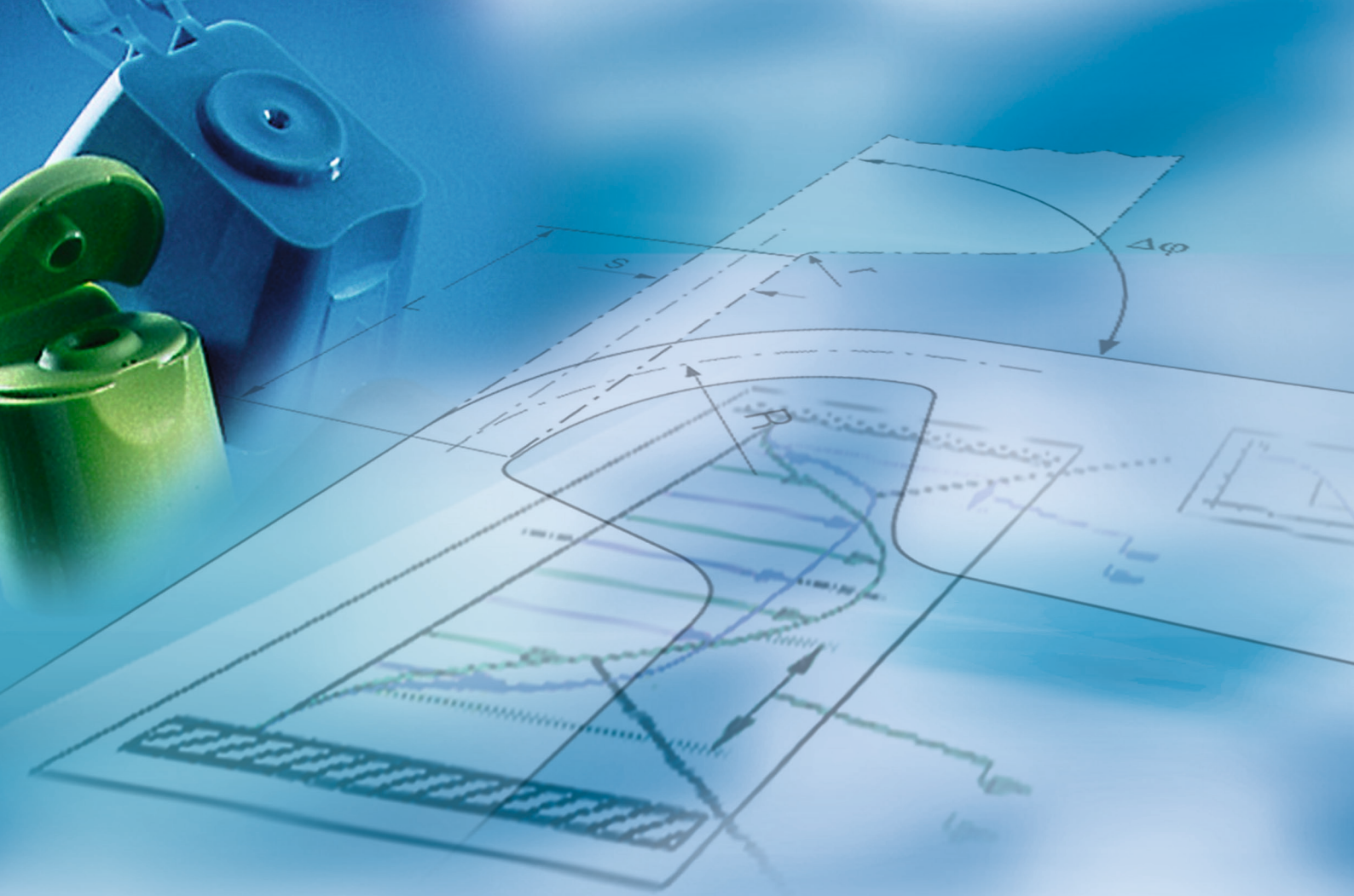


Dimensionierung von Filmscharnieren

Technische Information





- Filmscharniere ermöglichen die Herstellung von kompletten Teilen in einem Spritzgießvorgang.
- Die Funktionsfähigkeit eines Filmscharniers hängt vom Werkstoff sowie von der Filmlänge und der Filmdicke ab.
- Die Zugfestigkeit eines Filmscharniers kann deutlich von der am Normstab gemessenen Werkstofffestigkeit abweichen.
- Häufig betätigte Filmscharniere aus Kunststoff lassen sich mit Hilfe von Wöhler-Diagrammen (Biegewechseldehnungen) dimensionieren.
- Die Angusslage und die Spritzgießbedingungen haben einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität eines Filmscharniers.

Filmscharniere sind winkelbewegliche, verschleißfreie Verbindungen zwischen 2 Konstruktionselementen. Diese können in einem einzigen Spritzgießvorgang dadurch einteilig hergestellt werden.

Filmscharniere bieten folgende Vorteile:

- Reduzierung der Zahl der Einzelteile (dadurch Verliersicherheit und vereinfachte Logistik)
- vereinfachte Montage
- sehr hohes Integrationspotenzial

Der Anwendungsbereich ist daher sehr groß: Behälter mit unverlierbarem Deckel, Flaschenverschlüsse, aufklappbare Kabelkanäle und Kabelhalter, Pedale, Kardangelenke, Zangen, Schnallen, Montagehilfen (z.B. bei Steckern) u.ä. (Abb. 1 und 2).

Bei vielen Teilen wird das hohe Integrationspotential der Kunststoffe genutzt, indem Filmscharniere mit Feder- bzw. Schnappelementen kombiniert werden.

Filmscharniere lassen sich auch mit anderen Verfahren als dem Spritzgießprozess herstellen. So ist es z.B. möglich, tiefgezogene Formteile mittels Prägen unter Wärme mit einem Gelenk zu versehen (z.B. bei Verpackungen aus EPS-Folie).

Geeignete Kunststoffe

Im Hinblick auf die Biegefestigkeit ist es vorteilhaft, wenn die Makromolekülketten des thermoplastischen Werkstoffs beim Spritzgießen im engen Filmspalt des Werkzeugs verstreckt und senkrecht zur Biegeachse des Filmscharniers orientiert werden. Dies führt zu einer Verbesserung der Biegeechselfestigkeit. Dieser Effekt ist besonders bei Polypropylen (PP) festzustellen, so dass es hier in der Regel nicht erforderlich ist, Filmscharniere zu berechnen.

Prinzipiell eignen sich alle spritzgießfähigen Kunststoffe für Filmscharniere. Bei richtiger Dimensionierung lassen sich selbst mit glasfaserverstärkten Kunststoffen Filmscharniere realisieren, die eine vielfache Biegebeanspruchung ohne Schaden ertragen. Dabei ist zu beachten, dass

- häufig betätigte Filmscharniere auf Biegewechselbeanspruchung hin dimensioniert werden sollten und
- die Zugfestigkeit im Filmbereich oft geringer ist als die am Normprüfstab gemessene Festigkeit (Abb. 3).

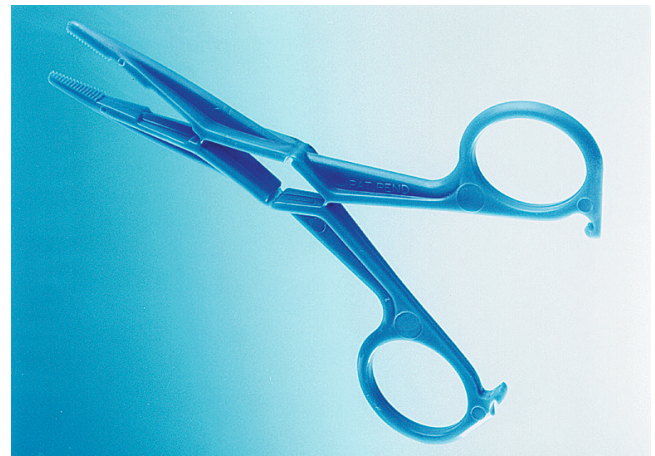


Abb. 1: Klemmzange mit 4 Filmscharnieren

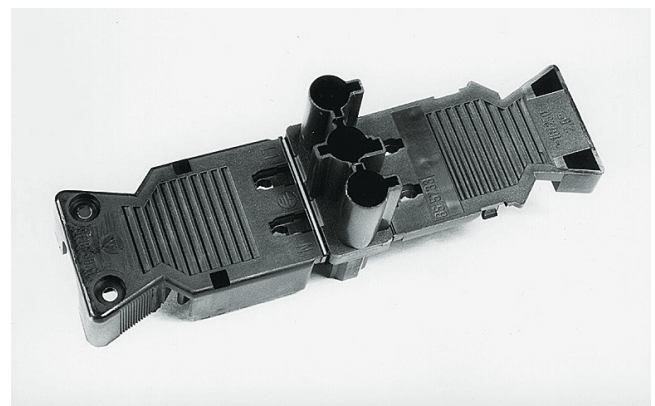


Abb. 2: Vereinfachte Montage von Steckverbindern aus Ultramid® mit Hilfe eines Filmscharniers

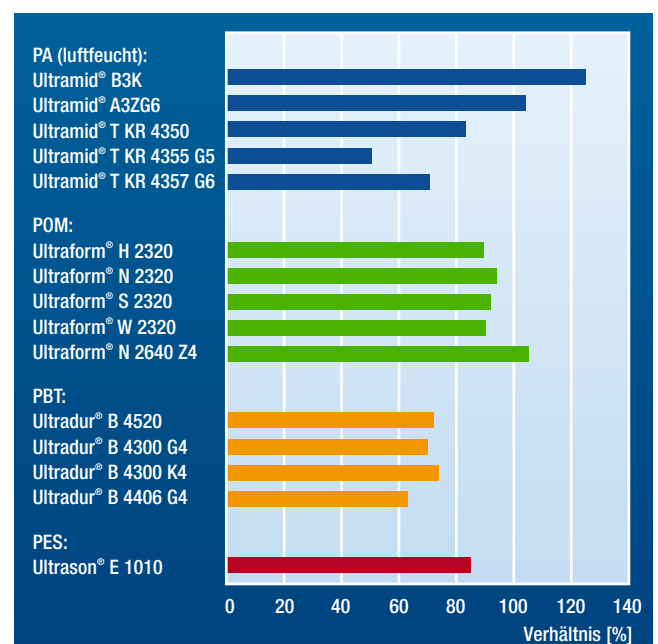


Abb. 3: Zugfestigkeit im Filmbereich im Verhältnis zur Werkstoff-Festigkeit (gemessen am Prüfstab nach ISO 3167) bei 23 °C; Abmessungen des Filmscharniers: L x B x D = 5,5 mm x 25 mm x 0,5 mm.

Berechnungsgleichungen

Da in der Praxis meist Biegewinkel und Filmgeometrie vorgegeben sind, ist es sinnvoll, die Dehnung und nicht die Spannung als maßgebende Größe für die Dimensionierung zu verwenden. Eine spannungsbezogene Dimensionierung würde auch dadurch erschwert, dass die entsprechende Spannungs-Dehnungs-Funktion oft nicht bis zu dem für Filmscharnieranwendungen zulässigen Dehnungswert verfügbar ist.

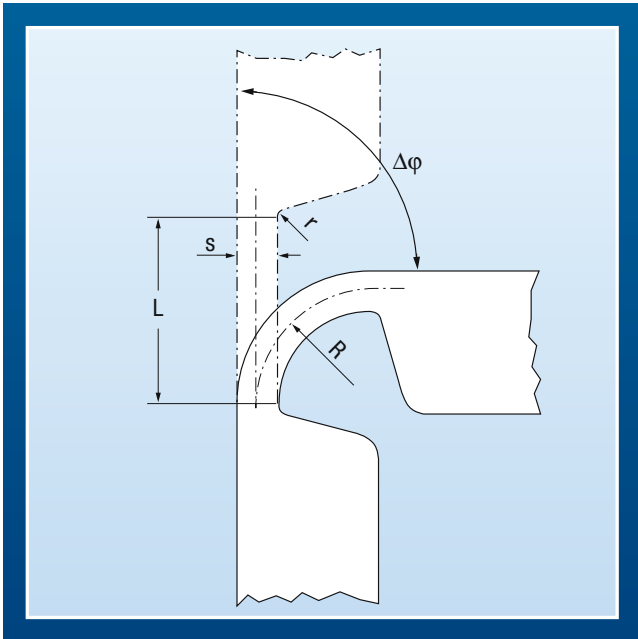


Abb. 4: Hauptabmessungen eines Filmscharniers

Bei stark veränderlicher Dicke, z.B. bei einem als „Gelenkrille“ gestalteten Filmscharnier (Abb. 6), ist im Zweifelsfall eine FE-Berechnung zu empfehlen.

Für ein Scharnier mit konstanter Dicke lässt sich die auftretende Randfaserdehnung jedoch sehr einfach mit der folgenden Formel (vgl. Abb. 4) berechnen:

$$\epsilon = \frac{s}{2R} = \frac{s}{L} \cdot \frac{\Delta\varphi}{2} \quad (1)$$

Hierin sind:

- ϵ Randfaserdehnung
- s Filmdicke
- R Krümmungsradius (als konstant vorausgesetzt)
- L Filmlänge
- $\Delta\varphi$ Änderung des Biegewinkels (im Bogenmaß) bei Betätigung des Filmscharniers

Für die Randfaserdehnung muss gelten:

$$\epsilon \leq \epsilon_{zul} = \frac{\text{Werkstoffkennwert}}{\text{Sicherheitsbeiwert}} \quad (2)$$

ϵ_{zul} ist die zulässige Werkstoffdehnung. Dies ist kein direkter Werkstoffkennwert, sondern eine Größe, die von den Einsatzbedingungen abhängt.

Hierbei sind zu unterscheiden:

- Filmscharniere, die als Montagehilfe dienen und nur einmal betätigt werden: Sofern in diesem Fall ein Bruch des Filmscharniers ausgeschlossen werden soll, kann als zulässige Dehnung bei der Dimensionierung z.B. die halbe Bruchdehnung angesetzt werden.
- Filmscharniere, die häufig oder sehr häufig betätigt werden: Hier wird eine Dimensionierung mit Hilfe von Wöhler-Diagrammen empfohlen. Diese werden im folgenden Abschnitt näher beschrieben.

Werkstoffkennwerte für häufig betätigte Filmscharniere

Für die Dimensionierung häufig betätigter Filmscharniere werden Wöhler-Diagramme verwendet. Diese beschreiben die zum Versagen führenden Biegewechseldehnungen in Abhängigkeit von der Lastwechselzahl unter den besonderen Gegebenheiten von Filmscharnieren.

Zur Ermittlung derartiger Diagramme (Abb. 5a-f) wurden spritzge-gossene Proben mit Filmdicken von 0,5 bis 1 mm und Film-längen

von 1,3 bis 5,5 mm in einer automatisierten Prüfvorrichtung mit einer Frequenz von 0,2 Hz bei 23 °C hin- und hergebogen. Die relativ niedrige Prüffrequenz ist praxisgerecht und verhindert eine Probenerwärmung infolge innerer Reibung. Die Proben wurden ungefärbt geprüft; der Einfluss von Pigmenten (Art, Gehalt) ist unter Umständen im Einzelfall zu berücksichtigen.

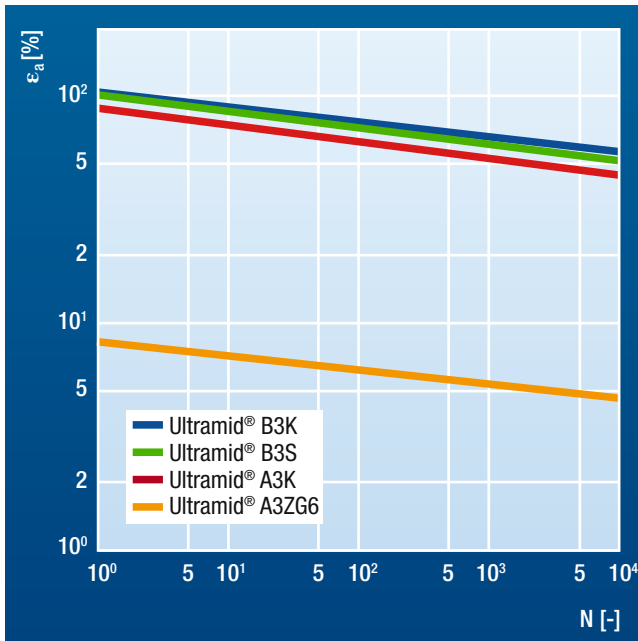


Abb. 5a: Maximale Biegewechseldehnung in Abhängigkeit von der Lastwechselzahl für verschiedene Thermoplaste: Ultramid® A (PA 66) und Ultramid® B (PA 6)

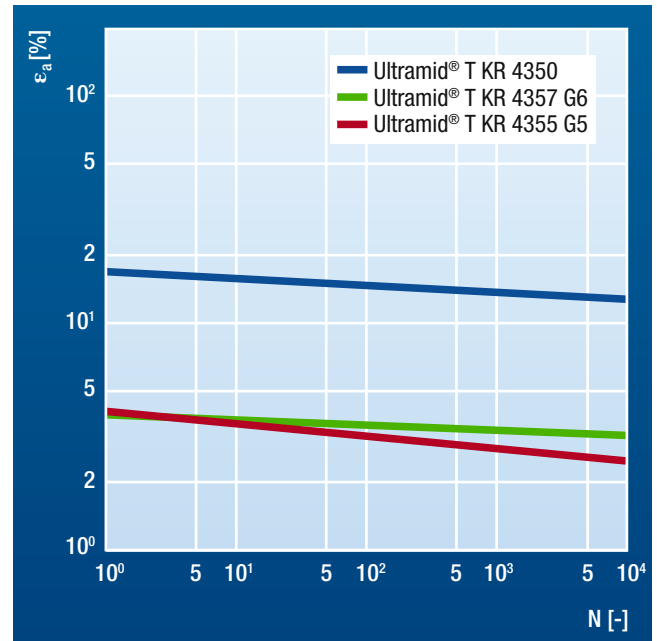


Abb. 5b: Maximale Biegewechseldehnung in Abhängigkeit von der Lastwechselzahl für verschiedene Thermoplaste: Ultramid® T (PA 6/6T)

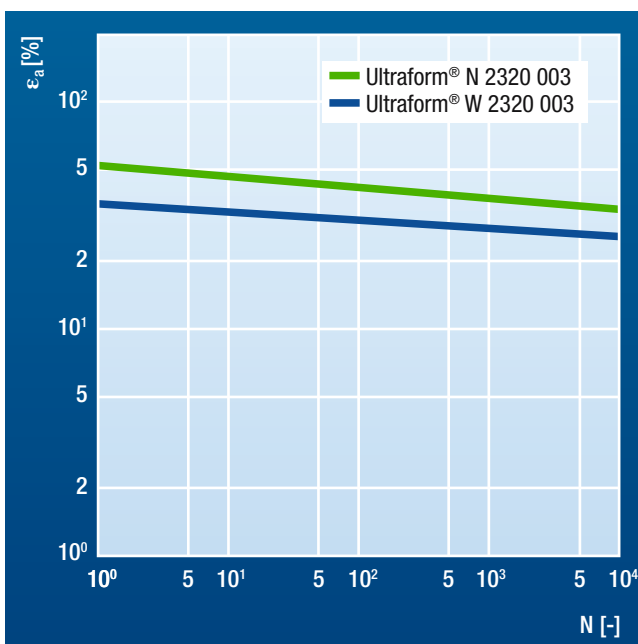


Abb. 5c: Maximale Biegewechseldehnung in Abhängigkeit von der Lastwechselzahl für verschiedene Thermoplaste: Ultraform® (POM)

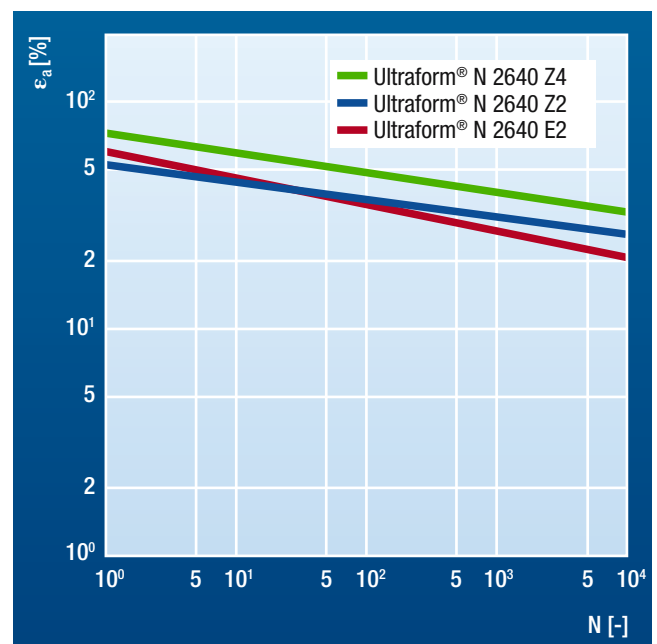


Abb. 5d: Maximale Biegewechseldehnung in Abhängigkeit von der Lastwechselzahl für verschiedene Thermoplaste: Ultraform® (POM)

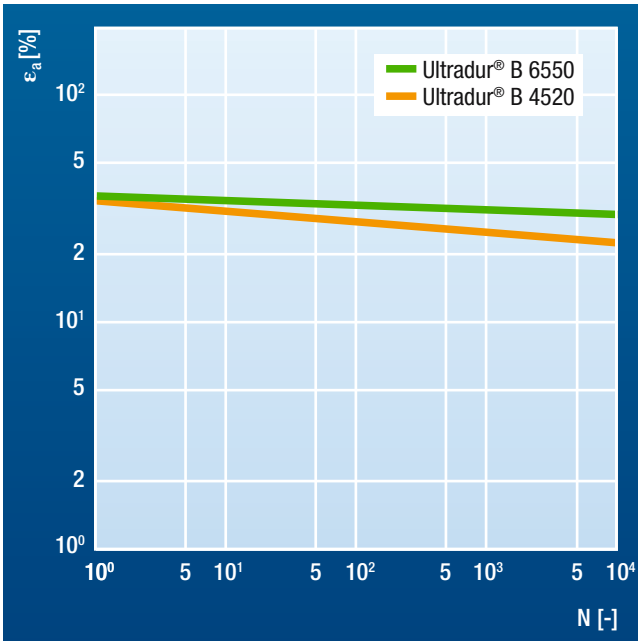


Abb. 5e: Maximale Biegewechseldehnung in Abhängigkeit von der Lastwechselzahl für verschiedene Thermoplaste: Ultradur® (PBT)

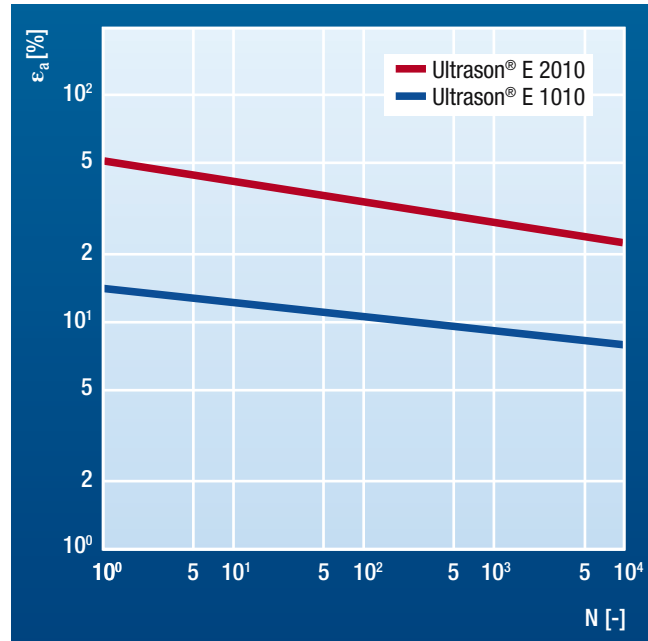


Abb. 5f: Maximale Biegewechseldehnung in Abhängigkeit von der Lastwechselzahl für verschiedene Thermoplaste: Ultrason® E (PES)

Als Versagenskriterien galten Weißbruch, Einriss bzw. Trennbruch. Die jeweils zuerst erkennbare Schädigung war maßgebend, auch wenn z.B. eine Weißbruch zeigende Probe noch viele Biegungen bis zum endgültigen Bruch ertragen kann (ein Anriss in der Randzone führt zunächst nur zu einer Herabsetzung des Randfaserabstandes und damit der auftretenden Randfaserdehnung). Aufgrund der unterschiedlichen Kriterien ist allerdings ein Werkstoffvergleich erschwert.

Im doppeltlogarithmischen Maßstab ergeben sich erwartungsgemäß Geraden. Sie schneiden die Ordinate (entsprechend dem Wert für einmaliges Biegen) meist zwischen dem Streckdehnungs- und dem Bruchdehnungswert – sofern beide vorhanden sind. Dies ist u.a. eine Folge des gewählten Versagenskriteriums.

Vorgehen bei der Dimensionierung von Filmscharnieren

Die nach Gleichung 1 berechnete Randfaserdehnung ist mit dem über die gewünschte Lastwechselzahl ertragbaren Dehnungswert (Abb. 5a-f) zu vergleichen, wobei ein Sicherheitsbeiwert von 1,5 bis 2 berücksichtigt werden sollte. Aus diesem Vergleich ergibt sich eine Aussage über die Funktionstauglichkeit des Filmscharniers.

Umgekehrt kann Gleichung 1, aufgelöst nach der Filmdicke s oder der Filmlänge L , dazu benutzt werden, um nach Wahl eines bestimmten Kunststoffes und nach Einsetzen des Wertes für die ertragbare Randfaserdehnung (mit Sicherheitsabschlag) die Filmdicke oder die Filmlänge festzulegen.

Häufig sind auch Zugkräfte im Filmbereich zu übertragen. Dann kann es notwendig sein, die Filmdicke zu erhöhen und die Filmlänge entsprechend zu vergrößern.

Konstruktionsempfehlungen für Filmscharniere

- Die im Grunde konträren Ziele, nämlich einerseits hohe Beweglichkeit und andererseits leichte Spritzgießbarkeit, erfordern einen Kompromiss. Folgende Abmessungen werden empfohlen (Abb. 4):

Filmdicke	$s = 0,3 \dots 0,8 (1,0) \text{ mm}$
Filmlänge	$L = 1 \dots 6 \text{ mm}$
Rundungsradien	$r = 0,5 \dots 1,0 \text{ mm}$

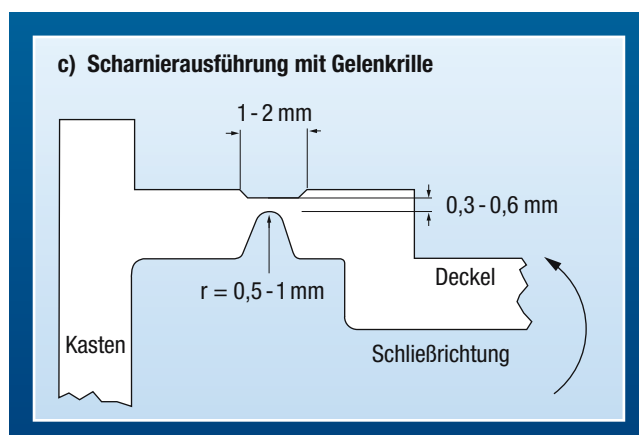
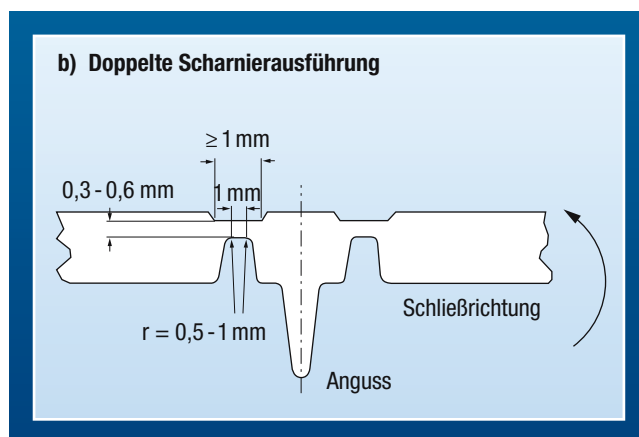
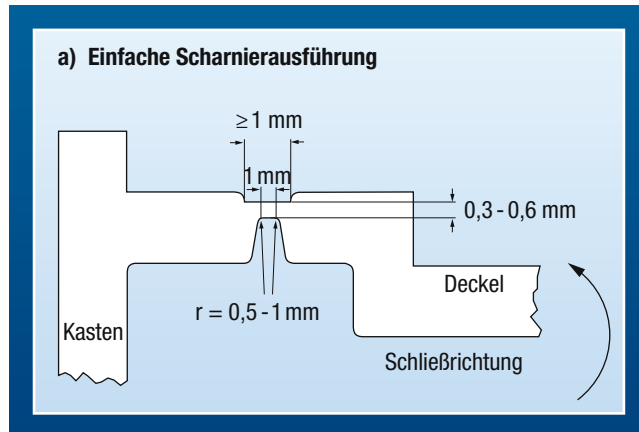


Abb. 6: Günstige (a und b) und ungünstige (c, „Gelenkrille“) Formen von Filmscharnieren

- Gestreckte Filmscharniere (Abb. 6a und b) sind solchen vorzuziehen, die als runde Nut („Gelenkrille“) ausgebildet sind (Abb. 6c). Bei gleicher Minderdicke und Scharnierlänge sind letztere nach einer Finite Elemente-Berechnung um bis zu 50 % höher beansprucht.
- Die Übergänge zum Filmscharnier sollten gut gerundet werden (mindestens 0,5 mm Radius), um Kerbspannungen zu minimieren und eine optimale Molekülkettenausrichtung in Längsrichtung zu fördern.
- Die an das Filmscharnier angrenzenden Konstruktionselemente sollten beidseitig zur engsten Stelle hin dünner werden, wenn es das Design erlaubt (Abb. 6).
- Die Anspritzstelle muss so platziert werden, dass die Fließfront im Scharnierbereich nicht zum Stillstand kommt und Kaltfließstellen, die zu Rissen führen können, vermieden werden (Abb. 7). Idealerweise wird das Filmscharnier über die ganze Scharnierbreite gleichzeitig durchströmt.
- Wenn Mehrfachanschnitte vorgesehen werden müssen, dürfen die Schmelzeströme niemals im Filmbereich zusammenfließen. Die dabei entstehende Bindenaht würde einen Schwachpunkt darstellen, vor allem bei faserverstärkten Kunststoffen.
- Teile mit einem breiten Filmscharnier sollten möglichst mit einem Bandanguss und nicht mit einem Punktguss angespritzt werden (gleichmäßige Füllung des Films).
- Auch ist eine Unterteilung des Films der Breite nach in einzelne Abschnitte nicht zu empfehlen. Die einzelnen Durchbrüche würden hinter dem Filmscharnier zu Bindenähten führen.

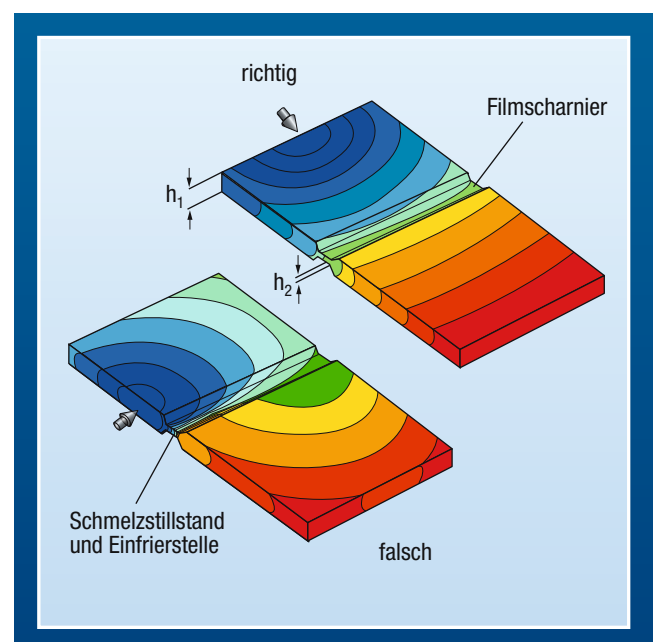


Abb. 7: Einfluss der Ansnitzposition auf die Schmelzausbreitung an einem Filmscharnier

Ausgewählte Produktliteratur:

- Ultramid® – Hauptbroschüre
- Ultramid® – Sortimentsübersicht
- Ultradur® – Hauptbroschüre
- Ultradur® – Sortimentsübersicht
- Ultraform® – Hauptbroschüre
- Ultraform® – Sortimentsübersicht
- Ultrason® – Hauptbroschüre
- Ultrason® – Sortimentsübersicht
- Ultramid®, Ultradur® und Ultraform® – Verhalten gegenüber Chemikalien
- Ultrason® – Verhalten gegenüber Chemikalien

Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unseres Produktes nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Eine Garantie bestimmter Eigenschaften oder die Eignung des Produktes für einen konkreten Einsatzzweck kann aus unseren Angaben nicht abgeleitet werden. Alle hierin vorliegenden Beschreibungen, Zeichnungen, Fotografien, Daten, Verhältnisse, Gewichte u. Ä. können sich ohne Vorankündigung ändern und stellen nicht die vertraglich vereinbarte Beschaffenheit des Produktes dar. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unseres Produktes in eigener Verantwortung zu beachten. (Mai 2014)

Besuchen Sie auch unsere Internetseiten:

www.plasticsportal.com (Welt)
www.plasticsportal.eu (Europa)

Die einzelnen Produktauftritte finden Sie unter:

www.plasticsportal.eu/Produktname
z. B. www.plasticsportal.eu/ultrason

Broschürenanforderung:

PM/K, F 204
Fax: +49 621 60-49497

Bei technischen Fragen zu den Produkten
wenden Sie sich bitte an den Ultra-Infopoint:

