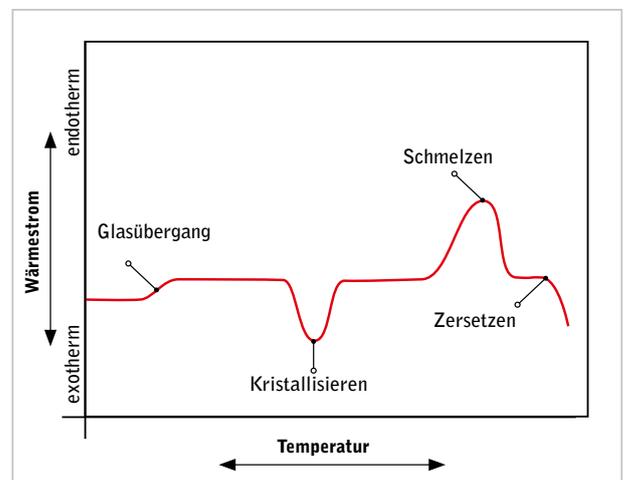
Der Probekörper wird durch Trennen mit einem scharfen Skalpell von einer Granulat-, Halbzeug- oder Bauteilprobe hergestellt und sollte ein Gewicht von 10-20 mg aufweisen.

Kennwertangabe

- T_k Kristallisationstemperatur [°C]
- T_g Glasübergangstemperatur [°C]
- T_m Schmelztemperatur [°C]
- ΔH Schmelzenthalpie [J/g]
- T_{zer} Zersetzungstemperatur [°C]



DSC Analysegerät



Wärmestrom-Temperatur-Verlauf

Auswertung

Aus dem Wärmestrom-Temperatur-Verlauf werden die Kennwerte ermittelt..

Thermomechanische Analyse TMA

Norm: Angelehnt an DIN 53752

Ziel

Mit Hilfe des TMA wird der mittlere thermische Längenausdehnungskoeffizient von Kunststoffen ermittelt.

Verfahren

Die Prüfung zur Bestimmung des Längenausdehnungskoeffizienten wird nicht wie in DIN 53752 beschrieben mit einem Dilatometer, sondern mittels der genaueren thermomechanischen Analyse durchgeführt.

Prüfparameter

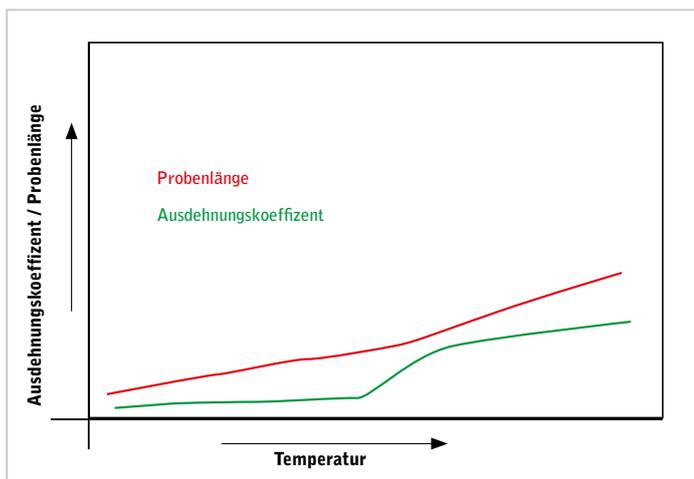
- > Temperatur (-170°C bis 1000°C)
- > Aufheiz-/Abkühlgeschwindigkeit (0,1 K/min bis 100 K/min)
- > Messkraft

Probekörper

Zylindrische Probekörper $\varnothing 6 \times 10$ mm.

Kennwertangabe

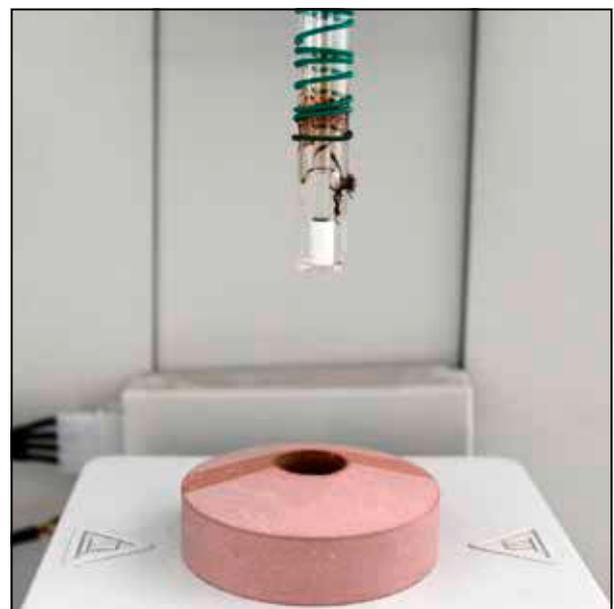
- α Längenausdehnungskoeffizient [$1/^\circ\text{K}$]
 T_g Glasübergangstemperatur [$^\circ\text{C}$]



Probekörperlänge in Abhängigkeit der Temperatur



TMA Analysegerät



TMA Analysegerät

Auswertung

Die Auswertung erfolgt anhand der Messdaten. Neben dem Längenausdehnungskoeffizienten ist auch die Bestimmung der Glasübergangstemperatur T_g aus dem Probekörperlänge-Temperatur-Diagramm mit diesem Verfahren möglich.



Thermogravimetrische Analyse TGA

Norm: Werksnorm PVLAB06

Ziel

Ziel dieser Prüfung ist die Ermittlung der Zersetzungstemperatur von Kunststoffen und Anteilen flüchtiger Substanzen oder von Füllstoffen.

Verfahren

Es wird ein Probeniegel, der an eine Waage gekoppelt ist, einem Temperaturprogramm unterzogen. In Abhängigkeit der Temperatur und der Zeit kommt es dann zu einem Masseverlust der Probe, aufgrund von Verdampfen, Zersetzungen oder chemischen Reaktionen.

Prüfparameter

- > Temperatur (20°C - 850°C)
- > Aufheizgeschwindigkeit
- > Inertgasspülung

Probekörper

Nicht näher festgelegt. Probengewicht 10-20 mg.

Kennwertangabe:

$m_{L1,2...}$ quantifizierte Werkstoffanteile
bzw. Füllstoffanteile [mg]

T_A, T_B Zersetzungsverhalten

T_C Anfangs, End- und Mittentemperatur
[°C]

t Zersetzungsgeschwindigkeit [min]

Auswertung

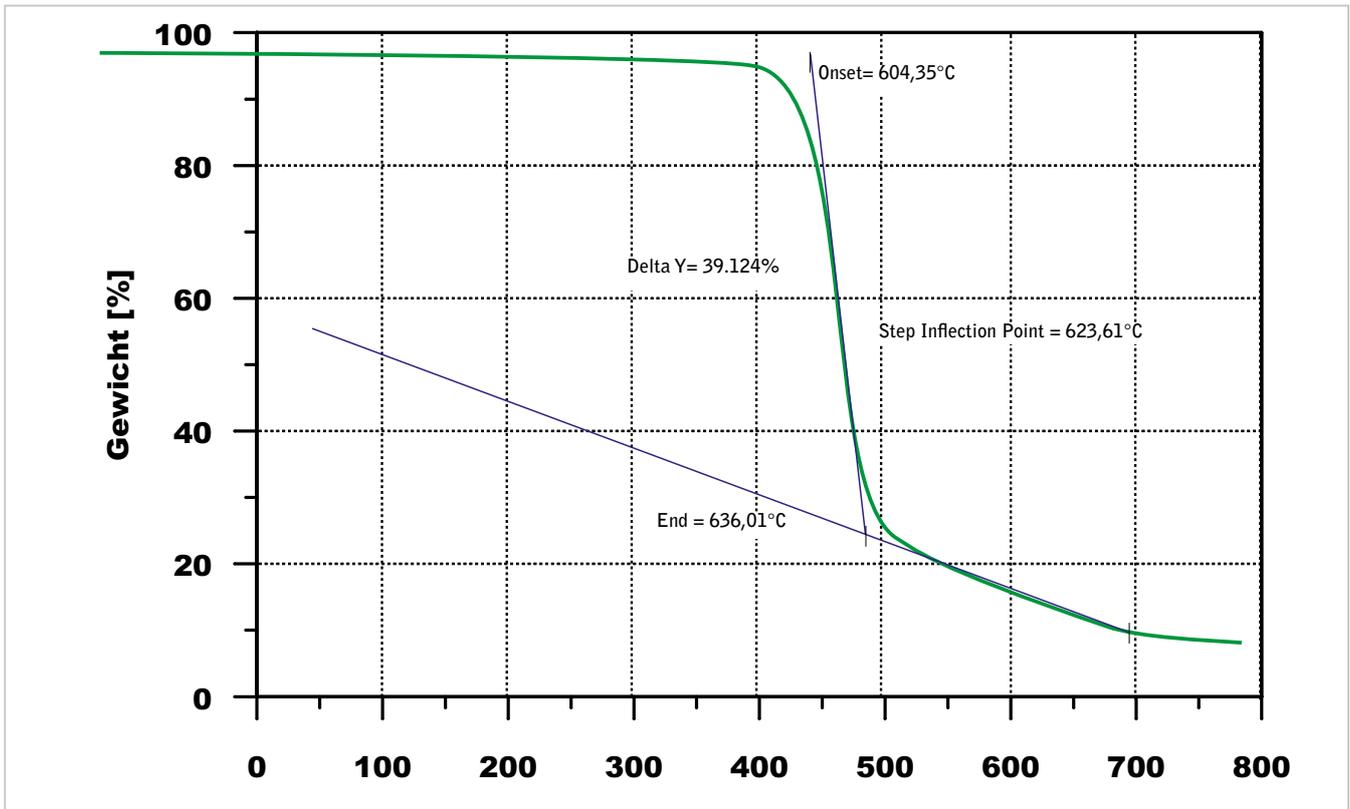
Anhand des Probengewicht-Temperatur-Verlaufs (siehe Abbildungen auf der folgenden Seite) werden die Kenngrößen ermittelt.



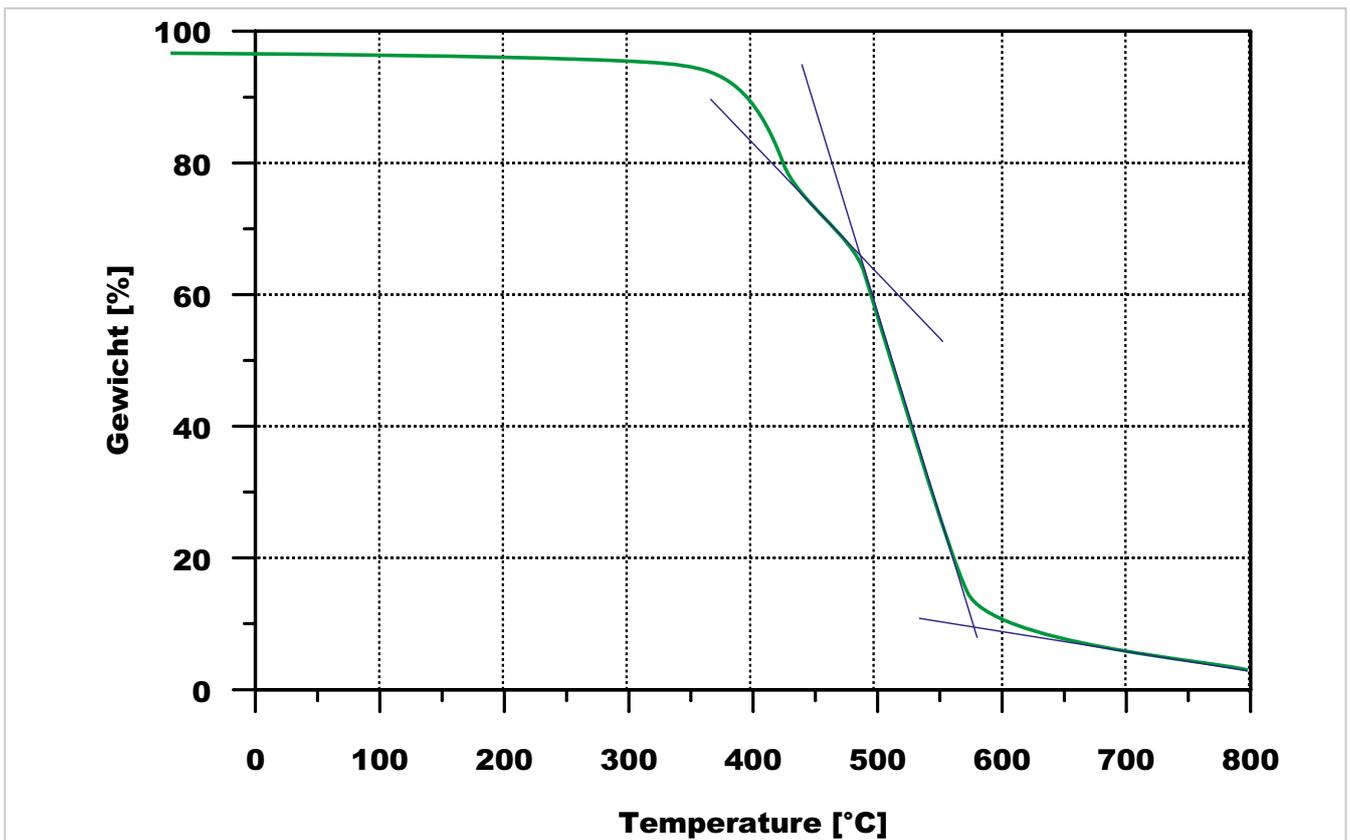
TGA Analysegerät



TGA Analysegerät (Probenhalter)



Probengewicht- Temperatur Verlauf



Probengewicht- Temperatur Verlauf, bei einem Werkstoff, bestehend aus 2 Komponenten



Dynamisch-mechanische Analyse DMA

Norm: PVLAB05

Ziel

Der Versuchs dient zur Ermittlung des Komplexmoduls und des mechanischen Verlustfaktors $\tan(\delta)$, sowie der Glasübergangstemperatur bei dynamischer (sinusförmiger) und thermischer Beanspruchung.

Verfahren

Der auf 2 Auflagen platzierte Probekörper wird durch einen Prüfstempel mittig mit einer einstellbaren Frequenz, Kraft und Amplitude auf Biegung beansprucht. Dieser Prozess findet bei einem bestimmten Temperaturprogramm statt.

Prüfparameter

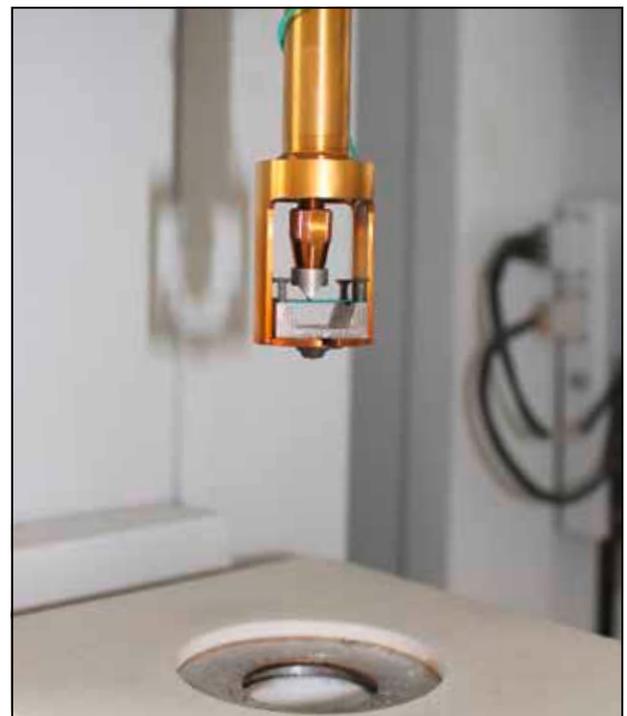
- > Temperatur (von -170°C bis 500°C)
- > Aufheiz-/Abkühlgeschwindigkeit (0,01 K/min bis 100 K/min)
- > Frequenz (0,01 Hz bis 51 Hz)
- > Messkraft
- > Amplitude der Belastung

Probekörper

Rechteckiger Streifen von 22 x 3 x 1 mm



DMA Analysegerät



DMA Analysegerät

Kennwertangabe

- E^* *Komplexmodul [N/mm²], Kennzeichen für die Materialsteifigkeit mit $E^* = E' + iE''$*
- E' *Speichermodul [N/mm²], Realteil des Komplexmoduls, Steifigkeit eines viskoelastischen Werkstoffes. Er ist proportional zur während einer Belastungsperiode gespeicherten Arbeit.*
- E'' *Verlustmodul [N/mm²], Imaginärteil des Komplexmoduls, ist proportional zur Arbeit, die während einer Belastungsperiode „verloren“ geht (u.a. Wärme).*
- $\tan(\delta)$ *Verlustfaktor, kennzeichnet das Verhältnis zwischen Verlust und Speichermodul mit folgender Formel:*

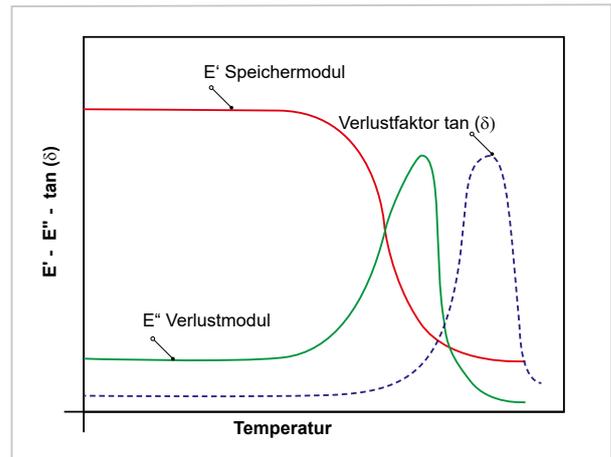
$$\tan(\delta) = \frac{E''}{E'} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{W_{irrev}}{W_{rev}}$$

Ferner kennzeichnet er die mechanische Dämpfung eines Systems. Ein sehr niedriger Wert kennzeichnet ein System mit hohem elastischen Anteil.

T_g *Glasübergangstemperatur [°C]*

Zusätzliche Größen zur Erläuterung:

- W_{irrev} *Energie [J], die unwiederbringlich verloren geht (z.B. Wärmeenergie)*
- W_{rev} *Energie [J], die während der Schwingungsbeanspruchung gespeichert werden kann.*



Kennwertermittlung

Auswertung

Es werden folgende Messgrößen aufgezeichnet:

- > Temperatur
- > Frequenz
- > Komplexmodul
- > Verlustfaktor $\tan(\delta)$
- > dynamische Kraft
- > statische Kraft
- > Viskosität

Aus dem Modul-Temperatur-Verlauf lassen sich die Kennwerte ermitteln. Die Kennwertermittlung erfolgt dann grafisch aus dem Diagramm heraus, oder durch automatische Berechnung der Software.



Ermittlung der Wärmeformbeständigkeit

Norm: DIN EN ISO 75-1/-2

vergleichbare Norm: DIN 53461

Ziel

In diesem Versuch wird die Temperatur ermittelt, bei der eine vorher festgelegte Durchbiegung erreicht wird. Die HDT (Heat Deflection Temperature) ist nicht als maximale Einsatztemperatur zu verstehen, sondern liefert lediglich Informationen über die Formbeständigkeit von Kunststoffen. Sie kann zur Grobauswahl für bestimmte Anwendungen verwendet werden.

Verfahren

Der Versuch wird auf einer Universalprüfmaschine (ISO 5893) durchgeführt wobei der Probekörper nach dem 3-Punkt-Biegeprinzip belastet wird. Unter konstanter Last wird die Temperatur mit konstanter Geschwindigkeit erhöht bis eine festgelegte Durchbiegung (Randfaserdehnung 0,2 %) erreicht wird.

Prüfparameter

- > Heizrate 2K/min
- > Verfahren HDT A: Biegespannung $s = 1,8 \text{ N/mm}^2$
- > Verfahren HDT B: Biegespannung $s = 0,45 \text{ N/mm}^2$
- > Verfahren HDT C: Biegespannung $s = 8,0 \text{ N/mm}^2$

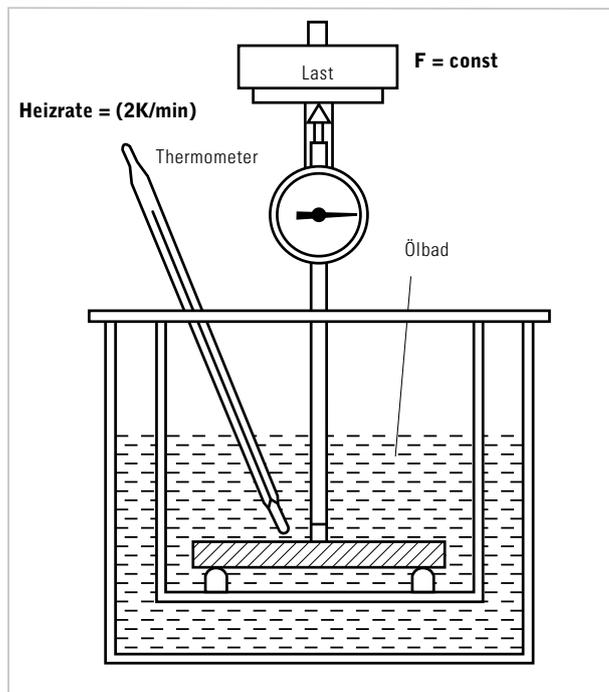
Probekörper

Gemäß Norm: DIN EN ISO 75-1/-2.
L x B x H: >110 x 3-4,2 x 9,8-12,8 mm

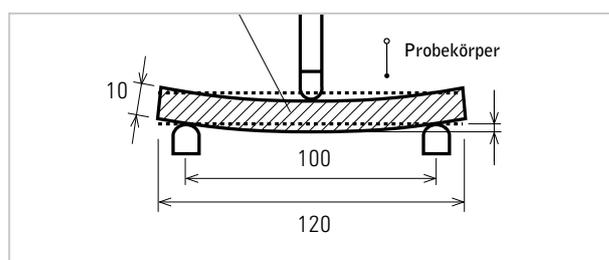
Kennwertangabe

Kennwert ist die Wärmeformbeständigkeits-temperatur. Sie wird folgendermaßen angegeben.

Beispiel:
 $HDT/A = 85^\circ\text{C}$
 A = Verfahren A
 9 = 85°C Temperatur bei der die vorgeschriebene Durchbiegung erreicht ist.
 Heizrate = 2 K/min



Versuchsaufbau



(HDT) Heat Deflection Temperature

Auswertung
 Es wird ein Durchbiegungs-Temperatur-Diagramm aufgezeichnet. Aus diesem lässt sich die Wärmeformbeständigkeitstemperatur grafisch ermitteln.

Ermittlung der maximalen Lagerfestsitztemperatur bei eingepressten Buchsen

Norm: Werksnorm PVLAB10

Ziel

Der Versuch dient zur Ermittlung der Temperatur, bei der eine in ein Gehäuse eingepresste Gleitlagerbuchse aus Kunststoff ihren Festsitz verliert.

Werden Kunststoffbuchsen mit Übermaß in einen Ring aus Metall einpresst, entstehen im Querschnitt der Buchse Tangentialspannungen, die dafür sorgen, dass die Buchsen durch Reibschluss im Stahlring "fest sitzen".

Wird der Ring mit dem eingepressten Gleitlager aus Kunststoff erwärmt, dehnen sich beide Werkstoffe aus. Da der Ausdehnungskoeffizient von Kunststoffen bis zu einem Faktor 10 größer ist als der von Metall "möchte sich die Kunststoffbuchse mehr dehnen" als der Stahlring.

Die Dehnung der Kunststoffbuchse nach außen wird aber durch den Metallring behindert. Dadurch erfährt die Buchse eine Stauchung des Materials im Bereich der Wand. In Folge dessen steigen die Tangentialspannungen im Wandbereich. Sollte die auftretende Spannung größer als die zulässigen Spannung sein, d.h. die auftretende Stauchung überschreitet die zulässige Stauchung, so erfährt das Material eine irreversible Deformation und die Tangentialspannungen lassen nach.

Beim Abkühlen der Gleitlagerbuchse und des Metallringes ziehen sich diese wieder zusammen. Der Stahlring nimmt sein ursprüngliches Maß ein. Die Kunststoffbuchse schrumpft jedoch wegen der irreversiblen Deformation auf ein Maß, welches kleiner ist als das Ausgangsmaß. Dieses Schrumpfen kann so stark sein, dass die Gleitlagerbuchse im kalten Zustand aus dem Stahlring fällt.

Verfahren

Ein Gleitlager wird in einen Metallring (Stahl oder Aluminium) eingepresst und einem Temperaturprogramm im Ofen unterzogen.

Prüfparameter

- > Art des Temperaturprogramms:
konstante Temperatur/zyklisches Programm.
Temperatur stufenlos regelbar 25-300°C
- > Versuchsdauer: max. 7 Tage

Probekörper

Buchse $\varnothing d_a = 16$ mm, $\varnothing d_i = 10$ mm, L = 9 mm
Buchse schräg geschlitzt - eingeklebt.

Kennwertangabe

T_{los} Die Temperatur [°C], bei der sich der Festsitz löst wird ermittelt.

Auswertung

Es werden die maßlichen Veränderungen dokumentiert und entschieden, ob die Buchse den Test bestanden hat.

Folgende Kriterien werden zur Beurteilung des Festsitzes untersucht:

- Presssitz hat sich gelöst
- Maßveränderung, $\varnothing d_{aBuchse} = \varnothing d_{iGehäuse}$
im kalten Zustand
- Lagerspiel von 0,03 mm und mehr
- Zu große Längenänderung



Temperaturmessung mit Hilfe der Wärmebildkamera

Norm: keine

Ziel

Mit Hilfe der IR-Kamera kann der Temperaturgradient eines Objektes bzw. einer Gruppe von Objekte aufgenommen werden und mittels der Software kann an jedem Punkt des IR-Bildes die Temperatur mit einer Genauigkeit von $\pm 2^\circ\text{C}$ bestimmt werden.

Prüfparameter

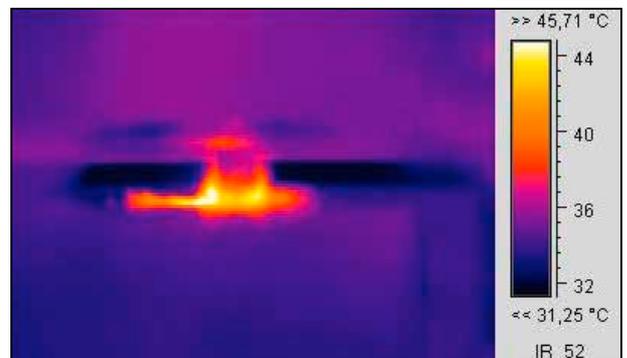
Temperaturmessbereich: $-20\dots+600^\circ\text{C}$

Auswertung

Die Auswertung der Wärmebilder erfolgt mit der entsprechenden Software



Wärmebildkamera



Wärmebild von einer Werkstoffprobe bei tribologischer Untersuchung

Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit

Norm: DIN EN ISO 75-1/-2

Ziel

In diesem Versuch soll die Wärmeleitfähigkeit von Werkstoffen ermittelt werden

Verfahren

Der Versuch wird mit Hilfe eines Wärmeleitfähigkeitsmessgerät durchgeführt. Dieses besteht aus einem Heizblock und einem Umgebungsblock. Der Probekörper befindet sich im Wärmeisolierten Umgebungsblock. Über ein Gewicht im Deckel wird die Probe oben und unten flächig an Kupferplättchen gepresst, die jeweils mit Thermoelementen versehen sind. Die untere Fläche wird durch den Heizblock einseitig beheizt. Durch den Temperaturabfall stellt sich am oberen Kupferplättchen eine bestimmte Temperatur ein. Die Temperaturdifferenz vom unteren zum oberen Kupferplättchen wird über die Thermoelemente gemessen, als Spannung über ein Voltmeter angezeigt und mit Hilfe einer Software in die Wärmeleitfähigkeit umgerechnet.

Prüfparameter

Thermospannung oben / unten [mV]
Temperatur des Umgebungsblocks T_U [°C]
Temperatur unten T_2 [°C]
Temperatur oben T_1 [°C]
Temperatur des Heizblocks T_H [°C]
Probekörperabmessung [mm]
Wärmeleitfähigkeiten λ
Messbereich 0,5 bis 250 W/m*K

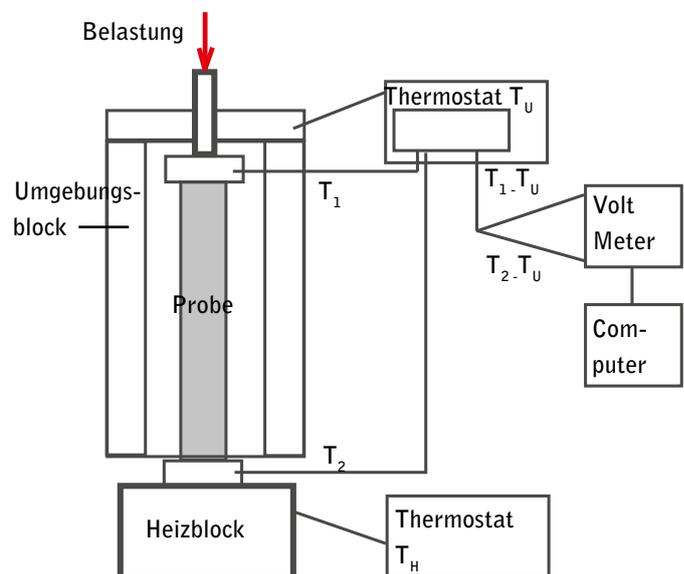
Probekörper

Für Wärmeleitfähigkeiten $\lambda > 5 \text{ W/m}^2\text{K}$
Zylinder mit $\varnothing 6 \times 35\text{mm}$
oder Quader mit $5 \times 5 \times 35\text{mm}$

Für Wärmeleitfähigkeiten $\lambda < 5 \text{ W/m}^2\text{K}$
Zylinder mit $\varnothing 6 \times 20\text{mm}$
oder Quader mit $5 \times 5 \times 20\text{mm}$
Abmessungstoleranz $\pm 0,3\text{mm}$

Kennwertangabe

Wärmeleitfähigkeiten λ [W/m*K]



Auswertung

Mit Hilfe der Software wird grafisch eine Temperaturverteilungskurve erstellt, welche den Verlauf der Temperatur zwischen dem unteren und oberen Kupferplättchen darstellt



Ermittlung des Sauerstoffindex (Limiting Oxygen Index - LOI)

Norm: IEC 695-2-1

Ziel

Bei diesem Versuch wird die Konzentration von Sauerstoff in einem homogenen Sauerstoff-Stickstoffgemisch ermittelt, die mindestens vorhanden sein muss, damit ein Werkstoff gerade noch brennt.

Verfahren

Der Versuch erfolgt durch Beflammung des Probekörpers in einem Brennbehälter mit geregelter Sauerstoffkonzentration bis der Probekörper am oberen Ende zu brennen beginnt. Nach 3 Minuten oder nach Verbrennen von 50mm der Probenlänge wird die Sauerstoffkonzentration schrittweise reduziert.

Probekörper

Es werden mindestens zehn Probekörper mit folgenden Abmessungen benötigt:

$l = 70-150\text{mm}$; $b = 6,5\text{mm}$; $s = 3,0\text{mm}$

$l = 70-150\text{mm}$; $b = 6,5\text{mm}$; $s = 2,0\text{mm}$

$l = 125-150\text{mm}$; $b = 12,5\text{mm}$; $s = 12,5\text{mm}$

$l = 140\text{mm}$; $b = 52\text{mm}$

Prüfparameter

> Brennzeit 3 min, Brennlänge < 50 mm
oder

> Brennzeit < 3 min, Brennlänge 50 mm

Kennwertangabe

Sauerstoffindex LOI (auf 0,5% genau)



Messgerät

Auswertung

Es wird die Sauerstoffkonzentration ermittelt, bei der die Probekörper gerade noch brennen. Das Ergebnis ist der Sauerstoffindex LOI [%]

Bestimmung der Schmelze-Massefließrate und Schmelze-Volumenfließrate

Norm: DIN EN ISO 1133

Vergleichbare Norm: ASTM D-1238

Ziel

Bei dieser Prüfung wird die Schmelzfließrate und die thermische Degradation von Kunststoffen ermittelt. Eine falsche Verarbeitung des Materials führt zur Verschlechterung der Schmelzeviskosität. Dies lässt Rückschlüsse auf die Molekülkettenlänge zu.

Verfahren

Eine Materialprobe in Granulatform wird in einem beheizbaren Zylinder unter konstanter Belastung zum Schmelzen gebracht. Die Schmelze fließt dabei in einem festgelegten Zeitraum durch eine Düse mit bekannter Geometrie. Der zurückgelegte Weg der Schmelze wird dabei mit einem Wegaufnehmer gemessen. Dadurch können das Volumen, und die Masse (bei bekannter Schmelzdichte) der Materialprobe bestimmt werden.

Prüfparameter

- > Prüftemperatur
- > Belastung (üblich 2,16 kg bis 5 kg)
- > Anzahl der abgeschlagenen Stränge (üblich: 15-20)
- > Düsendurchmesser /- länge (\varnothing 2,095mm, L=8mm)
- > Trocknungszustand des Probenmaterials

Probekörper

Granulat oder in Sonderfällen Bruchstücke aus Halbzeug, ca. 6-8 g.

Kennwertangabe

- > MVR - Melt Volume Flow Rate (Schmelze-Volumenfließrate) [cm³/ 10min]
- > MFR - Melt Mass Flow Rate. (Schmelze-Massefließrate) [g / 10min]
- > Viskosität η [Pa*s]
- > Schergeschwindigkeit γ [1/s]
- > errechnete Schmelzedichte ρ_m [g/cm³]



Viskosimeter



Auszug aus dem Prüfprotokoll

Auswertung

Eine Software wertet die Daten automatisch aus. Zur Bestimmung des MFR-Wertes müssen noch die Einzelabschläge der Messung gewogen werden, damit die Schmelzdichte bestimmt werden kann. Im Prüfprotokoll werden der MVR- und der MFR Wert als Diagramm in Abhängigkeit der Zeit dargestellt.



Rheologische Messungen

Norm: Werksnorm PVEXT04

Ziel

Mit Hilfe des Messextruders kann die Viskosität der Kunststoffschmelze bei unterschiedlicher Temperatur und Schergeschwindigkeit gemessen werden. Somit können verarbeitungsnahe Bedingungen simuliert und wichtige Prozessparameter ermittelt werden.

Prüfparameter

- > Schneckendurchmesser: 19 mm
- > L/D: 25
- > Betriebsdruck: max. 700 bar
- > Betriebstemperatur: max. 450°C
- > Drehmoment: max. 300 Nm
- > Drehzahl: max. 200 U/min
- > Schnecken:
Konische Schnecken, Kompressionsverhältnis 1:2 bis 1:5
3 Zonen Schnecken, Kompressionsverhältnis 1:2 bis 1:5,
Meteringschnecken, Kompressionsverhältnis 1:1,5 bis 1:3
Kompressionsschnecken, Kompressionsverhältnis 1:1, bis 1:3

Prüfmöglichkeiten

- > Untersuchung des rheologischen Verhaltens
- > Ermittlung der dynamischen Viskosität in Abhängigkeit der Scherrate
- > Ermittlung von kritischen Prozessparametern wie Druck, Temperatur, Viskosität, Scherrate, Verweilzeit, Abkühlrate und Untersuchung des Aufschmelzverhaltens
- > Untersuchung des Abbaus und des Gelierungs- und Vernetzungsverhaltens
- > Ermittlung von Verarbeitungseigenschaften und Parameterfindung für neue Compounds
- > Ermittlung der Additiv-Dispergierung und Homogenisierung
- > Ermittlung der optimalen Schneckengeometrie und Mischelementen

Probekörper

Granulat

Herstellbare Produkte und Abmessungen

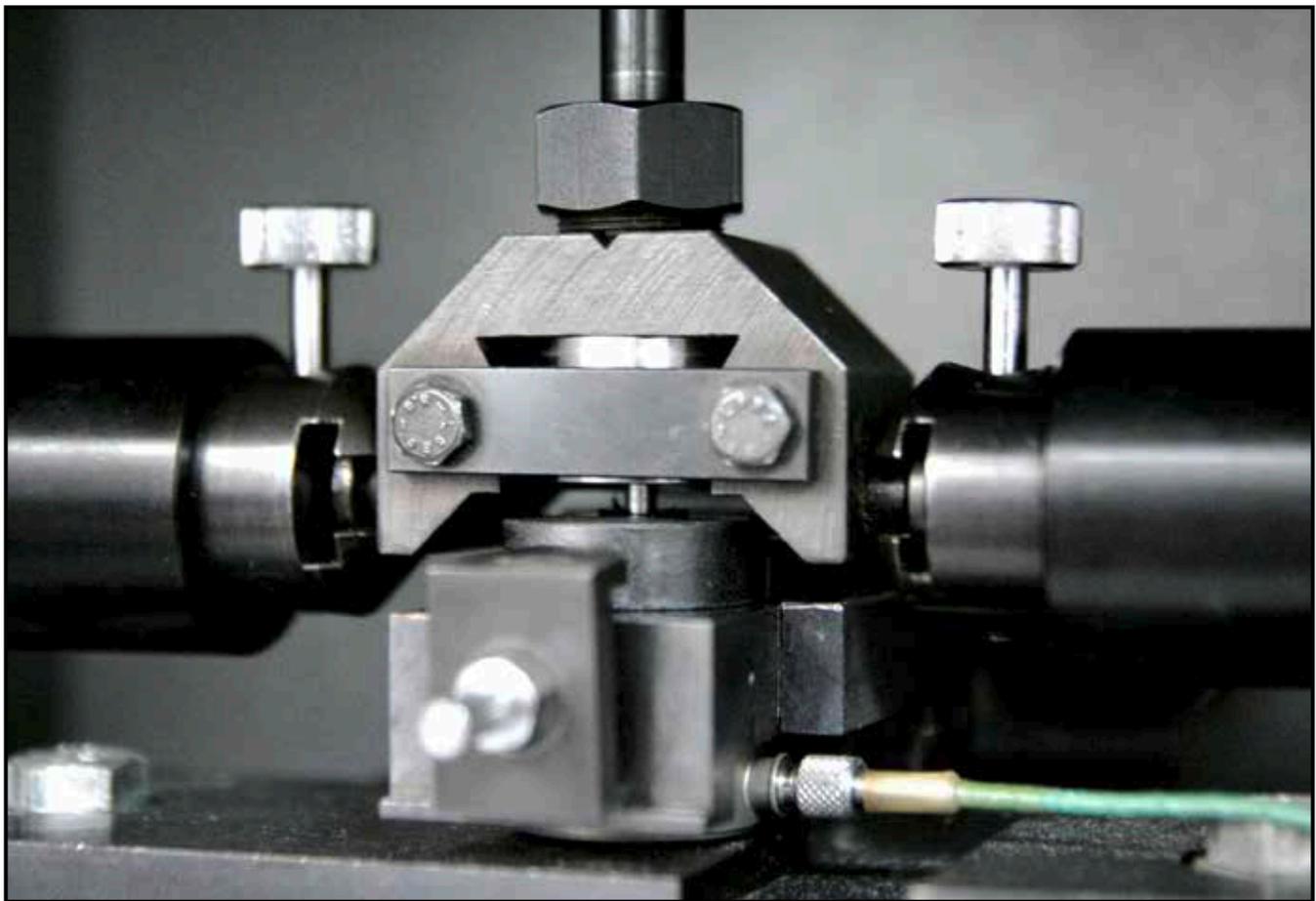
Granulatstränge mit $\varnothing 3$ und 6mm
Stäbe mit $\varnothing 1,75$; 2; 3; 4; 5; 6 und 8mm
Rohre mit $\varnothing_{\text{außen}}$ 8 - 15mm und Wanddicken von 0,5 bis 2mm



Messextruder

Auswertung

Die Auswertung mit Erstellung eines Prüfprotokolls erfolgt über eine spezielle Software



Tribologische Prüfungen

40-51

Ermittlung von Reibwerten, trocken, wasser- und ölgeschmiert bei verschiedenen Temperaturen	40
Ermittlung des Verschleißes bei translatorischer Gleitbewegung	41
Bestimmung des Abriebwiderstandes - Taber-Abriebprüfgerät („Taber Abraser“).....	42
Bestimmung des Abrasionsverschleißes im Sand Slurry Verfahren	43
Ermittlung der Reibwerte und des Verschleißes mit Hilfe des „Pin on Disk Wear & Friction Monitor“	44
Ermittlung der Reibwerte und des Verschleißes mit Hilfe des SRV	46-47
Durchführung von Gleitlagerversuchen (Ermittlung von pv-Grenzwerten)	48-49
Durchführung von Lebensdauerversuchen (Verschleiß in Abh. des Gleitpartners)	50
Durchführung von Bewegungsmutterversuchen (Ermittlung der max. Axialkraft)	51



Ermittlung von Reibwerten, trocken, wasser- und ölgeschmiert bei div. Temperaturen

Norm: Werksnorm PVLAB08

Ziel

Der Versuch beruht auf dem Prinzip der schiefen Ebene und dient zur Ermittlung der Haft- und Gleitreibungskoeffizienten von tribologischen Systemen bei translatorischer Gleitbewegung.

Verfahren

Zur Ermittlung des Haftreibwerts wird ein Schlitten mit 4 Proben an das äußerste Ende einer neigbaren Stahlplatte gelegt. Es wird der Winkel erfasst, bei dem der Schlitten in Bewegung gerät. Für den Gleitreibwert wird der Winkel der Platte solange reduziert, bis ein Gleiten eines bewegten Gleitschlittens nicht mehr möglich ist. Beide Versuche werden 3 mal wiederholt.

Prüfparameter

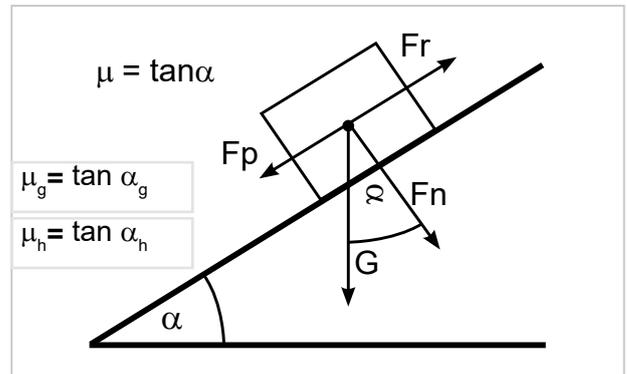
- > Temperatur
- > Belastung (94-900 N)
- > Schmierung (Trocken/Wasser/Öl)

Probekörper

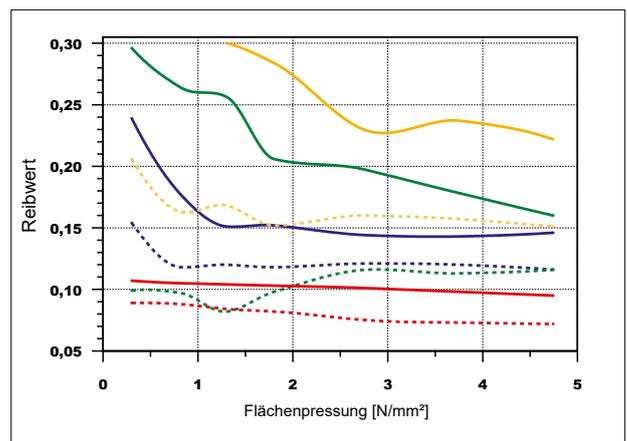
4 rechteckige Proben, die auf einen Gleitschlitten geklebt werden mit den Abmessungen 10x5x2 mm. Die Proben dürfen jedoch bis zu 5 mm dick sein.

Kennwertangabe

Aus dem Tangens des gemessenen Winkels errechnet sich der Reibwert.



Prinzip



Reibwertdiagramm

Auswertung

Es wird der Winkel ermittelt, bei dem der Schlitten beginnt zu gleiten (Haftreibungskoeffizient) bzw. der Winkel, bei dem ein gleitender Schlitten seine Bewegung stoppt (Gleitreibungskoeffizient). Die Reibungskoeffizienten werden in Abhängigkeit der Flächenpressung, der Temperatur und der Art der Schmierung in Diagrammen dargestellt.

Ermittlung des Verschleißes bei translatorischer Gleitbewegung

Norm: Werksnorm PVLAB11

Ziel

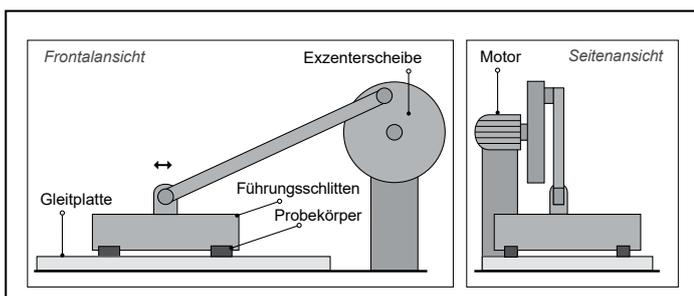
In diesem Versuch wird der Verschleiß (trocken, nass, ölgeschmiert auch bei höheren Temperaturen und mit Stickstoffkühlung bei tiefen Temperaturen) während einer Laufstrecke von 100 km (ca. 162 h Dauer) ermittelt.

Verfahren

Für die Verschleißuntersuchung werden vier Prüflinge in einen Führungswagen eingelegt und über eine Exzentrerscheibe angetrieben, translatorisch auf einer Laufplatte bewegt. Die Exzentrerscheibe hat eine Drehzahl von ca. 35 U/min. Es sind zwei Laufflächen vorgesehen: eine beheizbare und eine für Untersuchungen bei Raumtemperatur. Die Laufplatte für erhöhte Temperaturen lässt sich stufenlos bis 280°C aufheizen. In regelmäßigen zeitlichen Abständen wird nun die Prüfung unterbrochen, um den Einlaufverschleiß zu untersuchen. Am Ende der Laufzeit wird der Verschleiß der Prüflinge nochmals gemessen.

Prüfparameter

- > Temperatur: Min. -100°C, max. 280°C
- > Flächenpressung: 0,3 N/mm²



Prüfstand (Prinzip)

Mittlere

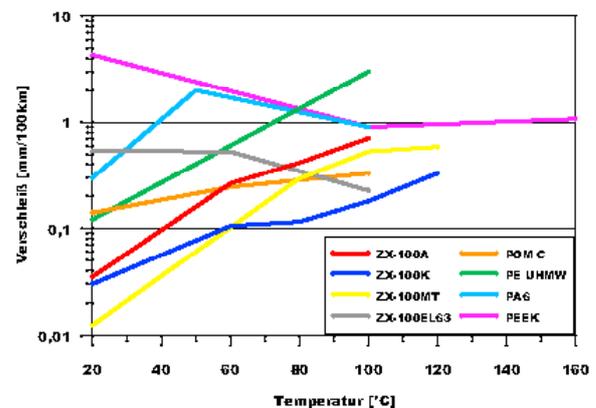
- Gleitgeschwindigkeit: 10,3 m/min
- Gegenlaufpartner: X5CrNi189
- Oberflächenrauigkeit: 4 µm Rz Gleitfläche hart verchromt, Schichtdicke 30 µm.

Probekörper

- Probekörperabmessungen: 10 x 5 x 3 mm bis max. 10 x 5 x 4 mm

Kennwertangabe

Verschleiß [mm/100 km]



Verschleißkurven

Auswertung

Ermittelt wird der Materialabtrag in mm nach einer Laufstrecke von 100 km. Die Ergebnisse werden in einem Diagramm in Abhängigkeit der Temperatur dargestellt



Bestimmung des Abriebwiderstandes - Taber-Abriebprüfgerät („Taber Abraser“)

Norm: In Anlehnung an DIN 53754 und ISO 5470-1

Ziel

Der Versuch dient zur Beurteilung des Widerstandes von Kunststoffen gegen Korn-Gleit-Verschleiß (Reibradverfahren).

Verfahren

Die Abriebbeanspruchung wird von zwei Reibrädern erzeugt, die mit definierter Prüfkraft auf den rotierenden Probekörper gedrückt werden. Der Reibrad Ø beträgt neu 52-53 mm. Die Räder werden nach jedem Versuch nachgearbeitet, d.h. der Abrieb durch Abblasen entfernt und max. 0,1 mm vom Durchmesser abgetragen. Der Durchmesser muss jedoch mindestens noch 44 mm betragen, ansonsten werden die Räder durch neue ersetzt.

Versuchsdauer: 2 x 1000 Umdrehungen. Pro 1000 Umdrehungen wird eine Gewichtsmessung durchgeführt. Der Abrieb wird während des Versuches mit einer Absaugvorrichtung abgesaugt.

Prüfparameter

- > Drehzahl: 72 U/min
- > Belastung: Standard 10 N, andere Belastungen möglich
- > Körnung: über die genormten Reibräder einstellbar.
 - Standard Wolf: CS-17 (Kautschuk mit Sandkörnern, federnd), alternativ H-18 (gesintert, nicht federnd)

Probekörper

Scheibe mit Bohrung im Zentrum
Abmessungen Ø 100 / 6,5 x 3 mm

Kennwertangabe

Abriebsbetrag, gewichtsmäßig [mg]

$$\Delta m = m_{\text{vor}} - m_{\text{nach}}$$

Abriebsbetrag, volumetrisch [mm³]

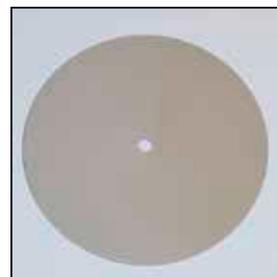
$$\Delta V = \Delta m / \rho_{\text{Kunststoff}}$$

Auswertung

Das Ergebnis ist der "Taber Index", dessen Betrag dem Gewichtsverlust in mg entspricht (nach 1000 Umdrehungen).



Taber Abraser



Probekörper (links neu, rechts verschlissen)

Prüfscheiben

CS-17 (Kautschuk mit Sandkörnern, federnd, mittelgrob), alternativ H-18 (gesintert, nicht federnd, scharfe Abriebwirkung).



CS-17



H-18

Bestimmung des Abrasionsverschleißes im Sand Slurry Verfahren

Norm: In Anlehnung an ISO 15527:2007

Ziel

Der Sand-Slurry-Test dient zur Beurteilung des Widerstandes von Kunststoffen gegen Abrasionsverschleiß im Sand-Wassergemisch.

Verfahren

Die Prüfung erfolgt mittels zweier rotierenden Spindeln in einem Verschleißtopf mit dem abrasiven Medium (Sand-Wasser-Gemisch, 60:40). Auf die Probekörperaufnahme der einen Spindel wird der Referenzprobekörper aus ST-37 und auf der anderen der Probekörper geschraubt.

Der Spindelabstand beträgt 113 mm, der Abstand der Probe zu Boden: 40 mm

Abmessungen des Verschleißtopfs:

Innen Ø 210 mm;

Außen Ø = 260 mm;

Innenhöhe = 300 mm

Prüfparameter

- > Drehzahl [1/min]: 1200
- > Dauer [h] 7,5 in 2 Intervallen
- > 1 Intervall bei n= 1200; 3 h,
- > 2 Intervall bei n= 1750; 4,5h
- > Abrasivgemisch: Silikatsand Korngröße 0,2 bis 1mm,
- > Mischverhältniss: (3:2) = 60 Gew. % Sand + 40 Gew. % Wasser)

Probekörper

Es werden spanend gefertigte und konditionierte Proben, wie auf der nebenstehenden Abbildung gezeigt, verwendet.

Kennwertangabe

Abmessungen der Probekörper

Umgebungstemperatur

Temperatur des abrasiven Mediums

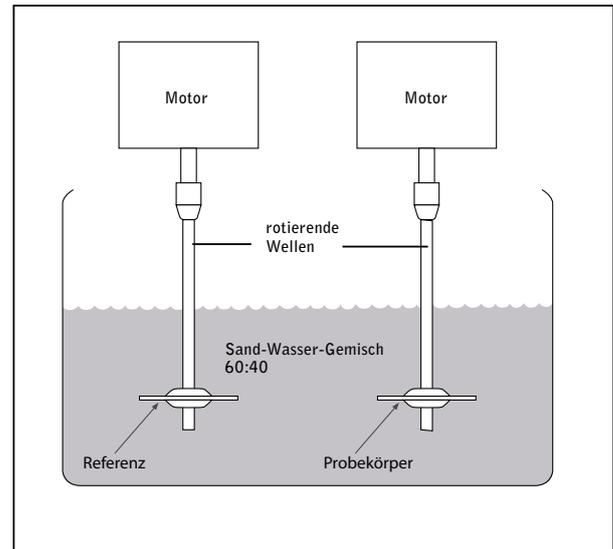
Mischungsverhältnis Sand:Wasser

Konditionierung

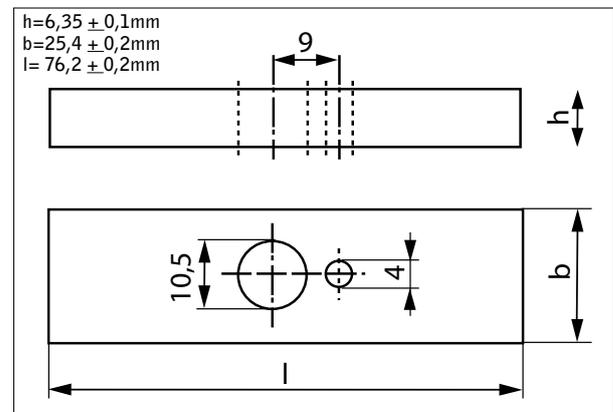
Masse der Proben vor und nach dem Versuch

Massen- und Volumenverlust

Grad der Abrasion= $\frac{\Delta m_{\text{Probekörper}}}{\Delta m_{\text{Referenz}}} \times 100$



Prüfvorrichtung



Probekörper

Auswertung

Ausgewertet wird der Masse-Verlust der Probekörper im Verhältnis zum Masseverlust der Referenzkörper und daraus wird der Grad der Abrasion ermittelt.



Ermittlung der Reibwerte und des Verschleißes („Pin on Disk“)

Norm: Werksnorm PVLAB14

Vergleichbare Norm: ASTM G 99

Ziel

Mit diesem Versuch wird der Verschleiß und der Gleit-Reibwert in Abhängigkeit der Belastung, Gleitgeschwindigkeit und Temperatur von tribologischen Systemen bei rotatorischer Bewegung ermittelt.

Verfahren

Der Versuch wird nach Werksnorm PVLAB14 durchgeführt.

Prüfparameter

- > Kontaktverhältnis (Punkt-Ebene)
- > Bewegung (rotatorisch / 0,025-15 m/s)
- > Kraft (5-200 N), Flächenpressung: 0,05-28 N/mm²)
- > Medium (Schmierung mit Öl oder Wasser)
- > Umgebung (Luft, Inertgas)
- > Temperatur
- > Werkstoff (Oberflächenrauigkeit, Beschichtung)

Probekörper

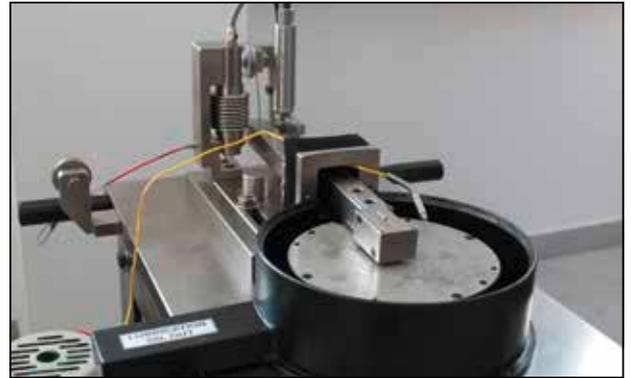
Stift: Ø4/8 x 25-25 mm
Scheibe: Stahl, Rz 3µm

Kennwertangabe

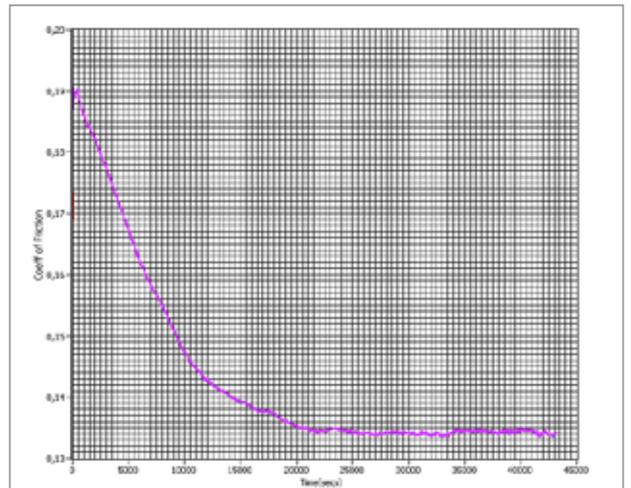
μ_g Gleitreibungskoeffizient
 V_{spez} spezifisches Verschleißvolumen
 = Verschleißvolumen / Gleitstrecke

Auswertung

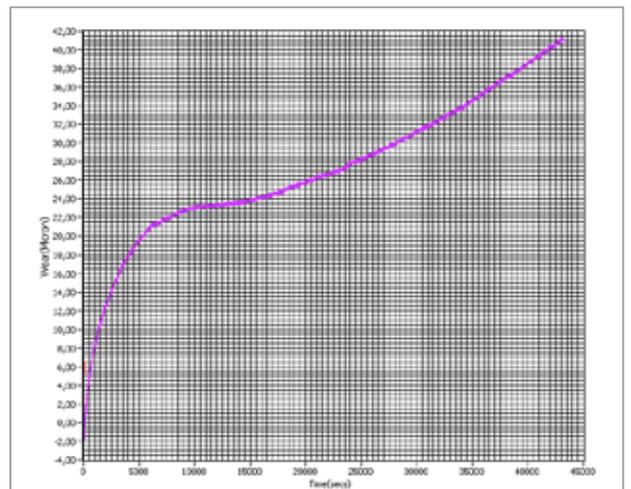
Die Verschleißspur wird über die digital aufgezeichnete Verschleißtiefe berechnet. Reibwerte und Temperaturverlauf werden digital aufgezeichnet und dann aus den jeweiligen Diagrammen entnommen. Zusätzlich erfolgt noch eine optische Begutachtung.



Prüfstand



Reibwert in Funktion der Zeit



Verschleiß in Funktion der Zeit



Ermittlung der Reibwerte und des Verschleißes mit Hilfe des SRV

Norm: Werksnorm PVLAB13-1 (Reibwert)

PVLAB13-2 (Verschleiß)

Ziel

Der Versuch dient zur Ermittlung des Verschleißes und der Reibwerte in Abhängigkeit der Belastung, Gleitgeschwindigkeit, Schmiermittel, Temperatur von tribologischen Systemen.

Verfahren

Gegen einen eingespannten Probekörper wird ein Gegenkörper (z.B. Stift) oszillierend mit bestimmter Amplitude und Frequenz bewegt, wobei im Laufe des Versuchs ein Materialabtrag an der Probe erfolgt.

Prüfparameter

- > Kontaktverhältnis
(Punkt-Ebene, Ebene-Ebene, Linie-Ebene)
- > Bewegung
(Hub bis 3 mm Amplitude, Frequenz bis 500 Hz)
- > Kraft (bis 1200 N)
- > Medium (Schmierung mit Öl oder Wasser)
- > Umgebung (Luft, Inertgas, ...)
- > Temperatur (bis 250°C)
- > Werkstoff
(Oberflächenrauheit, Beschichtung, ...)

Probekörper

Scheibe von $\varnothing 24 \times 8$ mm.

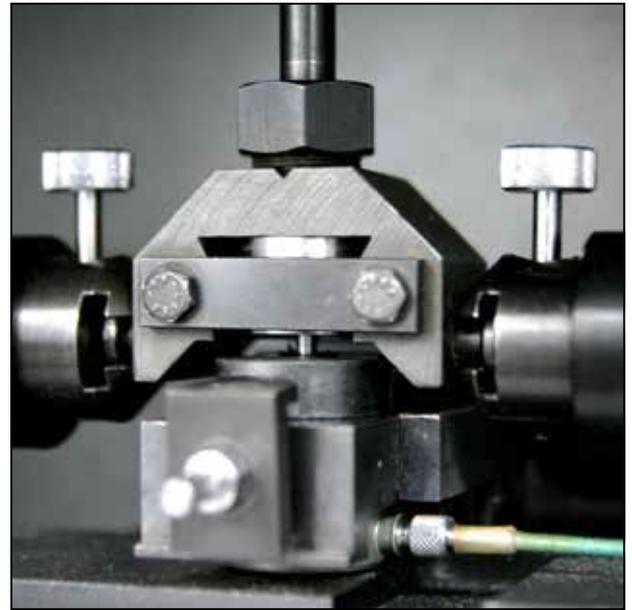
Kennwertangabe

$\mu_{H,G}$ Haft-; Gleitreibungskoeffizient.
Höhere Auflösung mit SRV-Methode,
und größere Variationsmöglichkeiten
der Prüfparameter

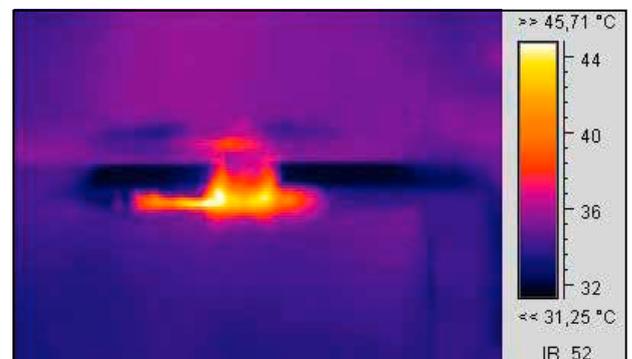
V_{spez} spezifisches Verschleißvolumen =
Verschleißvolumen / Gleitstrecke

Auswertung

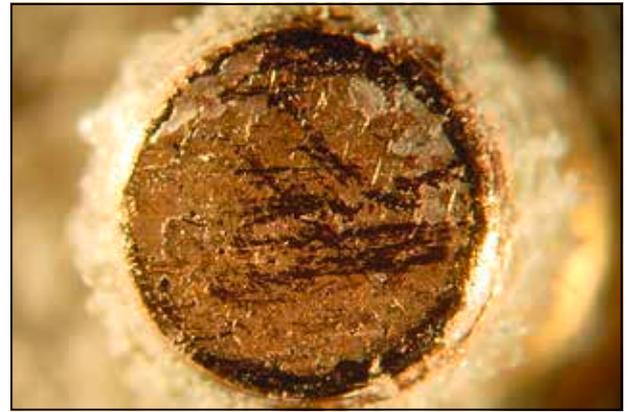
Die Verschleißspur wird ausgemessen. Reibwerte werden digital aufgezeichnet und dann aus Reibwert-Diagrammen entnommen. Zusätzlich erfolgt noch eine optische Begutachtung.



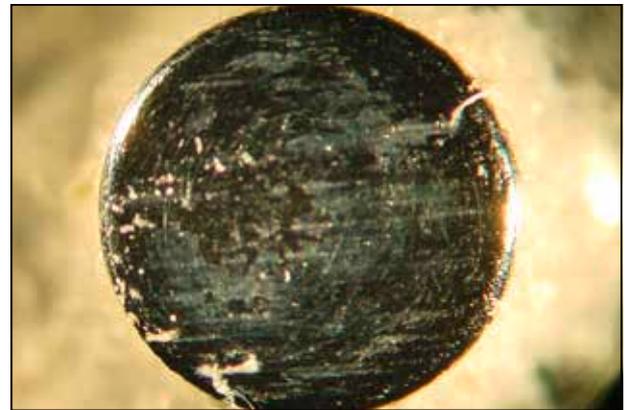
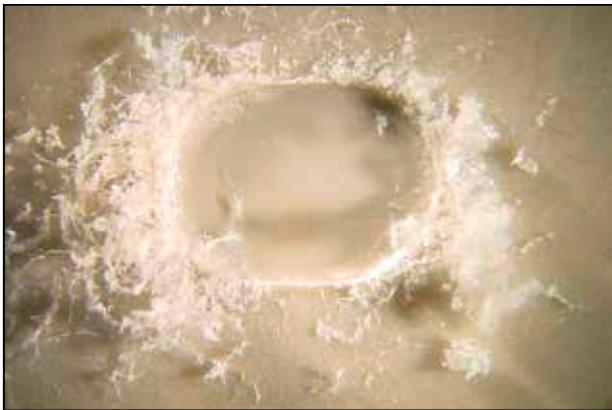
Oszillationsblock mit Probekörper



Detailansicht mit IR-Kamera



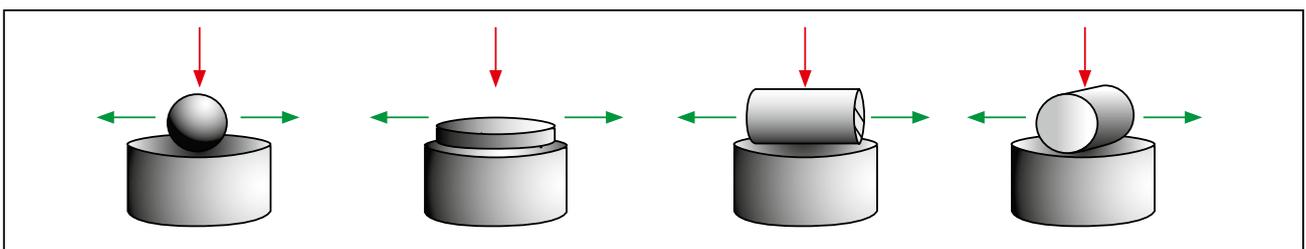
Belagwerkstoff und Probekörper mit Oszillationsreibspur.



Belagwerkstoff nach 120 min. 6x Vergrößerung, Probekörper mit Oszillationsreibspur.



Belagwerkstoff nach 30 min. 6x Vergrößerung, Probekörper mit Oszillationsreibspur.



Kontaktverhältnisse: Punkt, Linien, oder Flächenberührung der Prüfkörper.



Durchführung von Gleitlagerversuchen (Ermittlung von pv-Grenzwerten)

Norm: Werksnorm PVLAB07

Ziel

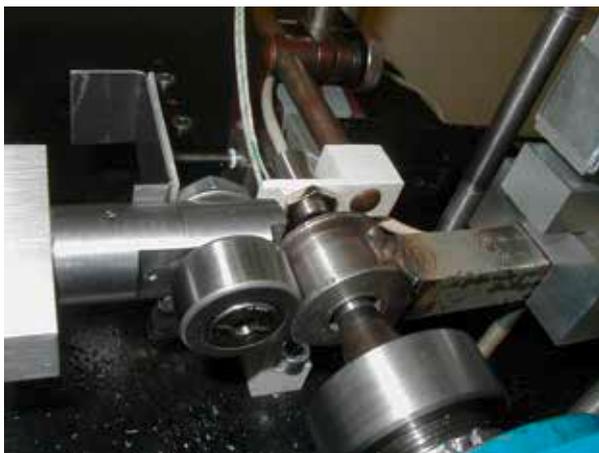
Mit diesem Versuch wird der pv-Wert von Gleitlagerbuchsen ermittelt.

Der pv-Wert ist eine wichtige Kenngröße für die Auslegung von Gleitlagern. Darin ist der Einfluss von Verschleiß, Temperatur, Flächenpressung und Gleitgeschwindigkeit bereits enthalten.

Das Ergebnis ist eine Grenzkurve, woraus die jeweils maximale Flächenpressung bei bestimmten Gleitgeschwindigkeiten abzulesen ist, bei denen im Betrieb gerade noch kein Ausfall droht.

Verfahren

Der Probekörper (Buchse) wird in ein Gehäuse gepresst und bei rotierender Welle in radialer oder axialer Richtung belastet. Die Versuchsdauer ist vorgegeben. Nach der Versuchsdauer wird anhand festgelegter Kriterien entschieden, ob das Lager die Belastungen (p, v, T) standgehalten hat. Die Regelung und Messwertprotokollierung sowie Auswertung erfolgt mittels Software.



Prüfstand (Detailansicht)

Prüfparameter

- > Schmierung (trocken/ geölt/ wassergeschmiert)
- > Versuchsdauer (üblich 3 h)
- > Temperatur
- > Richtung der Belastung (axial/ radial)
- > Betrag der Belastung
- > Gleitgeschwindigkeit
(0,5, 1, 3, 10, 40, 100, 200, 250, 300 m/ min)

Probekörper

Radial: Zylindrische Kunststoffbuchsen mit
 $\varnothing_a = 16$, $\varnothing_i = 12$ mm, L= 9 mm
 $\varnothing_a = 50$, $\varnothing_i = 45$ mm, L= 24 mm

Axial: Bundbuchsen mit

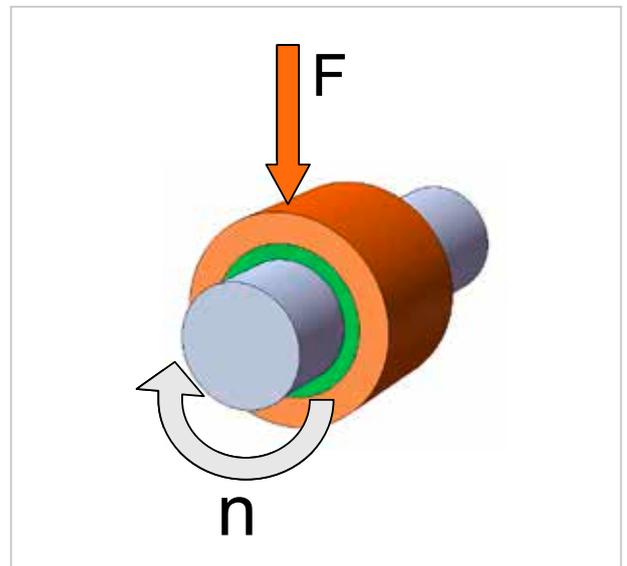
$\varnothing_a = 18$, $\varnothing_i = 12$, $\varnothing_{\text{Bund}} = 24$ mm, L=10 mm, $L_{\text{Bund}} = 3$ mm

Kennwertangabe

pv-Wert =

Flächenpressung x Gleitgeschwindigkeit

$$\left[\frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \frac{m}{\text{min}} \right]$$



Prinzip (radiale Belastung)

Markante Bereiche

Der $p \times v$ -Wert ist ein Maß für die in das System eingebrachte Leistung pro Fläche, welche vom Gleitlager aufgenommen werden muss. Typische Kurvenverläufe gliedern sich in drei Bereiche deren Hauptursachen verschieden sind (siehe dazu Abbildung rechts).

Bereich I

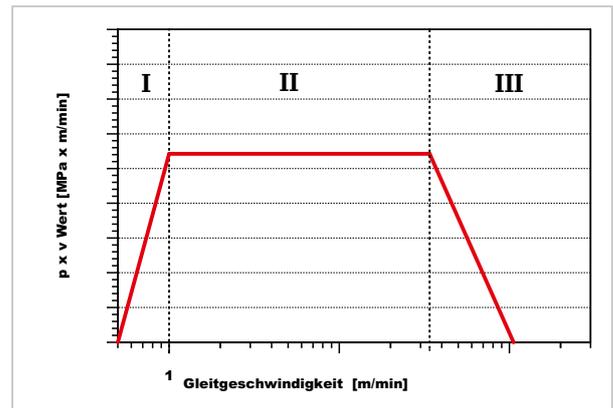
Bei langsamen Gleitgeschwindigkeiten kommt es zu Deformationen, aufgrund des Erreichens der maximal zulässigen Flächenpressung.

Bereich II

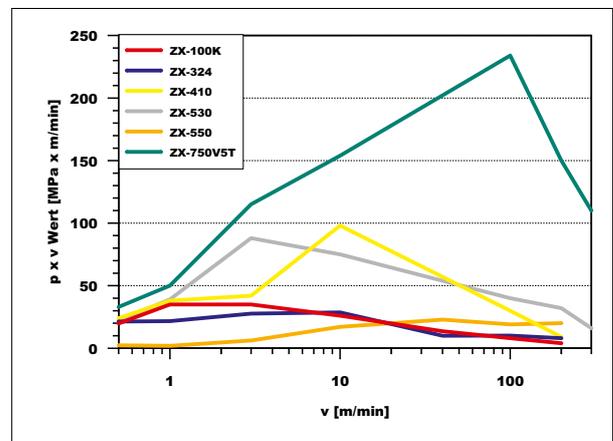
Der Bereich II ist eine Mischform aus den Bereichen I und III.

Bereich III

Bei hohen Gleitgeschwindigkeiten und größeren Gleitstrecken kommt es zunächst zu erhöhtem Verschleiß. Zusätzlich steigt die Betriebstemperatur. Die Kunststoffe verlieren dabei einen signifikanten Teil ihrer Festigkeit. Bei weiterer Erhöhung der Gleitgeschwindigkeit kann es zum Schmelzen des Werkstoffes aufgrund von Reibung kommen. Ursachen hierfür können ein zu geringes Lagerspiel und differentielle Wärmedehnung sein. Der $p \times v$ -Wert ist ein wesentliches Auslegungskriterium für Gleitlager.



Typische $p \times v$ Wert-Kurve



$p \times v$ -Grenzwerte

Auswertung

Die $p \times v$ -Grenzwertkurve wird anhand von max. 9 Stützstellen (0,5 - 300 m/min) grafisch in einem Diagramm dargestellt.



Durchführung von Lebensdauerversuchen (Verschleiß in Abh. des Gleitpartners)

Norm: Werksnorm PVLAB09

Ziel

Ziel des Lebensdauerversuchs ist es, den Verschleiß von Kunststoffen bei maximal möglicher Laufstrecke, in Abhängigkeit vom Gleitpartner zu ermitteln. Aufbauend darauf soll der optimale Gleitpartner für Kunststoffe ermittelt werden.

Verfahren

Eine rotierende Welle mit jeweils unterschiedlicher Härte und Oberflächenrauigkeit wird in einer Buchse gelagert, welche über einen Druckzylinder mit einer Radialkraft belastet wird.

Während des Versuches wird der Lagerfestsitz kontrolliert. Bei Verlust des Festsitzes ist der Versuch vorzeitig beendet. Ebenfalls ist der Versuch beendet, wenn das Lager schmilzt oder eine Vergrößerung des Innendurchmessers von mehr als 0,5mm festzustellen ist (3 x täglich gemessen).

Prüfparameter

- > Radialkraft (5,4N und 10,8N)
- > Umfangsgeschwindigkeit (97,3 m/min und 192,3 m/min)
- > Schmierung (Trocken/Wasser/Öl)

- > Gleitpartner (Wellen), charakterisiert nach Oberflächenrautiefe und Vickers Härte.

Probekörper

Buchsen, gespritzt oder gedreht in gleicher Abmessung und Qualität.

$$\varnothing d_a = (16,08 - 16,12) \text{ mm}$$

$$\varnothing d_i = 12,08 \text{ mm}$$

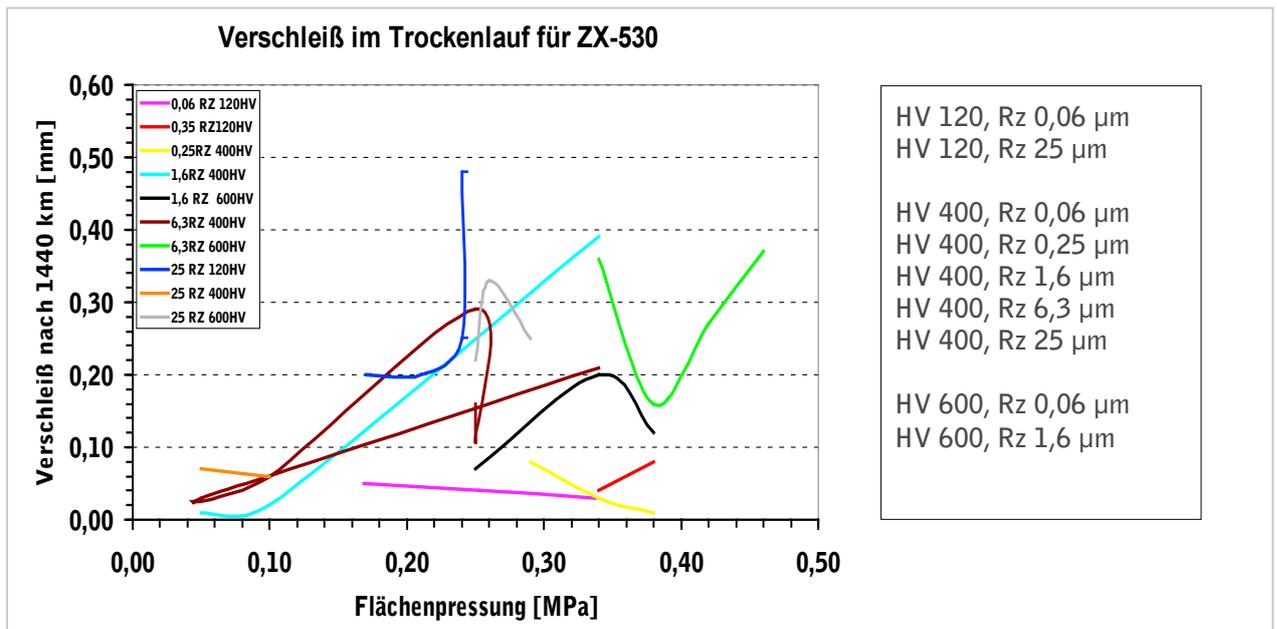
$$L = 9 \text{ mm}$$

Kennwertangabe

Der Verschleiß wird in Variation der Härte und der Rautiefe als Funktion der Flächenpressung grafisch dargestellt. Anhand dessen lassen sich die optimalen Gleitpartner ermitteln.

Auswertung

Es wird der Verschleiß in Abhängigkeit der Flächenpressung sowie der Oberflächenrauigkeit und Härte des Gleitpartners in einem Diagramm dargestellt.



Verschleiß in Abhängigkeit der Flächenpressung, Härte und Oberflächenrauheit

Durchführung von Bewegungsmutterversuchen (Ermittlung der max. Axialkraft)

Norm: Werksnorm PVLAB01

Ziel

Es wird mit Hilfe eines Prüfstands die maximale Axiallast einer Kunststoffbewegungsmutter mit Trapezgewinde (Tr 18 x 4) bei bestimmter Drehzahl ermittelt.

Verfahren

Bei diesem Versuch wird eine Spindelmutter über eine Traverse mit einem Gewicht belastet. Ein Motor treibt eine Gewindespindel an, dadurch entsteht eine Auf- und Abbewegung der Spindelmutter.

Prüfparameter

- > Belastung (1000 - 6000 N)
- > Umfangsgeschwindigkeit der Spindel
(max. 19,9 m/min bei einer Übersetzung von 1:4 bzw. max. 5,32 m/min, bei einer Übersetzung von 1:16)
- > Drehzahlen:
Getriebe 1:4 -> 0-353 min⁻¹;
Getriebe 1:16 -> 0-94 min⁻¹
- > Max. Axialgeschwindigkeit: Getriebe 1:4 -> 1,4 m/min;
Getriebe 1:16 -> 0,376 m/min
- > Umfangsgeschwindigkeit für Versuche: 5; 10; 20; 33 mm/min
- > geschmiert oder im Trockenlauf
- > Einschaltdauer (100% = 5 Std.)

Probekörper

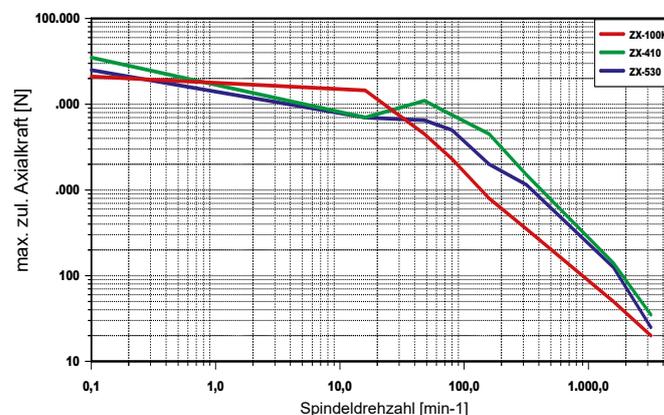
Die Probekörper sind Kunststoffbewegungsmuttern mit einem Trapezgewinde, z.B. TR 18 x 4.



Probekörper

Auswertung

Die Auswertung erfolgt anhand der aufgezeichneten Werte. Die Ergebnisse werden in Axiallastdiagrammen und Temperatur-Zeit-Diagrammen dargestellt. Aus ersterem kann die maximale Axiallast bestimmt werden, die eine Bewegungsmutter ertragen kann.



Axialkraft in Abhängigkeit der Spindeldrehzahl





Elektrische Prüfungen

54-55

Ermittlung des elektrischen Oberflächenwiderstands	54
Ermittlung der elektrischen Durchschlagsfestigkeit	55



Ermittlung des elektrischen Oberflächenwiderstands

Norm: In Anlehnung an DIN EN 61340-2-3

Ziel

Mit Hilfe eines Prüfkopfes mit zwei konzentrischen Ring-Elektroden, der mit verschiedenen Widerstandsmessgeräten verbunden werden kann, soll der spezifische Oberflächenwiderstand gemessen werden. Darunter versteht man den elektrischen Widerstand, den ein Probekörper zwischen zwei Elektroden dem Stromfluss entgegensetzt, der an den Elektroden anliegt. Der Wert ist stark von Luftfeuchtigkeit, Verunreinigungen, Probekörpergröße, Elektrodenform und Anordnung der Elektroden abhängig.

Verfahren

Der Prüfkopf wird auf den Probekörper aufgelegt, eine Prüfspannung angelegt und der Oberflächenwiderstand an der Geräteanzeige abgelesen.

Prüfparameter

> El. Oberflächenwiderstand: 50Ω – $1T\Omega$ je nach angeschlossenem Messgerät

Probekörper

Unabhängig von der Dicke, jedoch mit einem Mindest-Durchmesser von 70mm

Kennwertangabe

Aus den Einzelmessungen ergibt sich der gemittelte Oberflächenwiderstand R_o [Ω].



Messelektrode

Auswertung

Der Oberflächenwiderstand kann direkt vom Display des Messgerätes abgelesen werden. Aus mehreren Einzelmessungen wird dann ein Mittelwert gebildet.

Ermittlung der elektrischen Durchschlagsfestigkeit

Norm: In Anlehnung an DIN IEC 60243

Beschreibung

Die Durchschlagsfestigkeit ist der Widerstand eines Isolators gegen elektrischen Durchschlag. Sie ist sowohl werkstoff- als auch probendickenabhängig.

Verfahren

Der Versuch wird nach DIN IEC 60243 durchgeführt. Dabei wird ein Probekörper zwischen zwei Kontakte geklemmt und in ein Ölbad (elektr. Isolation) getaucht. Die Spannung wird mit einer konstanten einstellbaren Geschwindigkeit erhöht, bis es zum Durchschlag kommt, d.h. elektrischer Strom fließt von einem Kontakt, unter Zerstörung des Probenmaterials, zum anderen Kontakt.

Prüfparameter

- > Stromstärke (5mA bis 20mA)
- > Geschwindigkeit der Spannungserhöhung (0,5kV/sec bis 3kV/sec)

Probekörper

80 x 80 mm oder Ø80 mm, 1-3mm dick

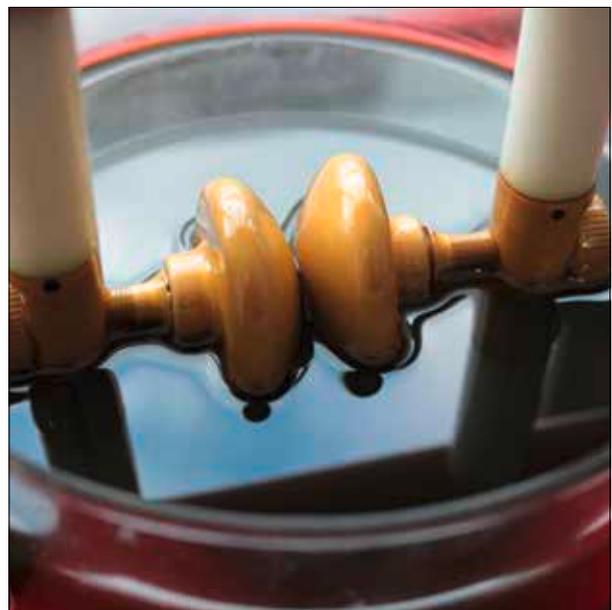
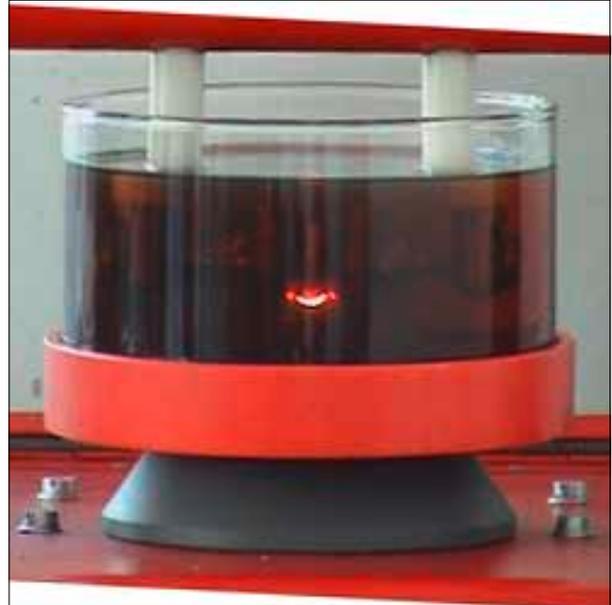
Kennwertangabe

Aus den Einzelmessungen ergibt sich die gemittelte Durchschlagsfestigkeit.

$$\text{Durchschlagsfestigkeit} = \frac{U_d \text{ [kV]}}{s \text{ [mm]}}$$

U_d = Durchschlagsspannung in kV

s = Probendicke in mm

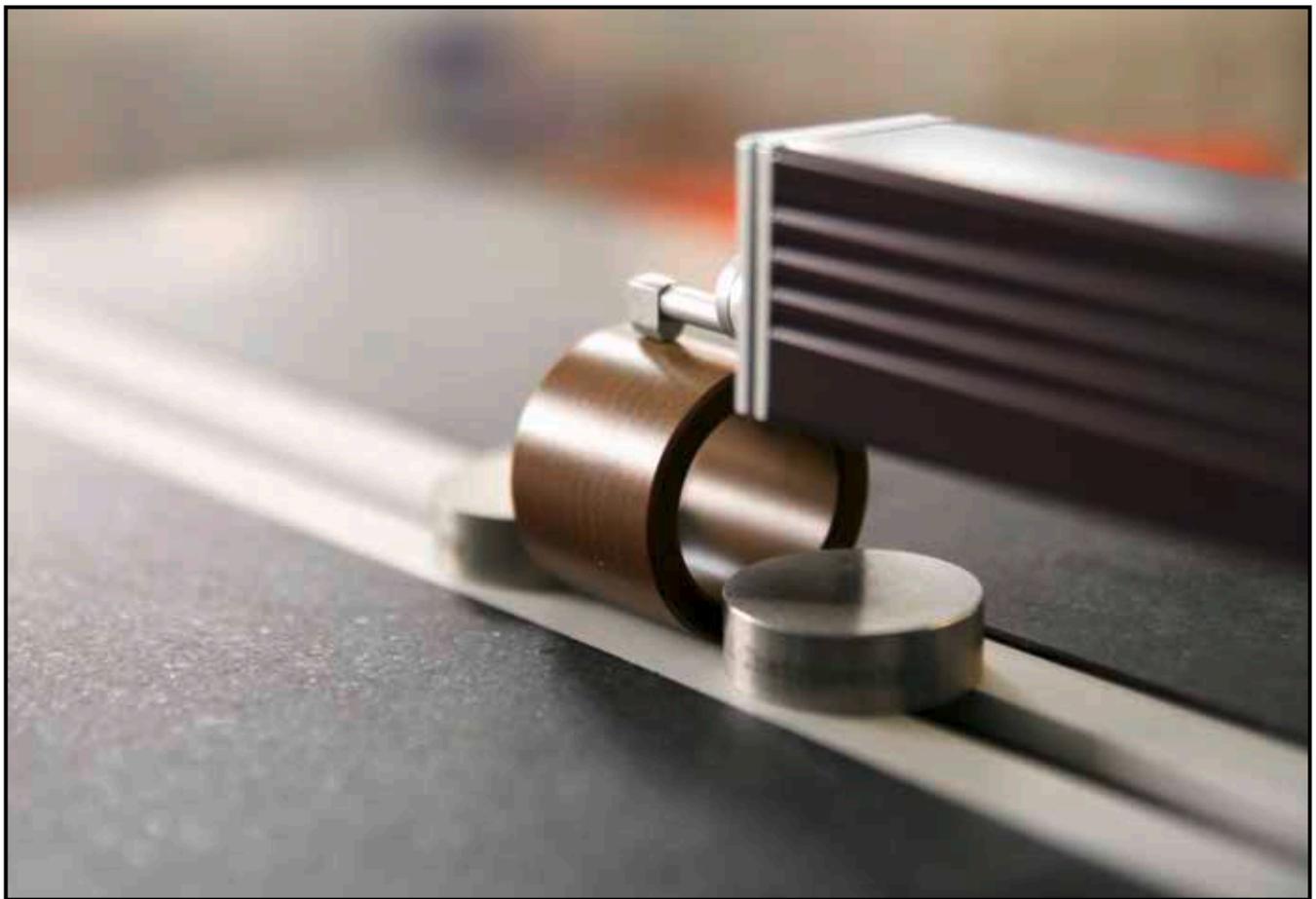


Versuchsaufbau

Auswertung

Es wird die Durchschlagsspannung in kV direkt an der Skala abgelesen und dann durch die Probendicke dividiert.





Sonstige Prüfungen

55-66

Farbmetrische Bestimmung von Farbmaßzahlen und Farbabständen im CIEL*a*b*-Farbraum	58
Ermittlung der spezifischen Dichte	59
FT-IR Spektroskopie	60
Ermittlung der Restfeuchte	61
Ermittlung der Wasseraufnahme	62
Ultraschallprüfung	63
Ermittlung der Oberflächenbeschaffenheit mit Hilfe des Perthometers	64-65
Prüfung der Benetzbarkeit (Ermittlung der Oberflächenspannung mit Hilfe der Prüftintenmethode) ...	66



Farbmetrische Bestimmung von Farbmaßzahlen und Farbabständen im CIE L*a*b*-Farbraum

Norm: DIN 6174

Ziel

Mit dem Farbmessgerät können Farbtöne von Werkstoffproben im CIE L*a*b* Farbraum ermittelt und ggf. als RAL-Farbtone angezeigt werden.

Verfahren

Das Messgerät arbeitet dabei nach dem Prinzip eines Spektralphotometers. Das bedeutet, es misst die Remissionswerte des sichtbaren Lichts im gesamten Spektrum (Infrarot bis Ultraviolett).

Probekörper

Nicht näher festgelegt. Mindestens \varnothing 6 mm.

Kennwertangabe

- L^* Luminanz,
- a^* Rot-Grün-Parameter
- b^* Gelb-Blau-Parameter

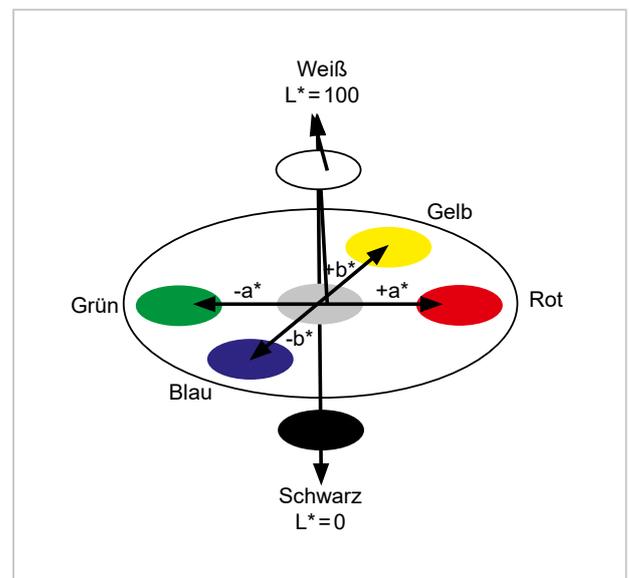
Mit diesen drei Kennwerten kann das Ergebnis eindeutig im CIE L*a*b* Farbraum bestimmt werden.

Auswertung

Messergebnisse werden digital erfasst und in einer Datenbank gespeichert. Die Umwandlung in andere Farbsysteme wie z.B. RAL erfolgt über die entsprechende Software.



Farbmessgerät



CIE L*a*b* Farbraum

Ermittlung der spezifischen Dichte

Norm: Werksnorm PVEXT03

Ziel

Bei diesem Versuch wird die spezifische Dichte ermittelt. Darunter versteht man die Masse eines Werkstoffs bezogen auf sein Volumen.

Verfahren

Die Prüfung erfolgt nach dem archimedischen Prinzip. Die Masse des Prüfkörpers wird erst an der Luft ermittelt. Danach erfolgt eine Wägung des Prüfkörpers in Wasser. Die Differenz der beiden Wägungen entspricht dem Auftrieb (= Gewichtskraft des verdrängten Wassers, da $\rho_{\text{Wasser}} = 1 \text{ kg/dm}^3$).

Probekörper

Entgratete, lunkenfreie Probe bis zu 5 g, oder 20 x 10 x 5 mm.

Kennwertangabe

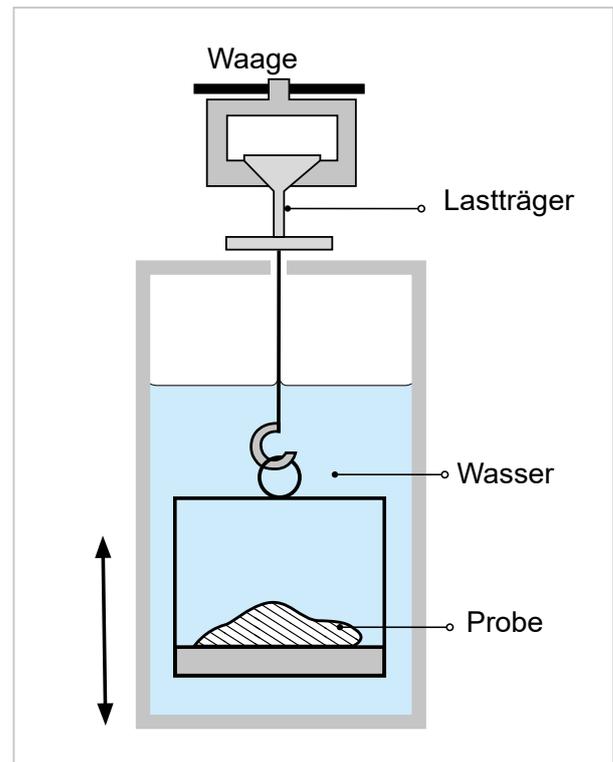
ρ Dichte [kg/dm³]
 m Masse [kg]
 V Volumen [dm³]

Auswertung

Mit der bekannten Dichte des Wassers (1,0 kg/dm³) läßt sich das Volumen des verdrängten Wassers und dadurch das Volumen des Prüfkörpers bestimmen.

Somit kann die Dichte des Prüfkörpers bestimmt werden.

$$\text{Dichte} = \text{Masse} / \text{Volumen}$$



Dichtemessung, Archimedisches Prinzip



FT-IR-Spektroskopie

Norm: Werksnorm PVLAB12

Ziel

Mit Hilfe der Infrarotspektroskopie ist es möglich, Art und Zusammensetzung von Werkstoffen zu untersuchen.

Verfahren

Mittels eines Interferometers werden Lichtbündel, getrennt, räumlich gegeneinander verschoben und wieder überlagert. Dadurch entsteht ein sogenanntes Interferogramm, aus welchem sich dann durch mathematische Algorithmen die werkstoff-spezifischen IR-Spektren berechnen lassen.

Probekörper

Feste oder flüssige Proben. Feste Proben können auch in Pulverform vorliegen. Ansonsten müssen die Proben, grat- und fettfrei sein. Mindestabmessung ca. \varnothing 3 mm (entspricht Durchmesser des Kristalls).

Kennwertangabe

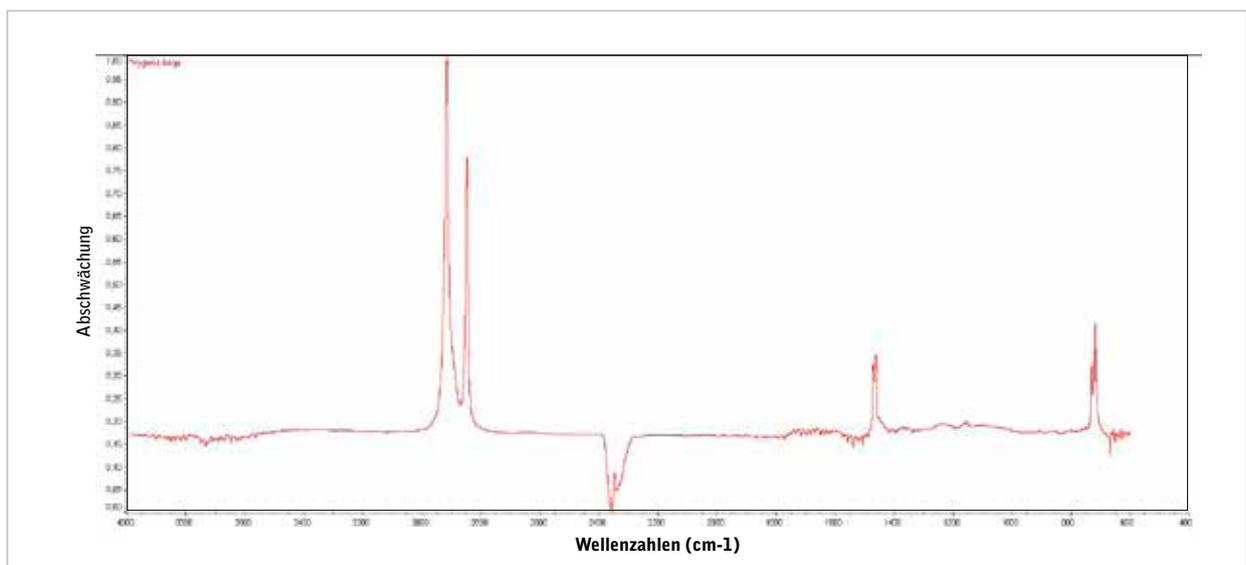
Kenngrößen sind signifikante Banden, die für jedes Material in ihrer Kombination einzigartig und somit charakteristisch sind. Angegeben wird dabei die Lage (Wellenzahlen) und Intensität (Abschwächung) der Bande.



FT-IR Spektrometer

Auswertung

Die aufgenommenen Spektren können mit einer in einer Datenbank gespeicherten Referenz verglichen werden. So kann die Aussage getroffen werden, um welches Material es sich handelt.



Infrarotspektroskopie

Ermittlung der Restfeuchte

Norm: Werksnorm PVEXT08

Ziel

Der Versuch dient zur Bestimmung des Wassergehaltes in Feststoffen nach dem kombinierten Verfahren von Thermoanalyse und Coulometrie.

Verfahren

Mit einem definierten Temperaturprofil wird eine Probe im Ofen des Gerätes erwärmt. Durch das Erwärmen verdampft sowohl Oberflächen- als auch Kapillarwasser. Die entwichene Feuchtigkeit wird mittels Luftstrom (Stickstoff) von der Probe zum elektrochemischen Sensor transportiert. Die anderen Substanzen, wie z.B. Weichmacher oder Restmonomere, können während der Messung auch entweichen, sie werden von dem Sensor aber nicht mitgezählt. Damit ermöglicht der Sensor den selektiven und quantitativen Nachweis nur für ausgetretenes Wasser.

Prüfparameter

- > Temperaturmessbereich: 25-400°C
- > Messempfindlichkeit: 0,001-15% Wassergehalt
- > Messzeit: < 25min (in der Regel)
- > Inerte Atmosphäre: Messung im trockenen Stickstoff möglich

Probekörper

2-2000mg (Granulat/Pulver)

Kennwertangabe

Absoluter und relativer Wassergehalt der Proben, ausgetretene Wassermenge zu jeder Zeit während der Messung.



Feuchtemessgerät

Auswertung

Die Auswertung erfolgt über die entsprechende Software.



Ermittlung der Wasseraufnahme

Norm: DIN EN ISO 175

Vergleichbare Norm: DIN 53476

Ziel

Der Versuch dient der Ermittlung der Werkstoffeigenschaften von Kunststoffen nach Einlagerung in einer Flüssigkeit, der Masse- und Volumenzunahme.

Verfahren

Es wird ein Prüfkörper in einer Prüfkörperflüssigkeit über einen bestimmten Zeitraum bei definierten klimatischen Bedingungen eingelagert.

Prüfparameter

- > Art der Flüssigkeit
- > Einlagerungsdauer
- > Temperatur

Probekörper

Gemäß DIN EN ISO 175:
Rechteckprisma mit 60 mm Kantenlänge, oder Stab mit \varnothing 60 und $l=60$ mm.

Kennwertangabe

- $\Delta m_{\%}$ Massezunahme in Prozent
- m_1 Masse zu Versuchsbeginn
- m_2 Masse direkt nach Versuchsende
- m_3 Masse nach Versuchsende und Trocknung
- Q' Volumenzunahme in Prozent

Man erhält nach Versuchsende qualitative Aussagen darüber, inwiefern sich die Eigenschaften des getesteten Werkstoffes verändert haben.

Keine Veränderung

Eigenschaften haben sich nicht verändert.

Kaum messbar

Einzelne Eigenschaften haben sich evtl. verändert haben aber keinen weiteren Einfluss.

Leichte Veränderung

Veränderungen sind nachweisbar, haben aber keinen schwerwiegenden Einfluss auf die Materialeigenschaften.

Mittlere Veränderung

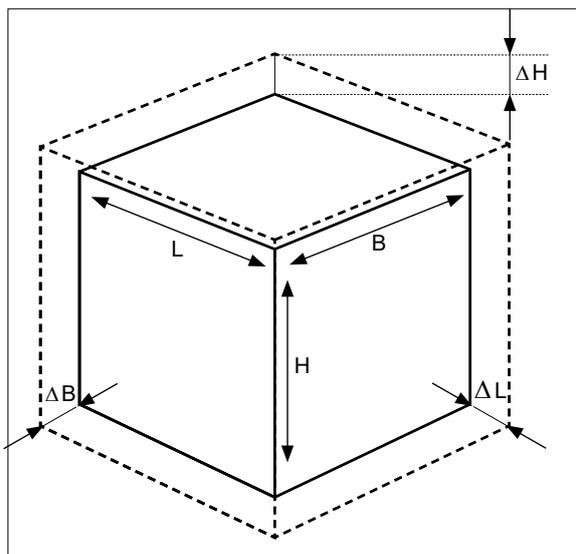
Deutliche Veränderungen in den Materialeigenschaften.

Substantiell

Schwerwiegende Veränderungen.

Auswertung

Es wird der prozentuale Massezuwachs (Volumenvergrößerung) ermittelt. Vorher und nachher können dann die mechanischen, physikalischen, thermischen und weitere Eigenschaften ermittelt werden.



Ultraschallprüfung

Norm: Werksnorm PVEXT09

Ziel

Die Ultraschallprüfung ermöglicht eine zerstörungsfreie Identifikation von Lunkern und Hohlräumen in Kunststoffhalbzeugen.

Verfahren

Bei der Ultraschallprüfung wird ein Prüfkopf auf der Materialoberfläche positioniert. Zwischen Prüfkopf und Halbzeug wird ein Koppelmittel aufgetragen. Der Prüfkopf sendet einen Ultraschallimpuls aus, welcher an der Halbzeugwandung oder einer Fehlerstelle reflektiert wird (Echo). Der zurückkehrende Schallimpuls wird dann vom Prüfkopf registriert.

Bei vorher ermittelter, bekannter Schallgeschwindigkeit kann dann aus der Laufzeit des Schallimpulses die Position von Lunkern und Hohlräumen erkannt werden.

Prüfparameter

- > Geprüftes Material
- > Form und Abmessungen der Probe
- > Füllstoffe, Farbstoffe, Pigmente
- > Schallgeschwindigkeit [m/s]

Probekörper

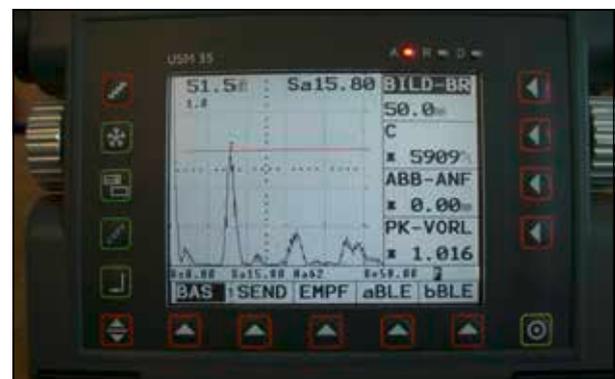
Es sind keine bestimmten Probekörper vorgeschrieben. Die Prüfung kann bei laufender Extrusion am Halbzeugstrang erfolgen oder an bereits abgesägten Abschnitten.

Kennwertangabe

·Aufgespürte Lunker [Anzahl/m], Tiefe [mm]



Ultraschallprüfkopf



Display, Anzeige der Messung

Auswertung

Die Position der Echos wird vom Prüfgerät auf dem Display grafisch dargestellt.



Ermittlung der Oberflächenbeschaffenheit mit Hilfe des Perthometers

Norm: DIN EN ISO 4287

Ziel

Ziel dieser Prüfung ist Ermittlung der Oberflächenrauheit und des Oberflächenprofils von Kunststofffertigteilen.

Verfahren

Die Messung wird mit einem Perthometer durchgeführt. Gemessen werden können das gefilterte Rauheitsprofil (R-Profil), und das ungefilterte P-Profil.

Prüfparameter

- > Prüfgeschwindigkeit
- > Filterung
- > Länge und Anzahl der Einzelmessstrecken
- > optionale Kenngrößen (Kennwertangabe)

Probekörper

Nicht näher festgelegt



Messgerät

Auswertung

Das aufgezeichnete Profil wird vom Perthometer direkt in digitaler Form erstellt und die Kennwerte automatisch berechnet.

Kennwertangaben

- Ra* arithmetische Mittelwert der Profilabweichungen
- Rq* quadratische Mittelwert der Profilabweichungen
- Rz* größte Höhe des Profils
- Rp* Höhe der größten Profilspitze
- Rv* Tiefe des größten Profiltals
- Rt* Gesamthöhe des Profils
- Δa Mittelwert der Profilsteigung
- Rsm* Mittlere Rillenbreite der Profilelemente
- Rsk* Schiefe des Profils,
 - sk*-Wert > 0 -> abrasiv
 - sk*-Wert < 0 -> abriebfest
 - sk*-Wert = 0 -> gleich viele Spitzen/Täler
- Rk* Kernrautiefe
- Rku* Steilheit des Profils (=1-> glatt, >1-> spitz)

- RPc* Spitzenzählung
- S* Mittlerer Abstand der lokalen Spitzen
- HSC* Zählung hoher Spitzen
- Mr1* Materialanteil (oberer Grenzwert)
- Mr2* Materialanteil (unterer Grenzwert)
- Rmax* *Rt* der Messlänge
- Rc* Mittlere Höhe der Profilelemente
- mrc* Materialanteil des Profils
- A1* Spitzenfläche
- A2* Talfläche
- Vo* Volumenmessung
- Rvk* Mittlere Tiefe der unter das Kernprofil ragenden Spitzen
- Rpk* Mittlere Höhe der über das Kernprofil ragenden Spitzen

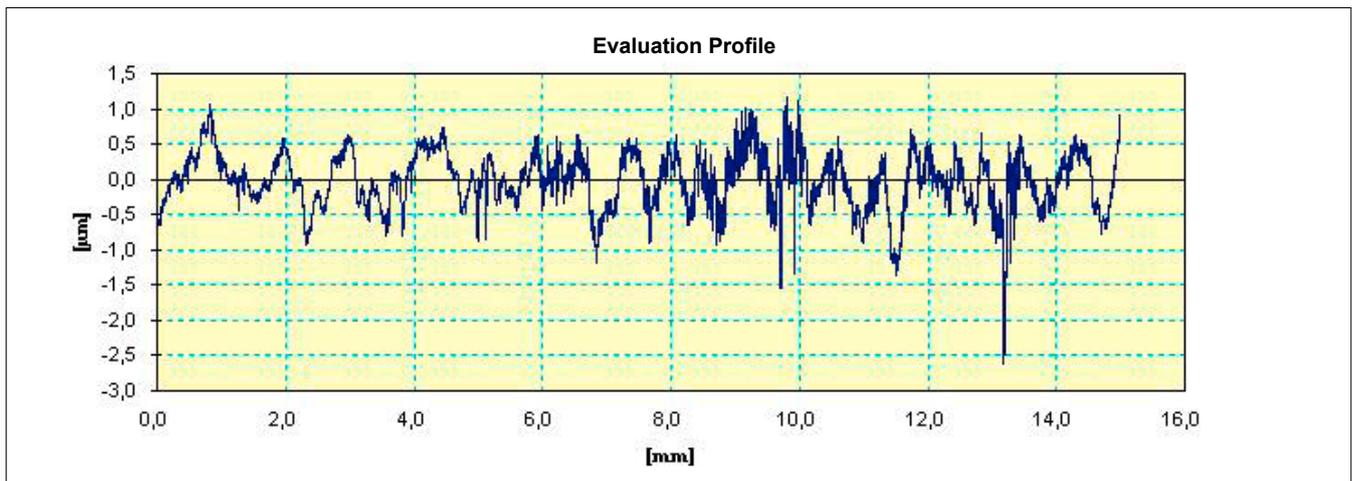


Diagramm Oberflächengüte

Work Name	Test 1	User	Mitutoyo
Measuring Tool	Surf Test SJ-210	Comment	Version 1.00

Standard	FREE	N	6
Profile	R	Cut-Off	2,5 mm
λ_s	NONE	Filter	GAUSS

Ra	0,314 μm	S	93,6 μm
Rq	0,398 μm	HSC	81,85 /cm
Rz	2,311 μm	RzJIS	L1,492 μm
Ry	2,311 μm	Rppi	53,42 /E
Rp	0,888 μm	RDa	0,031
Rv	1,423 μm	RDq	0,043
R3z	1,263 μm	Rlr	1,001
Rsk	-0,566	Rmr	0,040 %
Rku	3,908	Rmr(c)	11,140 %
Rc	1,269 μm	Rmr(c)	23,521 %
RPc	21,03 /cm	Rdc	0,193 μm
RSm	475,5 μm	Rt	3,786 μm
Rpm	0,888 μm	Mr1	6,26 %
Rku	1,035 μm	Mr2	89,99 %
Rpk	0,326 μm	A1	1,02
Rvk	0,512 μm	A2	2,56
		Vo	0,0026

Tabelle Oberflächengüte



Prüfung der Benetzbarkeit (Oberflächenspannung mit Hilfe der Prüftintenmethode)

Norm: in Anlehnung an ASTM D 2578-84

Ziel

Der Versuch dient zur Beurteilung der Benetzbarkeit von Oberflächen, die z.B. beim Verkleben und Lackieren von Kunststoffen eine große Rolle spielt. Die Prüfung wird nach der Prüftintenmethode durchgeführt. Dafür stehen mehrere Testtinten mit unterschiedlicher Oberflächenspannung zur Verfügung.

Verfahren

Die Prüftinte wird nach gründlichem Reinigen der Oberfläche mit einem Pinselstrich auf den Probekörper aufgetragen. Es wird mit einer Prüftinte mit einer großen Oberflächenspannung begonnen. Zieht sich der Strich an den Rändern innerhalb 3 Sekunden nicht zusammen, ist die Oberfläche gut benetzbar. Die Oberflächenspannung des Probekörpers entspricht dann mindestens dem Wert der Testtinte. Zieht sich der Strich zusammen, liegt die Oberflächenspannung des Probekörpers unterhalb der Tinte. Man wiederholt den Vorgang mit der nächst niedrigen Testtinte und nähert sich so schrittweise dem Wert der Oberflächenspannung des Probekörpers.

Prüfparameter

> Prüftinten mit 18-48 mN/m

Probekörper

Es sind keine bestimmten Probekörperabmessungen vorgeschrieben. Die Oberfläche muss jedoch sauber (fettfrei) und eben sein.

Kennwertangabe

Der Kennwert ist die Oberflächenspannung in mN/m.



Prüftintenmethode

Auswertung

Es wird das Zusammenfließen der verschiedenen Prüftinten miteinander verglichen. Man erhält dadurch einen Vergleich der Oberflächenspannung des Probekörpers mit der Oberflächenspannung der Prüftinte.



Kundenspezifische Versuche

68-70

Werkstoffanalyse	68
Schadensanalyse	69
Bauteilversuche	70

Werkstoffanalyse

Bestimmung des Werkstoffs an unbekanntem Proben

In Kombination mehrerer Einzelprüfungen können wir an unbekanntem Werkstoffproben aus Kunststoff bestimmen, um welches Basispolymer es sich handelt, welche Komponenten und Füllstoffe enthalten sind und zu welchen Anteilen.

In der Regel genügen folgende Analysemethoden für eine Werkstoffanalyse:

- > FT-IR zur Ermittlung Basispolymers
- > DSC zur Ermittlung der Schmelztemperatur und der Glasübergangstemperatur
- > TGA zur Bestimmung der Anteile von Komponenten und zum Aufspüren von Füllstoffen
- > Ggf. wird die Versuchsreihe durch mikroskopische Untersuchungen ergänzt.

Senden Sie uns eine Materialprobe - wir sagen Ihnen dann, um welches Material es sich handelt und können Ihnen auf Wunsch eine geeignete Werkstoffalternative aus unserem Programm empfehlen.

Sie erhalten von uns einen ausführlichen Prüfbericht mit den Ergebnissen und Auswertungen aller Einzelversuche.





Gleitlager aus Kunststoff
Seite 1 von 4

Kunststoffanalyse

Probenform: Ring
 Hersteller:
 Artikelnummer: Muster extern
 Auftrag von:
 Durchgeführt am: 11.02.2015
 Durchgeführt von:

1. Ziel (Aufgabenstellung) der Untersuchung

- Allgemeine Analyse des Grundmaterials
- Analyse des Füllstoffes (welcher Füllstoff, Anteilbestimmung)

2. Analyse Methoden

Die Proben wurde Mittels folgenden polymeranalytischen Methoden untersucht:

- FTIR-Spektroskopie; ATR-Verfahren
- DSC; 50-350°C, 20K/min, 2 Heizläufe/1 Kühllauf in N₂
- TGA; 100-850°C 20K/min in N₂

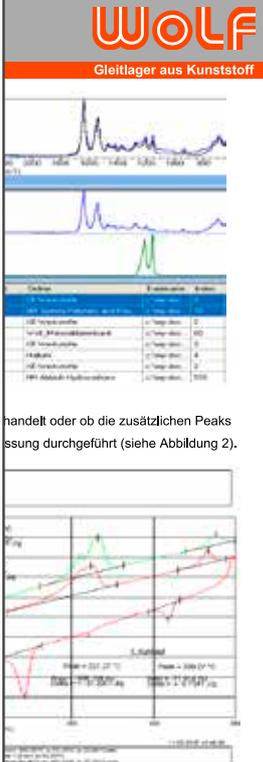
3. Messergebnisse

Die Auswertung des IR-Scans zeigt, dass die Probe aus eine Mischung von PA und PTFE besteht (siehe Abbildung 1). Da anhand der IR-Messung man nicht eindeutig



Wolf Kunststoff Gleitlager GmbH
 Heisenbergstr. 63-65
 D-50169 Kerpen - Tornich
 Telefon: +49 (0) 2237 / 97 49 - 0
 Telefax: +49 (0) 2237 / 97 49 - 20
 email: info@plasticbearings.com
 http://www.plasticbearings.com

- Verschleißteile aus Kunststoff
- Maschinenelemente aus Kunststoff
- Kundenberatung
- Werkstoffentwicklung
- Bauteilauslegung
- Prototypenfertigung
- Serienproduktion



handelt oder ob die zusätzlichen Peaks
 sssung durchgeführt (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: DSC Messung Probe aus dem braunen Ring

Auszug aus einem Prüfbericht

Schadensanalyse

Ermittlung von Versagensursachen / Analyse von Materialfehlern

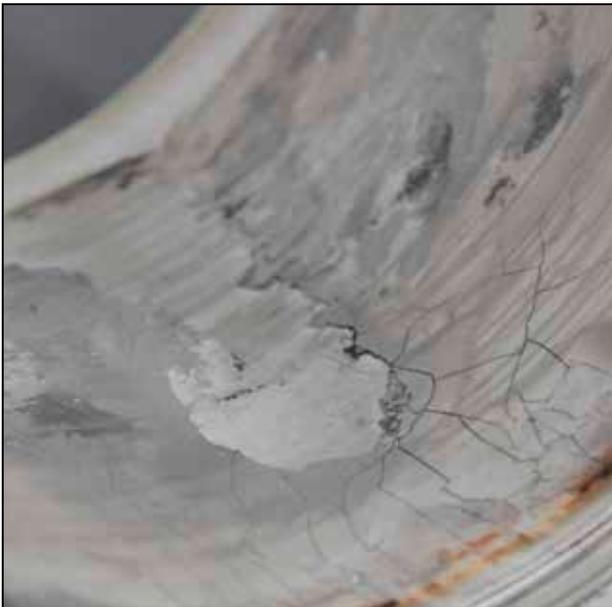
Ausfälle von Bauteilen aus Kunststoff können unterschiedliche Ursachen haben, z.B.

- > Mechanische oder thermische Überbeanspruchung
- > Einfluss von Chemikalien
- > Materialfehler
- > Verarbeitungsfehler
- > Umwelteinflüsse (z.B. UV-Strahlung)

Äußerliche Anzeichen dafür können sein

- > Verfärbungen
- > Risse, Bruch
- > zu hoher Verschleiß
- > Plastische Deformation, Verzug
- > Geschmolzene Bereiche

Mit Hilfe unserer Prüf- und Analysemöglichkeiten können wir die Versagensursache in dem meisten Fällen feststellen und Ihnen notwendige Maßnahmen zur Abhilfe oder Vorbeugung vorschlagen.



Beispiel:

Geschmolzene Bereiche aufgrund einer zu hohen Gleitgeschwindigkeit und gleichzeitig zu hoher mechanischer Belastung.

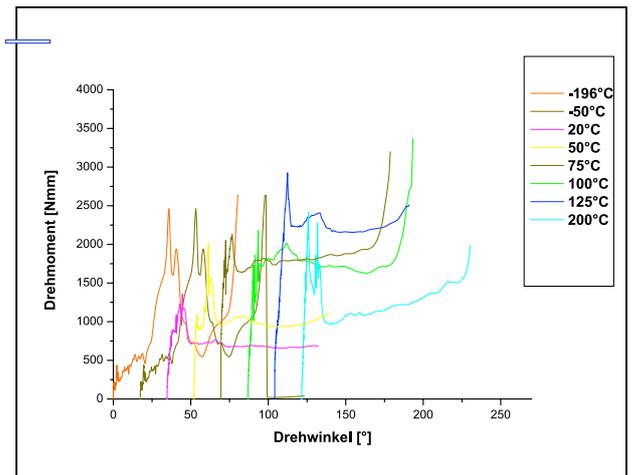


Kundenspezifische Bauteilversuche

Auf Wunsch führen wir für Sie speziell auf Ihre Anwendung und Bauteilbelastung ausgerichtete Versuche durch.



Beispiel: Druckprüfung an Dichtringen aus ZX-324 (axial und radial). Es wurde ermittelt, bei welcher Kraft eine bleibende Deformation auftritt bzw. bei welcher Kraft die Ringe brechen



Beispiel: Ermittlung des Schaltmoments eines Kugelventils mit Kugeldichtungen aus ZX-324 bei Extremtemperaturen von -196 bis +200°C

Mindestprobemenge

Zur Durchführung einer aussagekräftigen Versuchsreihe sind, abhängig vom jeweiligen Versuch, folgende Mengen an Halbzeug erforderlich:

Versuch	Normen	Prüf-körper Stückzahl	Halbzeug-Mindestmenge(sofern keine Prüfkörper vorhanden)
Mechanische Prüfungen			
Bestimmung der Zugeigenschaften	DIN EN ISO 527-1	5	Stab Ø 22 x 2000 mm oder Platte 250 x 500 x 4 mm
Bestimmung der Druckeigenschaften	DIN EN ISO 604	5	Stab Ø 8, Länge: Druckfestigkeit: 200 mm, Druckmodul: 1000 mm
Bestimmung der Biegeeigenschaften	DIN EN ISO 178	5	Stab Ø 15 x 500 mm oder Platte 100 x 80 x 4 mm
Bestimmung des Kriechverhaltens - Teil 1: Zeitstand-Zugversuch Teil 2: Zeitstand-Biegeversuch bei Dreipunkt-Belastung	DIN EN ISO 899-1/DIN EN ISO 899-2	5	Siehe Zugversuch (899-1) bzw. 3-Punkt Biegung (899-2)
Bestimmung der Härte im Kugeleindruckversuch	DIN EN ISO 2039PVEXT06	5	Stab Ø 30 x 400 mm oder Platte 20 x 400 x 4 mm
Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte A / D)	DIN EN ISO 868	5	Ø 10 x 25 mm oder Platte 12 x 12 x 6 mm
Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften (ungekerbt / gekerbt)	DIN EN ISO 179PVEXT06	10	Ø 15 x 500 mm oder Platte 100 x 80 x 4 mm
Ermittlung der Scher- und Schälfestigkeit an geklebten Proben (1.Scher-, 2.Schälversuch)	PVLAB02	5	Platte, Format für mind. 5 Stück 200 x 20 x 2 mm
Durchführung von Gewindeauszugsversuchen	PVLAB03	5	Stab Ø 35 x 250 mm oder Platte 120 x 70 x 32 mm
Ermittlung von Zug-, Druck- und Biegeeigenschaften mit Hilfe des Eplexors (1.Zug, 2.Druck, 3.Biegung)	PVLAB16	5	5 Rechteckige Streifen 70 x 10 x 2mm
Bestimmung des Druckverformungsrestes nach konstanter Verformung	DIN 53517	3	Rundstab Ø30 x200mm
Thermische Prüfungen			
Dynamische DifferenzkalometrieDSC	PVLAB04	1	5 g Granulat
Thermomechanische AnalyseTMA	DIN EN ISO 53752	1	Stab Ø 8 x 125 mm
Thermogravimetrische AnalyseTGA	PVLAB06	1	10 mg (Pulver oder Granulatkorn)
Dynamisch-mechanische AnalyseDMA	PVLAB05	1	Stab Ø 6 x 150 mm, Platte 25 x 100 x 2 mm
Ermittlung der Wärmeformbeständigkeit	DIN EN ISO 75-1/2	3	Siehe 3-Punkt-Biegung
Ermittlung der max. Lagerfestigkeit bei eingepressten Buchsen	PVLAB10	1	Siehe Gleitlagerversuche (pv-Grenzwerte)
Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit	DIN EN ISO 75-1/2	1	Ø6 x 35mm oder 4 x 5 x 35mm
Ermittlung des Sauerstoffindex	IEC 695	10	150 x 8 x 4mm
Bestimmung der Schmelz-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten	DIN EN ISO 1133	1	Bauteil oder 30 g Granulat / Bruchstücke

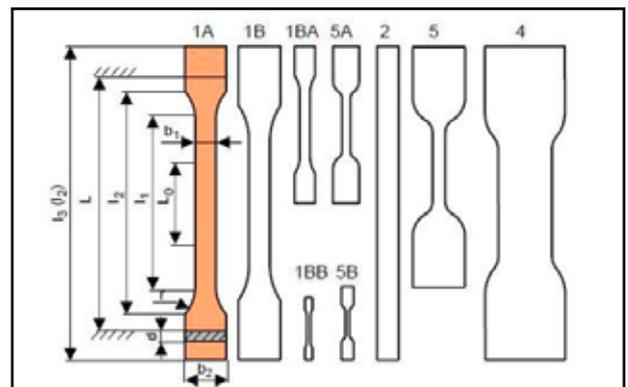
Rheologische Messungen	PVEXT04		Granulat
Tribologische Prüfungen			
Ermittlung von Reibwerten bei 25°C, trocken	PVLAB08	4	Stab Ø 15 x 60 mm oder Platte 10 x 40 x 4 mm (pro Temperaturstufe)
Ermittlung des Verschleißes bei translatorischer Gleitbewegung	PVLAB11	4	Stab Ø 15 x 60 mm oder Platte 10 x 40 x 4 mm (pro Temperaturstufe)
Bestimmung des Abriebwiderstandes - Teil 1: Taber-Abriebprüfgerät („Taber Abraser“)	DIN EN ISO 5470-1	1	Scheibe mit > Ø100mm, 3mm dick oder Platte mit > 100 x 100 mm, 2mm dick
Bestimmung des Abrasionsverschleißes im Sand Slurry Verfahren	In Anlehnung an ISO 15527	1	Platte 80 x 30 x 7mm
Ermittlung der Reibwerte und des Verschleißes mit Hilfe des „Pin on Disk Wear & Friction Monitor“	PVLAB14ASTM G99	1	Stift: Ø 3 -12 x 400mm, Scheibe Ø20 -165 x 100
Ermittlung der Reibwerte und des Verschleißes mit Hilfe des Schwing-Reib-Verschleiß-Prüfgeräts (SRV) (1. Reibung / 2. Verschleiß)	PVLAB13	1	Stift: Ø 20 x 70 mm, Scheibe: Ø 25 x 60 mm
Durchführung von Gleitlagerversuchen (Ermittlung von pv-Grenzwerten)	PVLAB07	50	Ø 18 (55), Länge: 600 mm (1250) mm
Durchführung von Lebensdauerersuchen (Verschleiß bei maximaler Laufstrecke in Abh. des Gleitpartners)	PVLAB09	50	Siehe Gleitlagerversuche
Durchführung von Bewegungsmutterversuchen (Ermittlung der maximalen Axialkraft bei bestimmter Drehzahl)	PLAB01	50	Ø 55 mm, Länge: 3500 mm
Elektrische Prüfungen			
Ermittlung des elektrischen Oberflächenwiderstands	DIN EN ISO 60093	1	Stab >Ø70 oder Platte mit mind. 70 x 70mm
Ermittlung der elektrischen Durchschlagsfestigkeit	DIN EN ISO 60243	1	Stab Ø 70 x 75 mm oder Platte 300 x 200 x 2 mm
Sonstige Prüfungen			
Farbmetrische Bestimmung von Farbmaßzahlen und Farbabständen im angenähert gleichförmigen CIELAB-Farbenraum	DIN EN ISO 6174PVEXT10	1	Bauteil oder ca. 100g Granulat
Ermittlung der spezifischen Dichte	PVEXT03	3	3x Ø 15 x 20 mm, Platte 10 x 10 x 10 mm
FT-IR Spektroskopie	PVLAB12	1	Span 4 x 4 x 1 mm oder Granulat Korn oder geringe Menge Pulver
Ermittlung der Restfeuchte	PVEXT08	1	55 g Granulat / Pulver
Ermittlung der Wasseraufnahme	DIN EN ISO 175	1	Würfel 60 x 60 x 60mm oder Stab Ø60 x 60mm
Prüfung der Benetzbarkeit(Ermittlung der Oberflächenspannung mit Hilfe der Prüftintenmethode)	DIN EN ISO 53364	1	Scheibe Ø 35 x 5 mm, oder Platte 25 x 25 x 2 mm
Ermittlung der Oberflächenbeschaffenheit mit Hilfe des Perthometers	DIN EN ISO 4287	1	Scheibe Ø20 mm, oder Plättchen ca. 20 x 20 mm
Prüfung der Benetzbarkeit	ASTM D 2578-84	1	Bauteil

Aus Zugstäben können wir auch Probekörper für andere Prüfungen erstellen. In der folgenden Tabelle sind die Abmessungen und die mögliche Verwendung der Zugstäbe dargestellt.

Probekörper Typ	1A	1B	1BA	1BB	5A	5B	2	5	4
Gesamtlänge l_3	≥ 150		≥ 75	≥ 30	≥ 75	≥ 35	≥ 150	≥ 115	≥ 152
Anfangsabstand der Klemmen L	115 ± 1	l2 + 0 bis 5	l2 + 0 bis 2	l2 + 0 bis 1	50 ± 2	20 ± 2	100 ± 5	80 ± 5	98
Entfernung zw. den breiten parallelen Teilen l_2	104 bis 113	106 bis 120	58 ± 2	23 ± 2	-	-	-	-	-
Länge des engen parallelen Teils l_1	80 ± 2	60 ± 0,5	30 ± 0,5	12 ± 0,5	25 ± 1	12 ± 0,5	-	33 ± 2	-
Messlänge L_0	50 ± 0,5		25 ± 0,5	10 ± 0,2	20 ± 0,5	10 ± 0,2	50 ± 0,5	25 ± 0,25	50 ± 0,5
Breite des engen Teils b_1	10 ± 0,2		5 ± 0,5	2 ± 0,2	4 ± 0,1	2 ± 0,1	-	6 ± 0,4	25,4 ± 0,1
Breite an den Enden b_2	20 ± 0,2		10 ± 0,5	4 ± 0,2	12,5 ± 1	6 ± 0,5	10 bis 25	25 ± 1	38
Bevorzugte Dicke d	4 ± 0,2		≥ 2	≥ 2	≥ 2	≥ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Radius r	20 bis 25	≥ 60*	≥ 30	≥ 12	-	-	-	-	-
kleiner Radius r_1	-	-	-	-	8	3 ± 0,1	-	14 ± 1	22
großer Radius r_2	-	-	-	-	12,5	3 ± 0,1	-	25 ± 2	25,4
Verwendung	Zugversuch normal, Zugversuch 3D-Druck, 3-Punkt-Biege-Versuch, Charpy, DMA, Druckversuch, HDT, Kugeldruckhärte		Zugversuch Sondergröße, DMA	Zugversuch Sondergröße	Zugversuch Sondergröße, Zugversuch 3D-Druck, DMA	Zugversuch Sondergröße	Zugversuch Sondergröße, [DMA wenn d=1mm]	Zugversuch Sondergröße, [DMA wenn d=1mm]	Zugversuch Sondergröße, [DMA wenn d=1mm]

$$*r = [(l_2 - l_1)^2 + (b_2 - b_1)^2] / 4 (b_2 - b_1)$$

Maße in mm







Support

Kontakt

Verkauf, Liefertermine, Preise

Telefon: 02237 9749-13
Telefax: 02237 9749-43
E-Mail: info@zedex.de

Anwendungstechnik, Beratung

Telefon: 02237 9749-26
Telefax: 02237 9749-45
E-Mail: app@zedex.de

Konstruktion, Beratung

Telefon: 02237 9749-39
Telefax: 02237 9749-45
E-Mail: design@zedex.de

Labor

Telefon: 02237 9749-17
Telefax: 02237 9749-20
E-Mail: labor@zedex.de

Qualitätssicherung, QMB

Telefon: 02237 9749-22
Telefax: 02237 9749-20
E-Mail: qmb@zedex.de

Beratung

Bei Problemen mit Kunststoffbauteilen unterstützen wir Sie von der Problemanalyse bis zur Lösung und Lieferung der problemlosen Produkte. Unser Support umfasst:

Hilfestellung bei der Problemanalyse
Telefonsupport
Analyse durch Fragebögen
Persönliche Beratung vor Ort
Schulungen und Vorträge
Berechnungssoftware für Kunden



Eine vollständige Liste unserer Partner und Auslandsvertreter finden Sie auf unserer Internetseite. Scannen Sie diesen QR-Code mit Ihrem Smartphone und Sie gelangen auf die entsprechende Seite.



Wolf Kunststoff-Gleitlager GmbH

Heisenbergstr. 63-65
50169 Kerpen-Türnich
Gewerbegebiet II
Telefon +49 2237 9749-0
Telefax +49 2237 9749-20
E-Mail info@zedex.de
Internet www.zedex.de

Überreicht durch: