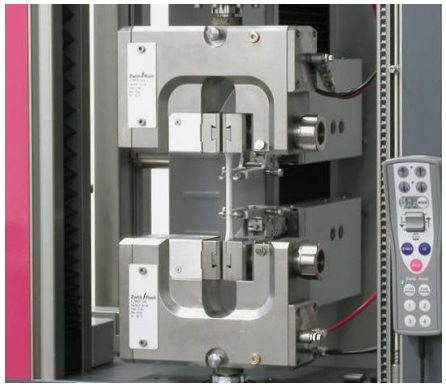
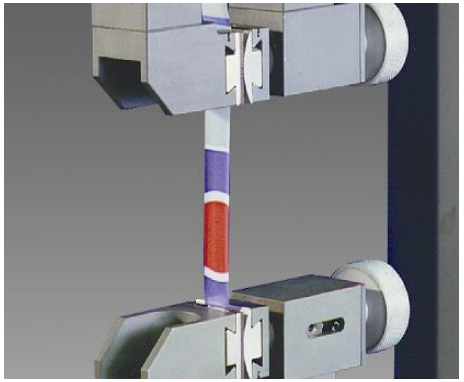
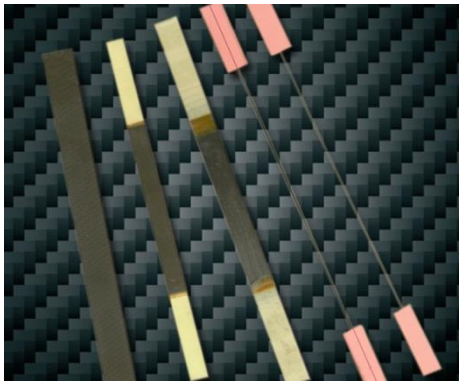
DIN EN ISO 527

Kunststoffe: Bestimmung der Zugeigenschaften

Helmut Fahrenholz

Oktober 2018

Inhalt

Vorgeschichte und Anwendung

- Teile der ISO 527
- Bedeutung, Einsatzgebiete
- Neue Ausgabe der ISO 527

Prüfkörper

Der Zugversuch

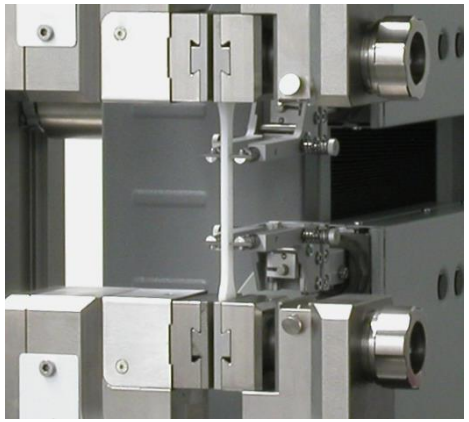
Vergleichbare Werkstoffdaten

Anforderungen an die Prüfeinrichtung

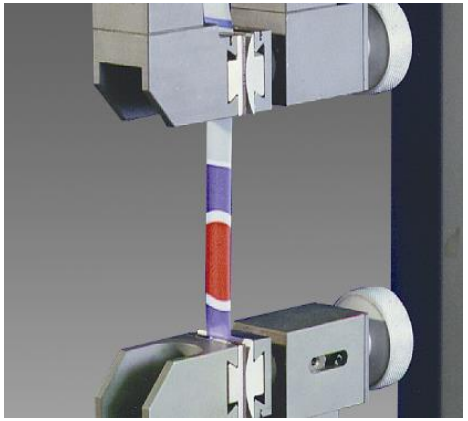
Teile der ISO 527

ISO 527 deckt gefüllte und ungefüllte Kunststoffe, Extrusions- und Gussformmassen, Folien und Platten, sowie langfaserverstärkte Verbundwerkstoffe ab.

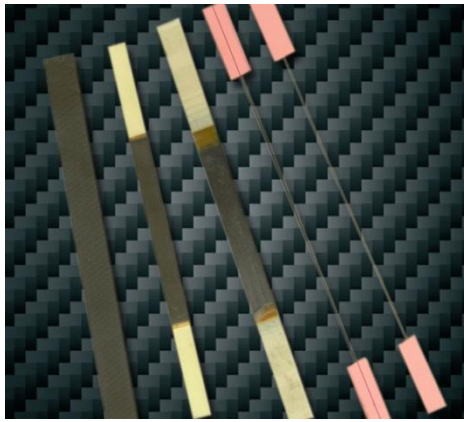
- Teil 1: Allgemeine Grundsätze
- Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen
- Teil 3: Prüfbedingungen für Folien und Tafeln
- Teil 4: Prüfbedingungen für isotrop und anisotrop faserverstärkte Verbundwerkstoffe
- Teil 5: Prüfbedingungen für unidirektional faserverstärkte Verbundwerkstoffe



Teil 2



Teil 3



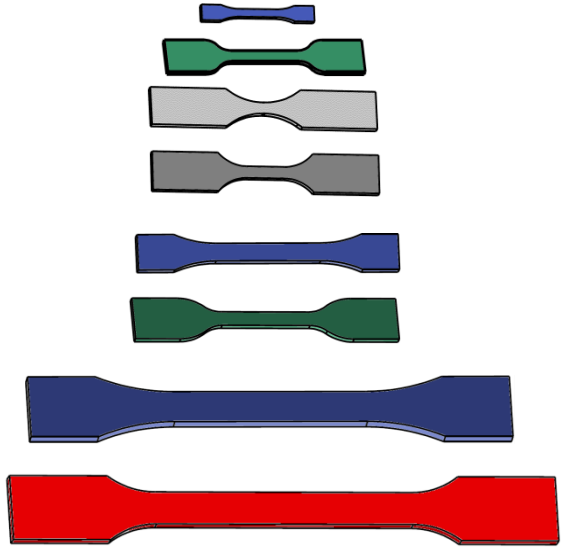
Teil 4 und 5

Inhalt

Vorgeschichte und Anwendung

Prüfkörper

- Probekörperformen und -abmessungen
- Anforderungen an die Querschnittsform
- Messung der Dicke und Breite



Der Zugversuch

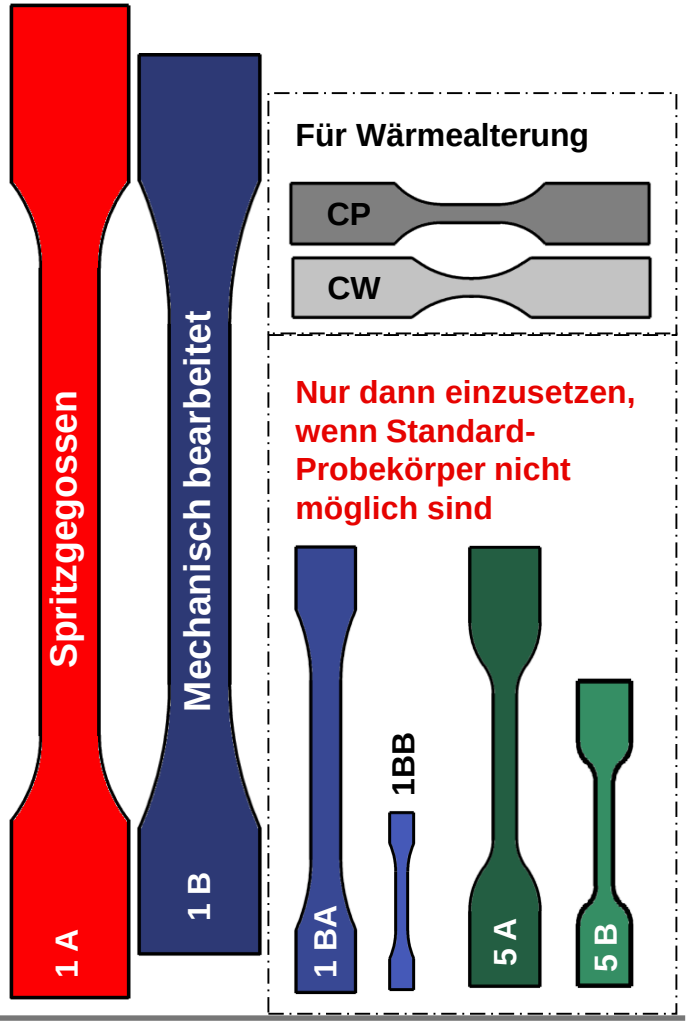
Vergleichbare Werkstoffdaten

Anforderungen an die Prüfeinrichtung

Probekörperformen und -abmessungen

Iso 527-2 definiert Typ 1A für spritzgegossene und 1B für mechanisch bearbeitete Probekörper

- ISO 20753 legt Probekörper für die Kunststoffprüfung in allgemeiner Form fest.
- ISO 527-2 legt die Probekörper für den Zugversuch fest.
  - Formen 1A (A1) und 1B (A2) sind die Standard-Probekörper für vergleichbare Kennwerte
  - Formen 1BA (A22) und 1BB (A25) als maßstäblich verkleinerte Probenform (nur informativer Anhang)
  - Formen 5A und 5B sind proportional zu ISO 37 (Gummi), Formen 2 und 3 (nur informativer Anhang)
  - Formen CW und CP (identisch zu Formen 2 und 4 nach ISO 8256) als kleine Probekörper für Wärmealterung.
- ISO 293 und 294 legen Bedingungen für Spritzgießen und Pressen von Probekörpern fest.
- Spezielle Bedingungen und Formen können in nationalen oder internationalen Materialspezifikationen vorliegen.

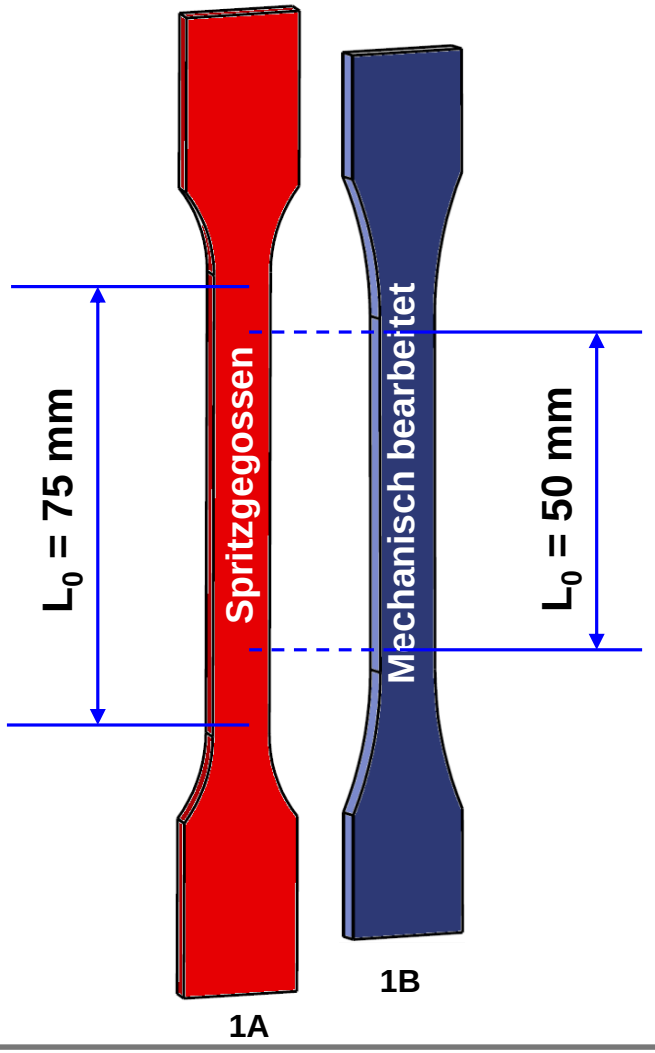


Neue Messlänge

Die bevorzugte Messlänge für Probekörper Typ 1A wurde auf 75 mm erhöht.

- Bessere Genauigkeit bei der Modulmessung
- Kein signifikanter Einfluss auf die Streckpunktbestimmung
- Kein signifikanter Einfluss auf die Bestimmung des Probenbruches.
- Bessere Ausnutzung des parallelen Teils des Typ 1A Probekörpers, der 80 mm lang ist.

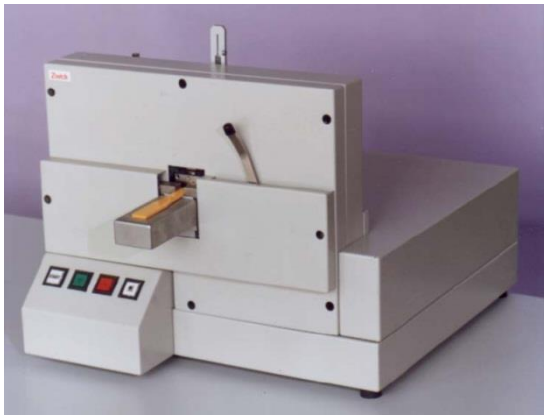
- Keine Änderung für Probekörper Typ 1B !
- Messlänge 50 mm ist noch erlaubt, aber nicht bevorzugt für Probekörper Typ 1A



Messung der Dicke und Breite

Genaue Werkstoffkennwerte erfordern eine exakte Dimensions-messung. ISO 16012 für Kunststoffe, ISO 23529 Gummi.

- Die Breite von Kunststoffproben kann mit einem Messschieber , einer Mikrometerschraube oder einem Querschnittsmessgerät bestimmt werden.
- Die Dicke von Kunststoffproben wird mit einer Mikrometer-schraube oder einem Querschnittsmessgerät gemessen.
- Die Messkraft beträgt zwischen 5 und 15 N, die Messflächen sind kreisförmig und flach, üblicherweise mit 6,35 mm (6,5 mm) Durchmesser. Andere Kontaktelemente sind möglich.
- Die Messung wird in mittig zum Probekörper und innerhalb der Messlänge durchgeführt. Spritzgegossene Probekörper werden innerhalb 5 mm um die Mitte der Messlänge gemessen.
- Ein Dickenmessfehler von 0,1 mm erzeugt einen Fehler von 2.5 % !



Zwick Querschnittsmessgerät (QMG)

Table 1 — Accuracy requirements

Dimensions in millimetres

Range of dimensions	Required accuracy
< 10	± 0,02
⩾ 10	± 0,1

Anforderungen nach ISO 16012

Mikrometerschraube mit Ratsche

Inhalt

Vorgeschichte und Anwendung

Prüfkörper

Der Zugversuch

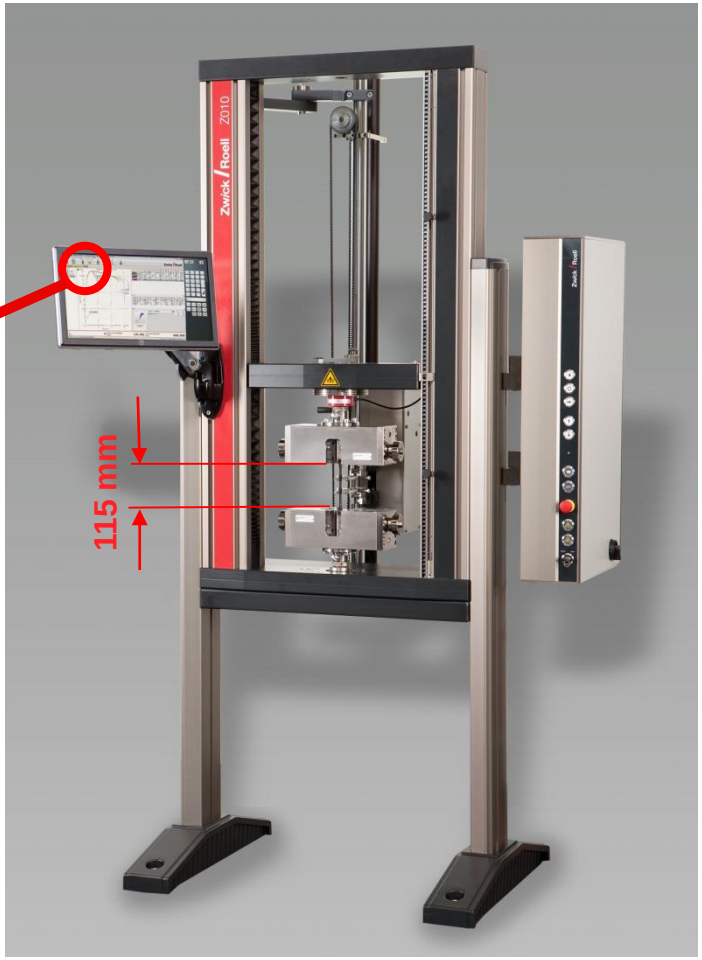
- Vorbereitung der Prüfmaschine
- Schiefzugausrichtung
- Vorstauchung, Vorkraft
- Prüfgeschwindigkeiten
- Zugmodul
- Streckpunkt und Bruch
- Nominelle Dehnung
- Poissonsche Zahl

Vergleichbare Werkstoffdaten

Anforderungen an die Prüfeinrichtung

Bringen Sie die Prüfmaschine in eine bekannte Ausgansstellung bevor der Versuch gestartet wird.

- Setzen Sie den Probenhalterabstand auf 115 mm
- Nullen Sie die Kraftmesskette <u>bevor</u> der Probekörper an beiden Enden gespannt wird.



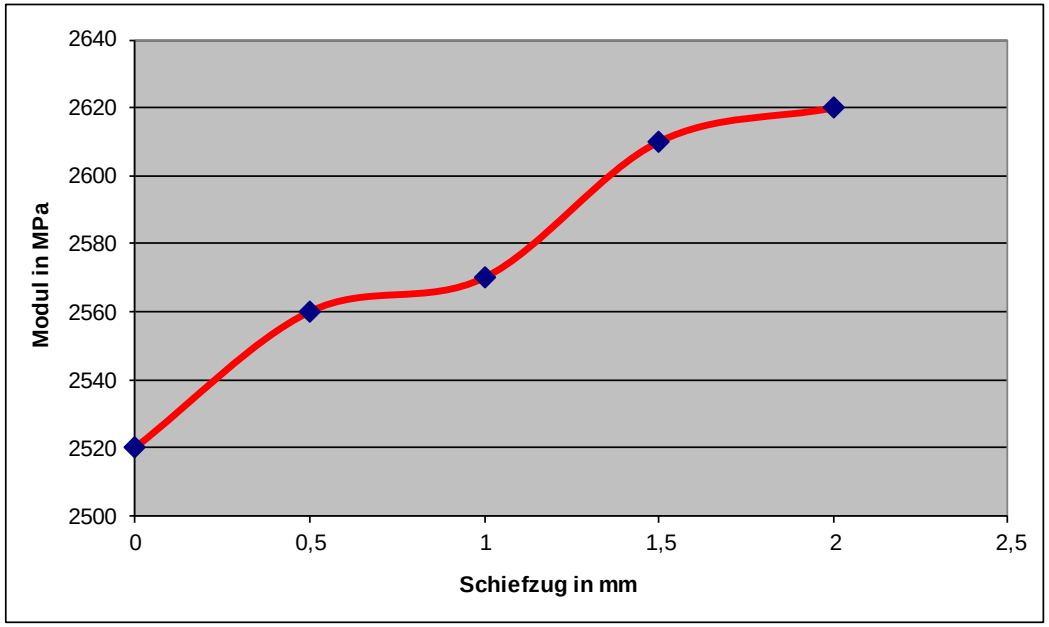
Zwick Materialprüfmaschine

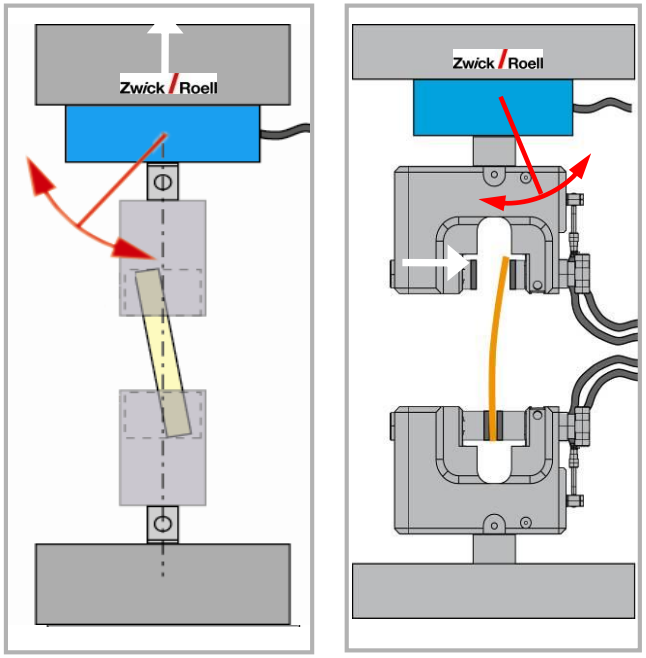
Kräfte, die während des Einspannvorgangs auftreten können, wirken tatsächlich auf den Probekörper ein !

Schiefzugausrichtung

Schiefzug, z.B. durch schräges Einspannen des Probekörpers kann zu Problemen bei der Zugmodulmessung führen.

- Schiefzug führt zu Biegekräften im Probekörper
- Für eine Messung an PBT wurde bei beidseitiger Dehnungsmessung eine Änderung des Zugmoduls von 4% für einen Schiefzug von 2 mm festgestellt

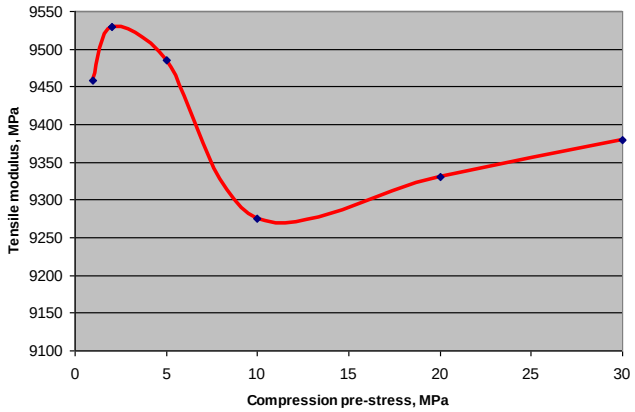




Vorstauchungen

Vorstauchungen während des Einspannens müssen vermieden werden, z.B. durch die *testXpert* II Funktion „Kraftkonstanthaltung beim Schließen“.

- Vorstauchungen beim Einspannen können den Zugmodul um mehr als 3% beeinflussen.
- *testXpert* II erlaubt eine Kraft-Nullregelung der Prüfmaschine während des Einspannvorgangs.



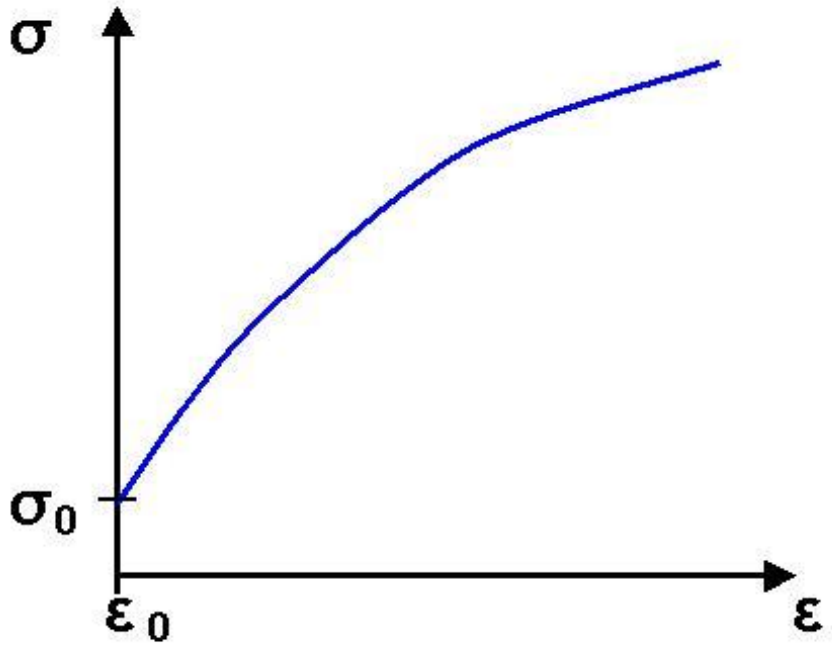
Beispiel für den Einfluss verschiedener Vorstauchungen auf den Zugmodul..

(PBT GF 10%)

testXpert II - Eingabedialog zur Aktivierung der Funktion „Kraftkonstanthaltung ^Schließen“

Kleine positive Vorspannungen (σ_0) vermeiden eine „Kurvenfuß“ am Beginn des Spannungs-Dehnungsdiagramms.

- Der Nullpunkt der Probendehnung befindet sich definitionsgemäß an der Vorspannung.
- Diese Definition sorgt für einen wiederholbaren Startpunkt der Prüfung, der unabhängig vom Bediener und vom Prüfmittel ist.



Für Zugmodulmessungen:

$\sigma_0 \leq E_t / 2000$

Bedeutet, dass die „abgeschnittene“ Dehnung kleiner als 0,05% ist.

Für die Messung der relevanten Spannungen:

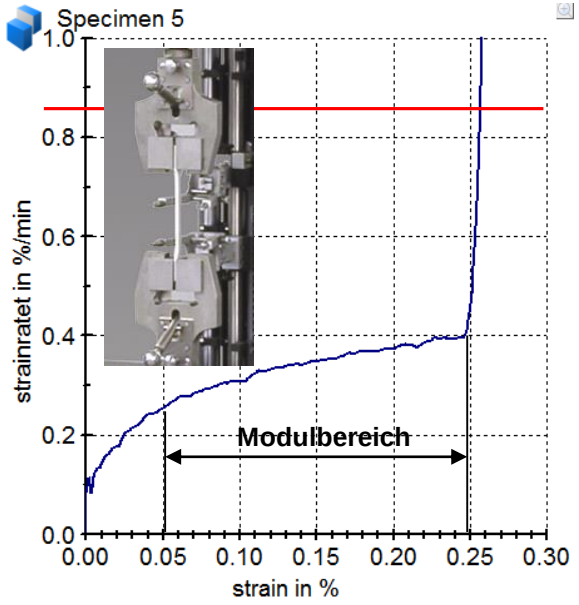
$\sigma_0 \leq \sigma / 100$

Prüfgeschwindigkeiten

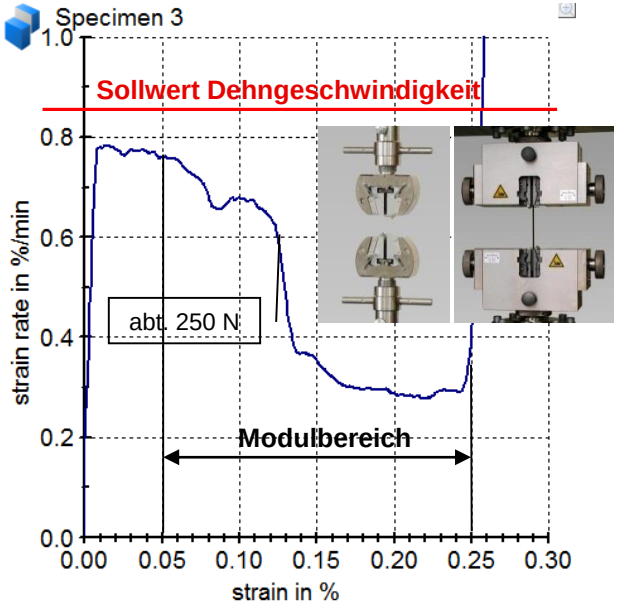
Parallele Spannprinzipien stellen sicher, dass die korrekte Verformungs-geschwindigkeit eingehalten wird.

- Die Modulbestimmung soll bei einer Dehngeschwindigkeit nahe 1%/min erfolgen, wobei eine der Geschwindigkeiten nach Tabelle 1 aus ISO 527-1 zu verwenden ist.
- 1 mm/min Traversengeschwindigkeit entspricht einer Dehngeschwindigkeit von 0,87 %/min.(1A, 1B)

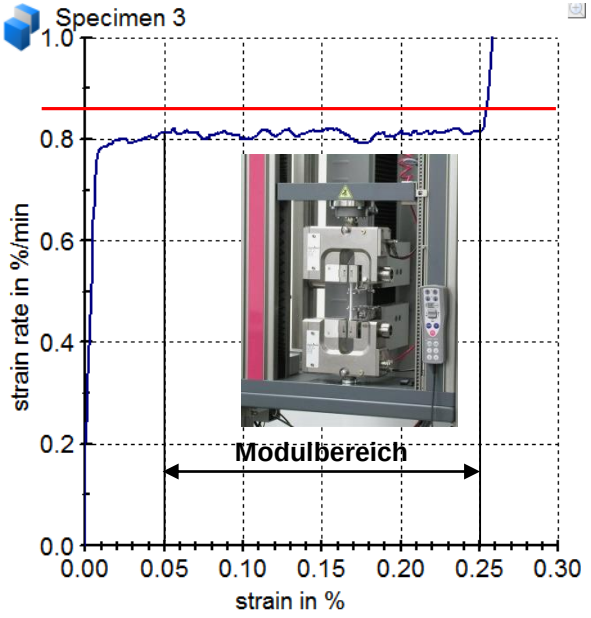
Keilspannzeuge führen zu niedrigen, vorgespannte Keilspannzeuge zu variablen Geschwindigkeiten



Keil-Probenhalter



Vorgespannter Keil-Schraub Probenhalter

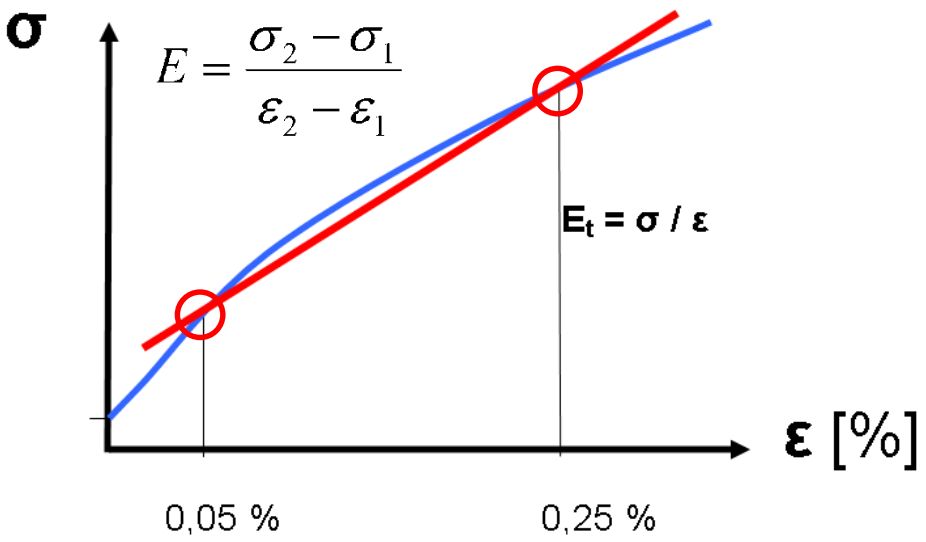


Parallel klemmende Pneumatik-Probenhalter

Zugmodul

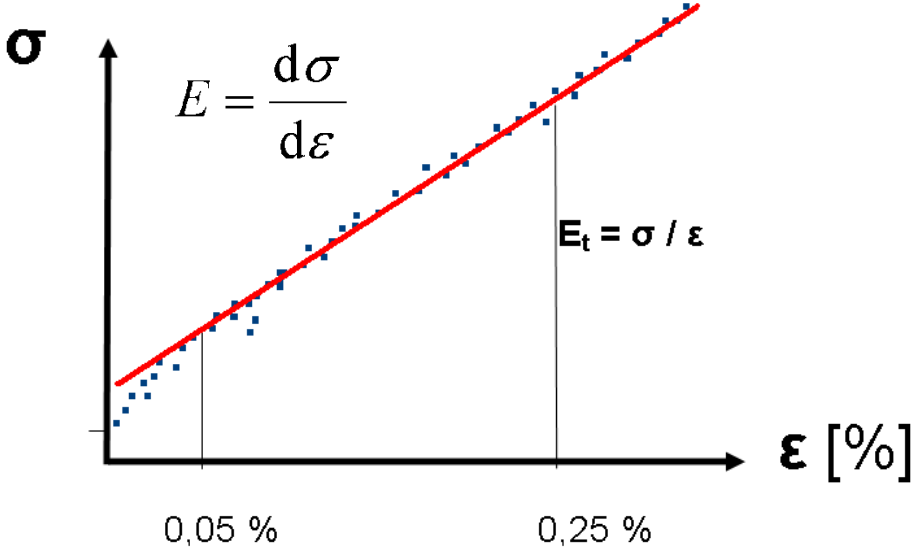
Der Zugmodul wird zwischen zwei Dehnungen bestimmt.

- Steigung im Spannungs-Dehnungsdiagramm zwischen 0.05% und 0.25% Dehnung
- Berechnung als Sekante zwischen 2 Punkten, oder als Regressionsgerade.



Sekanten Steigung

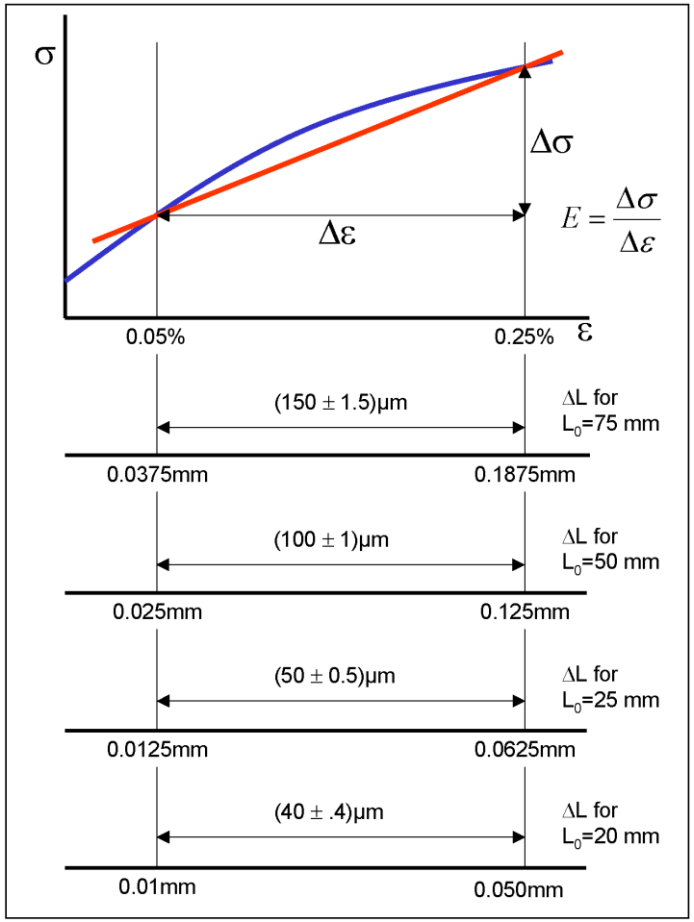
Leicht einsetzbar für manuelle Berechnungen, statistisch empfindlich auf Signalrauschen.



Regressionsgerade

Alle Messpunkte im Bereich gehen in das Ergebnis ein, dadurch statistisch sicherer.

Modulmessungen erfordern einen hochgenauen Wegaufnehmer.



Längenänderungsmessung für Modulbestimmung

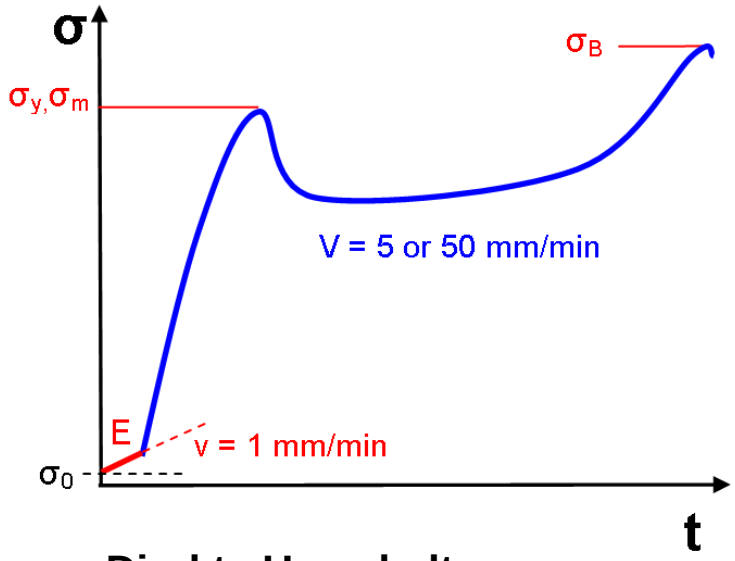
Anforderungen nach ISO 527-1, §5.1.5.1 :
Da der Elastizitätsmodul üblicherweise an den größeren Probekörpern 1A und 1B ermittelt wird, beträgt die Genauigkeitsanforderung an den Längenänderungsaufnehmer ±1,5 µm für Typ 1A und ±1,0 µm für Typ 1B.

Die Mindestanforderung für die Auflösung liegt mit Bezug auf ISO 9513 damit bei 0,5 Mikrometern. Für kleinere Probekörper werden die Genauigkeitsanforderungen höher.

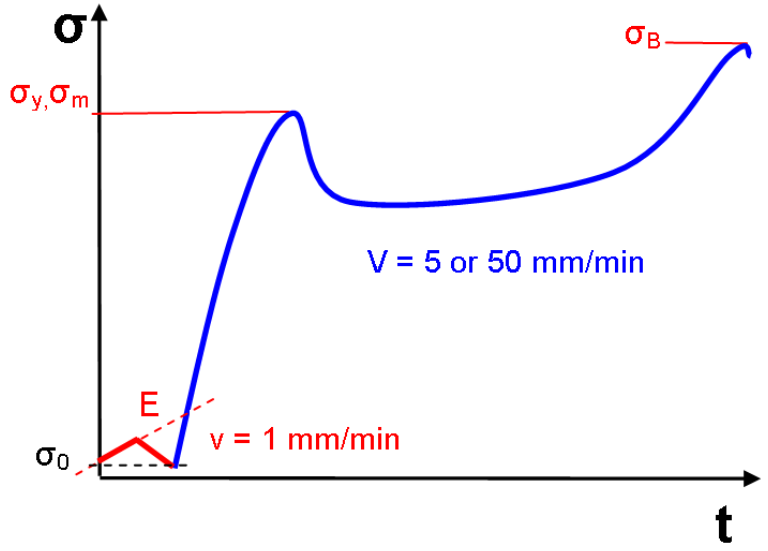
Geschwindigkeitsumschaltung

Sobald die Modulbestimmung abgeschlossen ist, wird die Geschwindigkeit umgeschaltet. Üblich sind 5 mm/min oder 50 mm/min.

- ISO 527-1 lässt explizit die Geschwindigkeitsumschaltung nach der Modulbestimmung zu.(§ 9.6)
- Zugmodul und weitere Prüfergebnisse dürfen am gleichen Probekörper ermittelt werden.
- Die Geschwindigkeitsumschaltung muss bei Dehnungen kleiner gleich 0,3% erfolgen
- Bevorzugtes Verfahren ist das Entlasten des Probekörpers vor der Geschwindigkeitsumschaltung. Eine direkte Geschwindigkeitsumschaltung ist ebenfalls erlaubt..



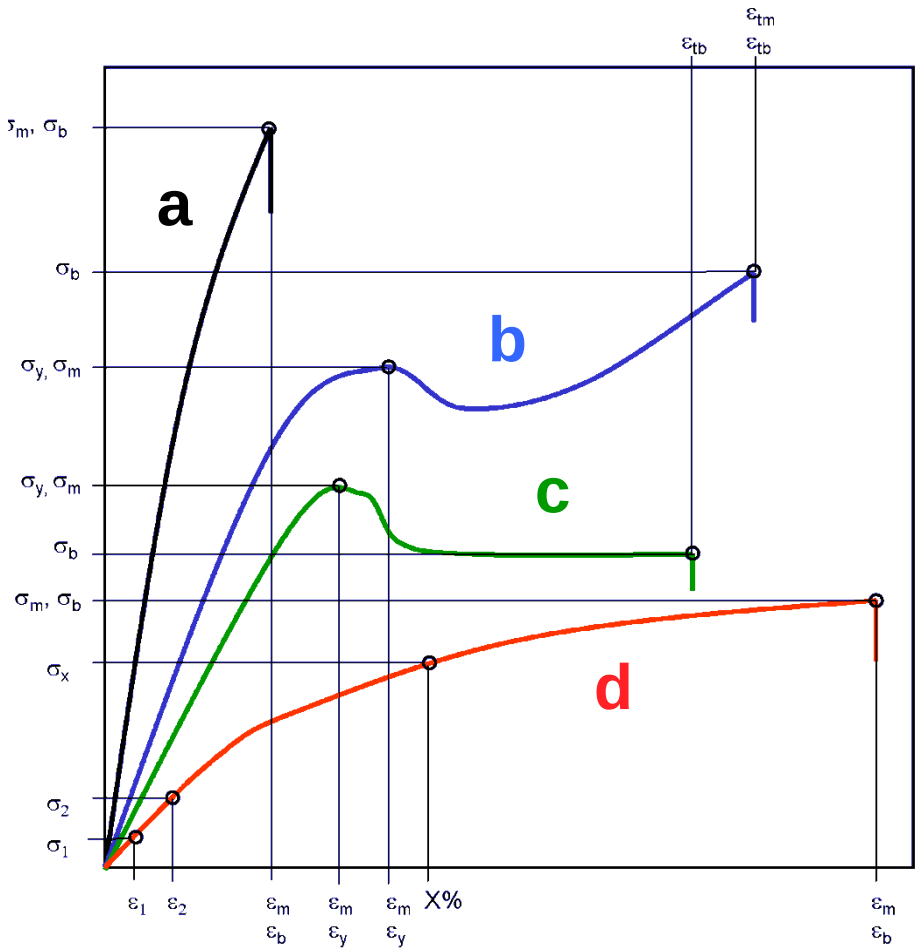
Direkte Umschaltung



Umschaltung nach Entlastung

Zugversuch – Streckpunkt und Bruch

ISO und ASTM unterscheiden verschiedene Auswertungsverfahren entsprechend der Kurvenform im Spannungs-Dehnungsdiagramm.

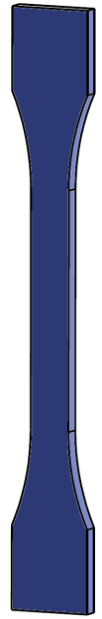


Arten von Spannungs-Dehnungskurven:

Kurventyp a:	Spröde Werkstoffe
Kurventyp b und c:	Dehnbare Werkstoffe mit Streckpunkt
Kurventyp d:	Dehnbare Werkstoffe ohne Streckpunkt

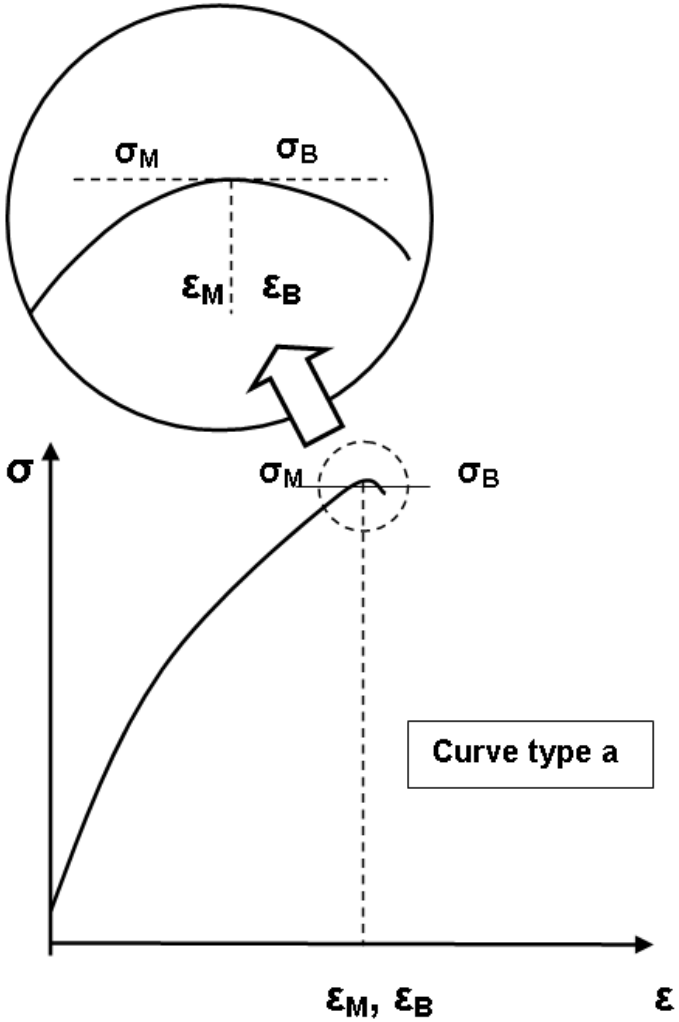
Ergebnisse:

- Zugmodul, E_t
- Streckpunkt (ε_y, σ_y)
- Max. Kraft, σ_M, ε_M,
- Probenbruch, σ_B, ε_B, ε_{tB}
- Dehnungsergebnisse nach dem Streckpunkt werden als **Nominale Dehnung** ermittelt



Zugversuch – Kurventyp a

Für Kurventyp a werden alle Ergebnisse in einem Punkt ermittelt.



Ergebnisse des Kurventyp a:

- Zugmodul
- max. Spannung
- max. Dehnung

Genauigkeitsanforderungen Längenänderungsaufnehmer für die weiteren Prüfergebnisse

ISO 527-1, §5.1.5.1:

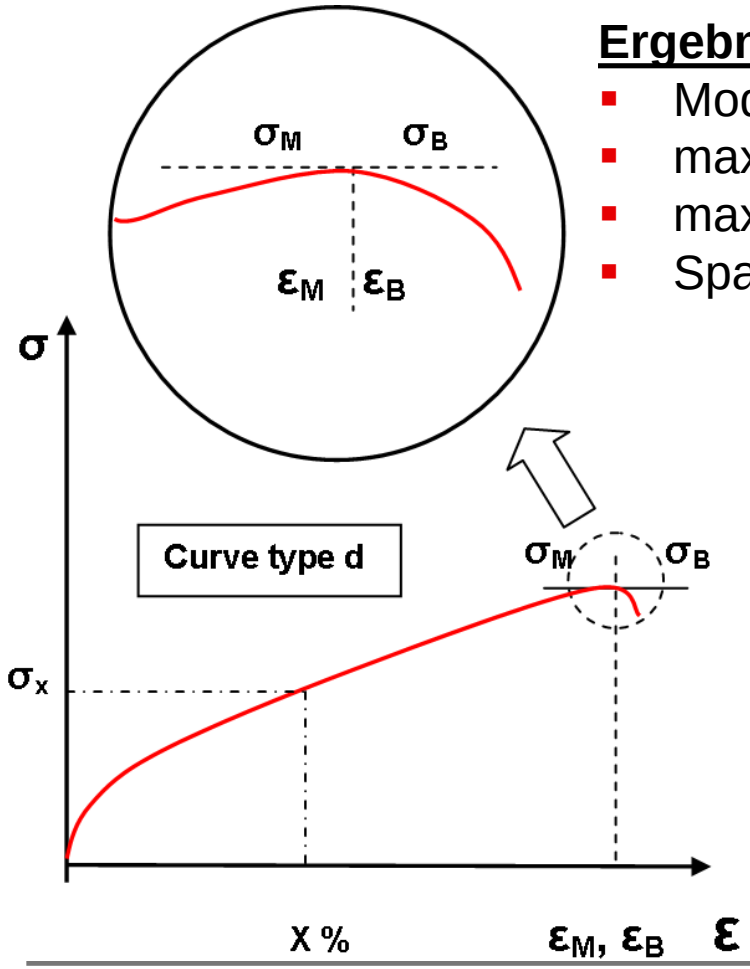
“Längenänderungsaufnehmer müssen die Klasse 1 nach ISO 9513 erfüllen, ausser für die Modulbestimmung …“

Der Längenänderungsaufnehmer muss also die Änderung der Messlänge mit einer Genauigkeit des Grösstwertes von ± 1% des Anzeigewertes oder ± 3µm ermitteln.

Beispiel:
Für Probekörper 1A wird eine Dehnung von 4% gemessen. Dies entspricht einer Änderung der Messlänge von 3 mm. Die Genauigkeit in diesem Punkt muss damit ± 0.030 mm erreichen.

Zugversuch – Kurventyp d

Eine konventioneller Dehnungsbezugspunkt wird bei größeren Probendehnungen eingesetzt.

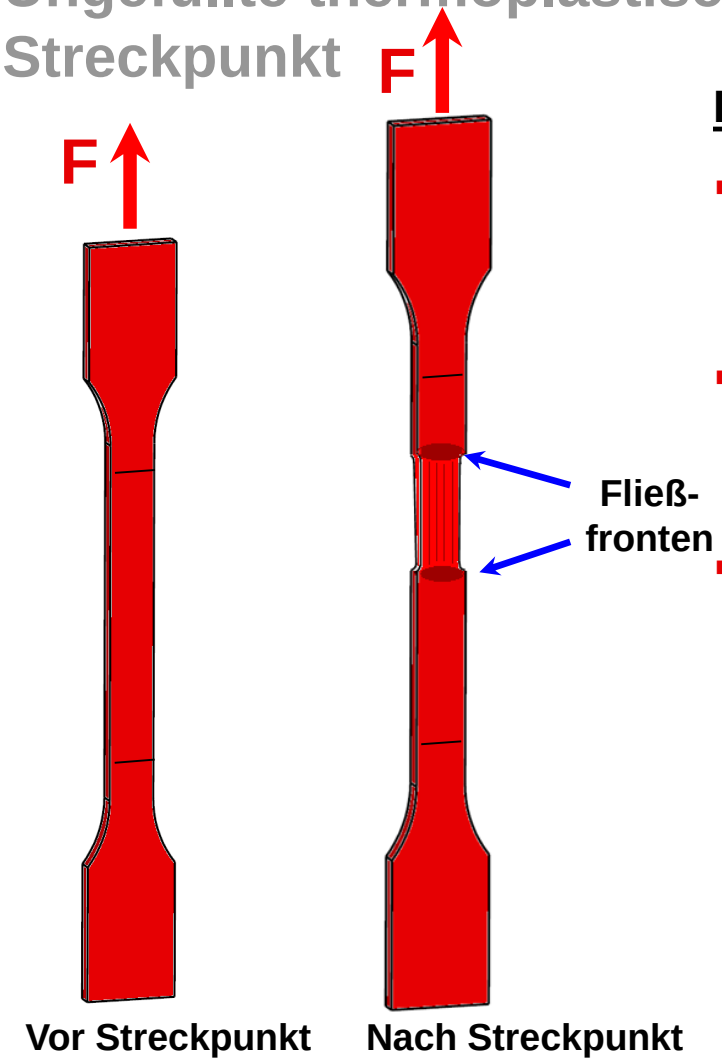


Ergebnisse des Kurventyp d:

- Modul
- max. Spannung
- max. Dehnung
- Spannung bei X% Dehnung

Zugversuch – Kurventyp b und c

Ungefüllte thermoplastische Kunststoffe zeigen in der Regel einen Streckpunkt



Inhomogene Dehnungsverteilung nach Streckpunkt

- Unterhalb des Streckpunkts ist die Dehnung weitgehend homogen innerhalb des parallelen Teils des Probekörpers verteilt.
- Nahe am Streckpunkt steigt die Dehngeschwindigkeit in engen Bereichen stark an, während sie in anderen Bereichen abfällt.
- Nach dem Streckpunkt können sehr hohe Dehngeschwindigkeiten innerhalb der Fließfronten beobachtet werden. Diese lokalen Dehngeschwindigkeiten können um mehr als das zehnfache über der mittleren Dehngeschwindigkeit liegen.

Direkte Dehnungsmessung nach dem Streckpunkt führt zu statistisch unsicheren Ergebnissen.

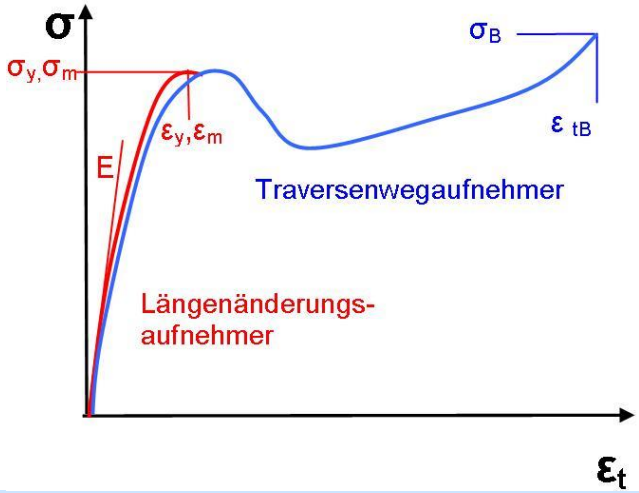
Film

Nominelle Dehnung

ISO 527-1 legt zwei Verfahren für die Messung der nominellen Dehnung fest.

Verfahren A

- Wird seit 1993 in ISO 527 angewandt
- Erfordert zwei Grafiken um alle Ergebnisse korrekt grafisch darzustellen.

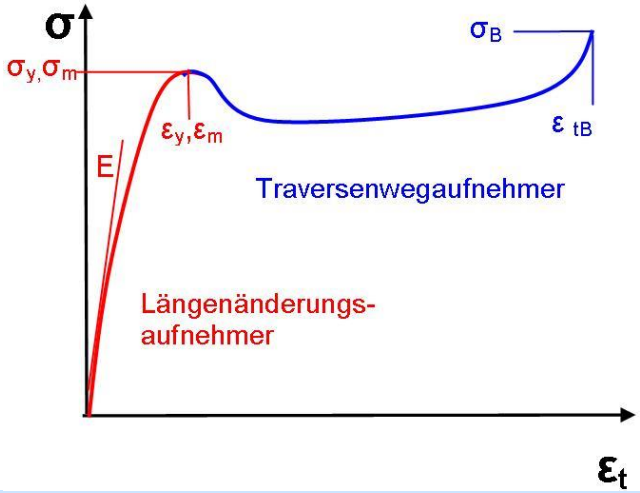


Dehnung: $\varepsilon = \Delta L_0 / L_0$

Nominelle Dehnung: $\varepsilon_t = \Delta L_T / L$

Verfahren B

- Neues Verfahren nach ISO 527
- Bevorzugt für Vielzweckprobekörper (1A und 1B)
- Alle Ergebnisse in einer Grafik
- Es gibt nur eine Definition für Dehnung.

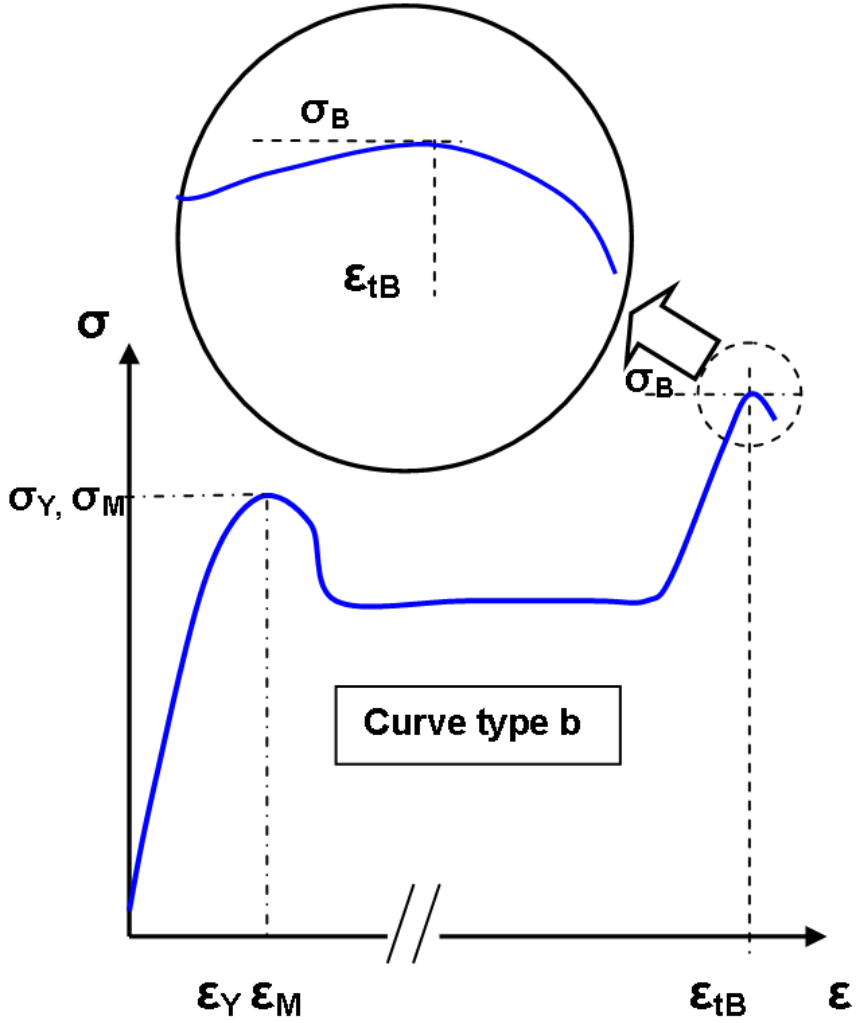


Dehnung bis Streckpunkt: $\varepsilon_y = \Delta L_y / L_0$

Dehnung (allgemein): $\varepsilon_t = \varepsilon_y + \Delta L_T / L$

Zugversuch – Kurventyp b

Die max. Spannung wird immer am ersten Maximum bestimmt.



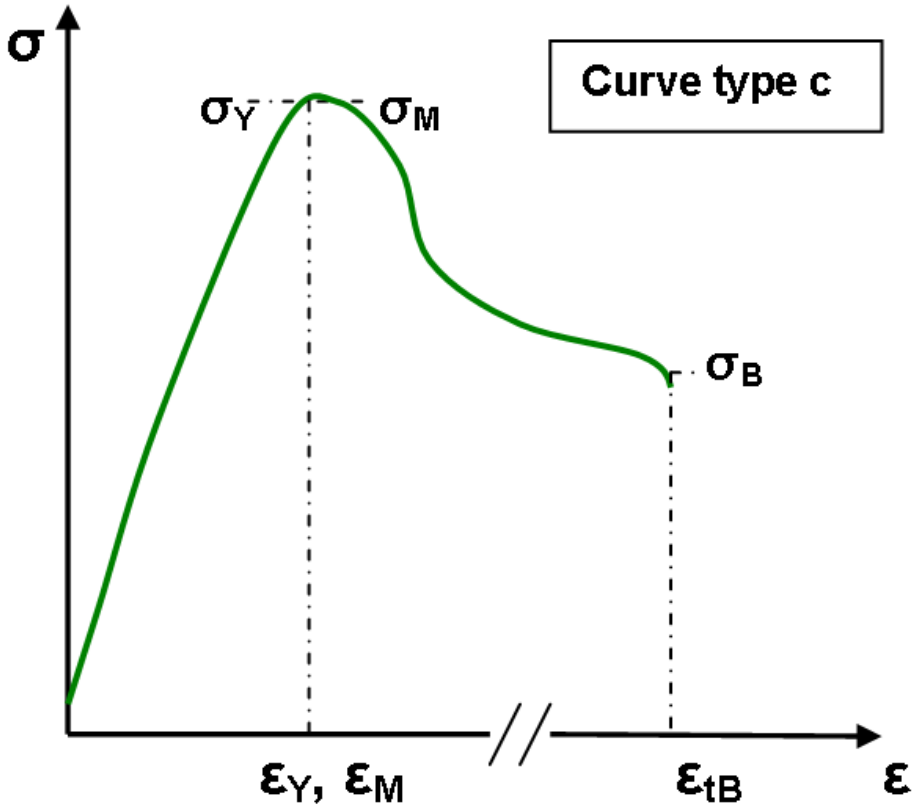
Die Definition des ersten Kraftmaximums vermeidet, dass das Ergebnis σ_M "zwischen dem Streckpunkt und dem Bruchpunkt in Abhängigkeit vom Kurvenverlauf „flackern" kann, wie es nach früheren Normenversionen möglich war.

Ergebnisse des Kurventyp b:

- Zugmodul, E_t
- Streckspannung, σ_y
- Streckdehnung, ε_y
- Max. Spannung, σ_M
- Dehnung bei max. Spannung, ε_M
- Bruchspannung, σ_B
- Nominelle Bruchdehnung, ε_{tB}

Zugversuch – Kurventyp c

Dehnungen nach einem Streckpunkt werden nominell angegeben.



Ergebnisse des Kurventyps c:

- Zugmodul, E_t
- Streckspannung, σ_y
- Streckdehnung, ε_y
- Max. Spannung, σ_M
- Dehnung bei max. Spannung, ε_M
- Bruchspannung, σ_B
- Nominelle Bruchdehnung, ε_{tB}

Anforderungen an die Längenänderungs-Meßtechnik für Probekörper 1A, 1B (ISO) und Type I (ASTM):

ε_Y	zu messende Längen-änderung	zulässige Messunsicher-heit im Messpunkt nach ISO	nach ASTM
5%	2,50 mm	± 0,025 mm	± 0,050 mm
10%	5,00 mm	± 0,050 mm	± 0,050 mm
15%	7,50 mm	± 0,075 mm	± 0,075 mm
20 %	10,0 mm	± 0,100 mm	± 0,100 mm
25%	12,5 mm	± 0,125 mm	± 1,25 mm

Inhalt

Vorgeschichte und Anwendung

Prüfkörper

Der Zugversuch

Vergleichbare Werkstoffdaten

Anforderungen an die Prüfeinrichtung

Vergleichbare Werkstoffkennwerte

Zwick / Roell

Die CAMPUS Arbeitsgruppe legte Regeln für die Ermittlung vergleichbarer Kennwerte fest, die die ISO-Nomen beeinflussten.

Vergleichbare Einpunktkennwerte (ISO 10350-1)

- Rheologische Eigenschaften (MVR, MFR, Schwindung)
- Mechanische Eigenschaften (Zug, Biege, Kriechmodul, Schlag)
- Thermische Eigenschaften (Glasübergangs-, Formbeständigkeitstemperatur, etc.)
- Elektrische Eigenschaften (Dielektrizitätszahl, Durchgangs- und Oberflächenwiderstand, …)
- Sonstige Eigenschaften (Wasseraufnahme, Dichte)

Vergleichbare Vielpunktkennwerte (ISO 11403)

Design Kennwerte (ISO 17282)

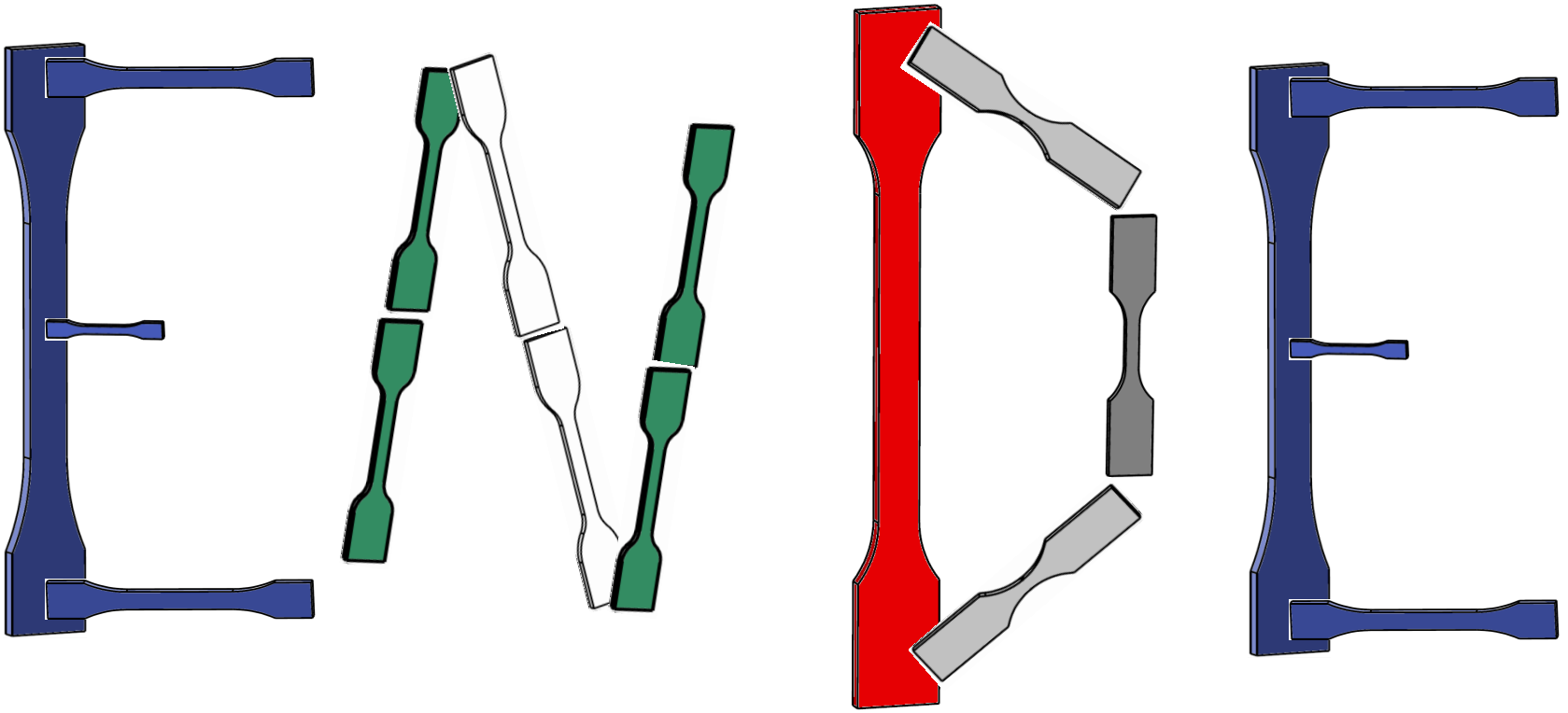
CAMPUS

→ Weitere Infos unter www.campusplastics.com

Die CAMPUS Mitgliedsfirmen (Stand Juni 2018): www.campusplastics.com

Participants

Visit the individual websites of the CAMPUS members:

A. Schulman
ALBIS
ARKEMA
BASF SE and BASF Polyurethanes
Celanese
The chemistry inside innovation™
covestro
DSM
DUPONT
The miracles of science™
EMS
EMS-GRIVORY
EVONIK
POWER TO CREATE
HEXION
INEOS STYROLUTION
kuraray
LANXESS
Mitsubishi Engineering-Plastics Corporation
RADICI GROUP PERFORMANCE PLASTICS
SOLVAY
eni versalis

Vielen Dank