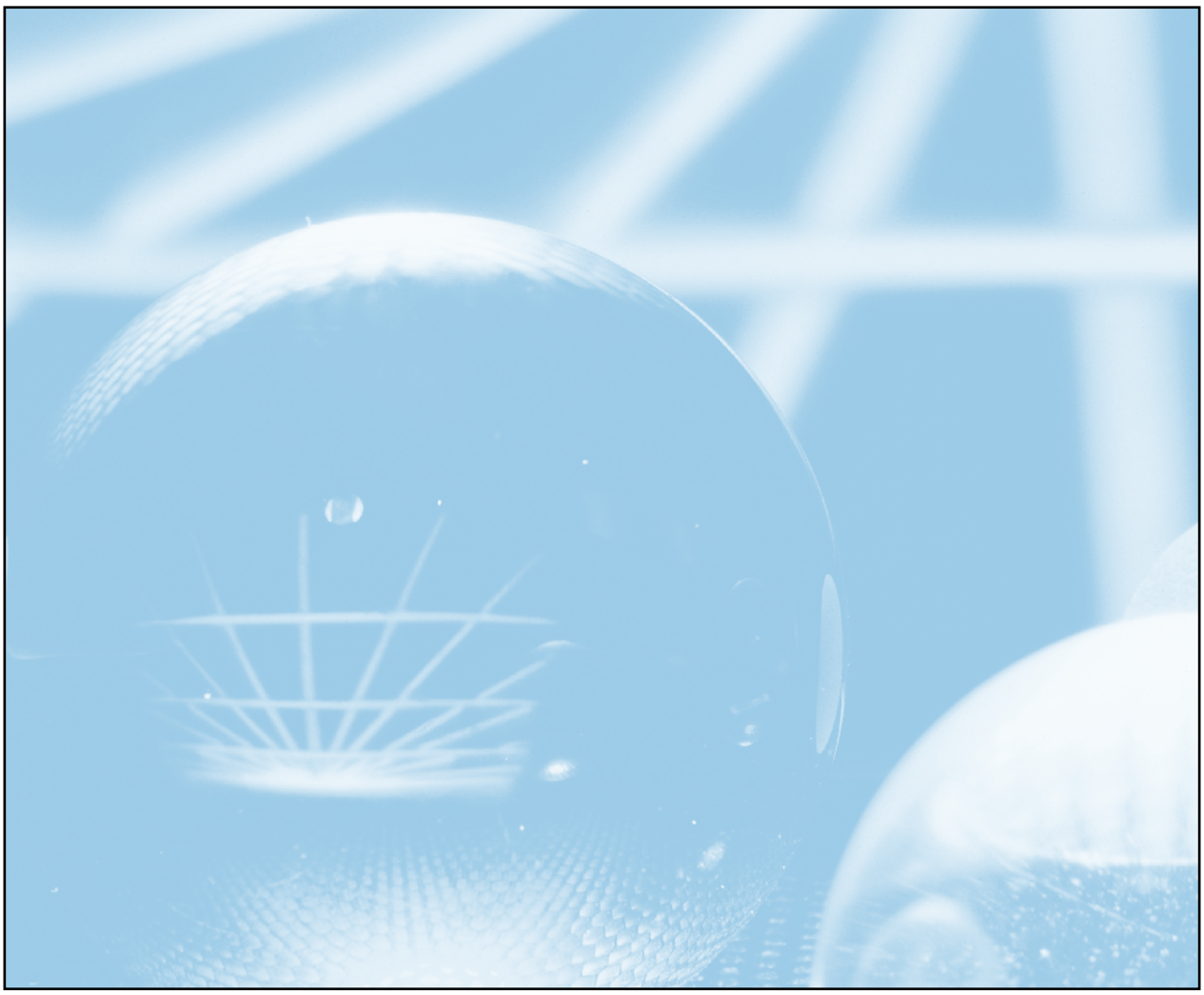
faigle

KONSTRUIEREN MIT PAS®-POLYMEREN

moving forward

faigle KUNSTSTOFFE
PAS®-POLYMERE



PAS®-POLYMERE PROBLEMLOS WIRTSCHAFTLICH VERARBEITEN

faigle-Kunststoffe haben hervorragende Materialeigenschaften und können in vielen Anwendungen herkömmliche Werkstoffe ersetzen.
In immer neuen Bereichen der Technik finden sie ihren festen Platz – nicht zuletzt wegen ihrer Wirtschaftlichkeit und der unkomplizierten Verarbeitung. Diese Broschüre zeigt Ihnen, wie und wo auch Sie technische Kunststoffe von faigle zu Ihrem Vorteil einsetzen können.

Die Verarbeitung von Kunststoffen hat ihre eigenen Gesetze. Damit Sie PAS®-Polymere von faigle problemlos und wirtschaftlich verarbeiten können, geben wir Ihnen mit dieser Broschüre einen umfassenden Leitfaden in die Hand. Übersichtlich gegliedert, mit praktischen Tips und Hintergrundwissen. Unsere Angaben beruhen auf den Ergebnissen langfristiger Untersuchungen im eigenen Labor und Erfahrungen aus der Praxis. Selbstverständlich stehen Ihnen nach wie vor auch unsere Anwendungstechniker für persönliche Beratungsgespräche zur Verfügung. Kommen Sie auf uns zu – wir freuen uns, Ihre Fragen beantworten zu können.

PAS®-POLYMERE
INHALT

MECHANISCHES VERHALTEN
Kunststoffe sind anders ... 4
Festigkeit ... 4
Spannungs-Dehnungs-Verhalten ... 4
Kalter Fluss, Kriechen ... 5
Zeit ... 5
Ermüdungseigenschaften ... 6
Dauerfestigkeit ... 6
Allgemeine Betrachtung ... 6

THERMISCHE EIGENSCHAFTEN
Wärmedehnung ... 7
Wärmeleitzahl, Wärmeleitfähigkeit ... 7
Wärmekapazität, spezifische Wärme ... 7
Anwendungstemperaturen ... 7
Thermische Spannung ... 8

UMWELTBEDINGTE EIGENSCHAFTEN
Feuchtigkeit ... 9
Hydrolyse ... 9
Wetter ... 10
Chemikalien ... 10
Vakuum ... 10
Biologische Wirkung ... 10
Elektrostatische Aufladung ... 10

KONSTRUIEREN VON SPRITZGUSSTEILEN AUS THERMOPLASTISCHEN PAS®-POLYMEREN
Einleitung ... 11
Allgemeines zur Formteilgestaltung ... 11
Wanddicke ... 11
Konizität (Entformungsschräge) ... 11
Kerben, Rundungen ... 12
Gewindeaugen ... 12
Rippen ... 12
Bohrungen und Auskernungen ... 12
Gewinde ... 13
Hinterschneidungen ... 13
Oberflächen ... 13

TOLERANZEN
Toleranzen ... 14

SPEZIELLE KONSTRUKTIONSMÖGLICHKEITEN
Filmscharniere ... 15
Inserttechnik (umspritzte Einlegeteile) ... 15
Schnappverbindungen ... 16

BEISPIELE VON FÜGETECHNIKEN MIT PAS®-POLYMEREN ... 17

TRIBOLOGIE ... 18

WERKSTOFF-AUSWAHLKRITERIEN ... 19

SPANENDE BEARBEITUNG ... 20

WERKZEUGBAU ... 21

QUALITÄTSSICHERUNG ... 22

PAS®-POLYMERE
MECHANISCHES VERHALTEN

KUNSTSTOFFE SIND ANDERS

Bei der Auswahl von Kunststoffen und bei der Auslegung von Bauteilen ist es wichtig, die genauen Einsatzparameter und das Verhalten der Werkstoffe allgemein und unter spezifischen Belastungen zu kennen.
Art und Dauer der Beanspruchung sowie Umweltfaktoren, beeinflussen die Eigenschaften von Kunststoffen erheblich.
Dazu einige Hinweise:

FESTIGKEIT

Kunststoffe sind weicher und weniger steif als Konstruktionsmetalle. Sie können aber „kompensieren".
So kann beispielsweise ein Zahnrad aus PAS®-60 ein solches aus Grauguss – bei hauptsächlich dynamischer Beanspruchung – meistens ersetzen. Es ist zwar statisch schwächer, doch absorbiert es Schläge, die an der Bruchgrenze des Graugrußrades liegen. Darüber hinaus läuft es geräuscharm und meist ohne Schmierung.

ODER:
Eine Gleitlagerbuchse – beispielsweise aus PAS®-80X – verlangt aufgrund der von Feuchtigkeit und Wärmedehnung bedingten Dimensionsschwankung ein größeres Spiel als Bronzebuchsen. Bei metallischen Lagern führt zu großes Spiel zum Ausschmieden, der Kunststoff dagegen nimmt Schläge dämpfend auf und läuft – je nach Beanspruchung und Typ – auch ohne Schmierung.

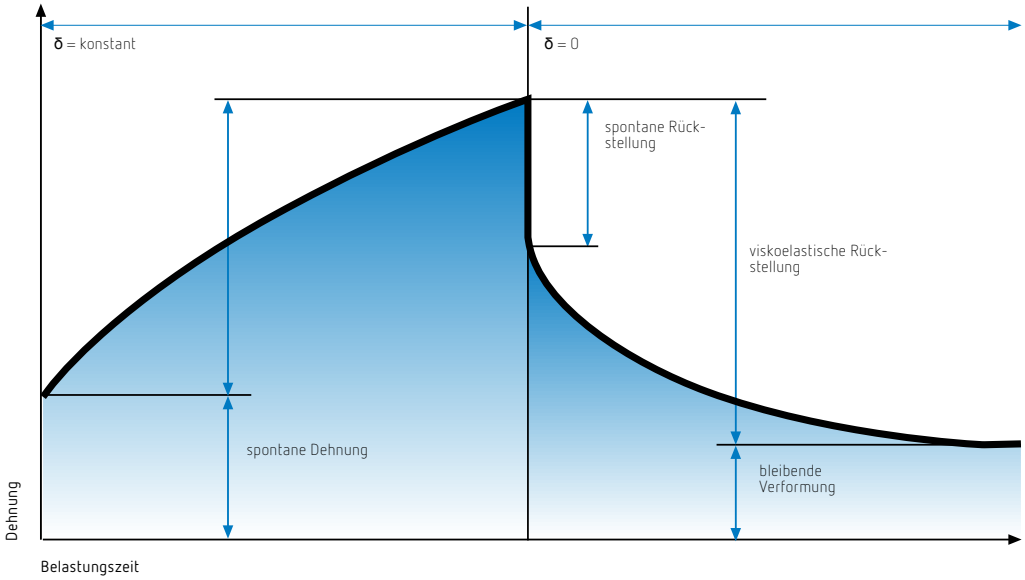
ODER:
Die geringe Festigkeit von PAS®-PE 10 läßt eine Dauerdruckbelastung von nur 2 bis 4 N/mm² zu. Aber Kurzbelastungen – z.B. Schläge – nimmt dieser Werkstoff auch in hohem Maße auf. In dieser Art der Beanspruchung ist er einzigartig in der Kombination von geringster Verformung mit Dämpfung ohne Rückprallen.

SPANNUNGS-DEHNUNGS-VERHALTEN

DAS VERFORMUNGSVERHALTEN VON KUNSTSTOFFBAUTEILEN SETZT SICH AUS 3 ANTEILEN ZUSAMMEN:

- der spontanen, elastischen Verformung (**ε** el)
- der zeitabhängigen, reversiblen, viskoelastischen Verformung (**ε** r)
- der zeitabhängigen, irreversiblen, viskosen Verformung (**ε** v)

Wird ein einfacher Stab auf Biegung belastet, tritt bei Einsetzen der Belastung eine sofortige Verformung ein (**ε** el). Wird die Belastung nun aufrecht erhalten, so verformt sich der Stab weiter (**ε** r, **ε** v). Bei Entlastung erfolgt dann zuerst eine sofortige, starke und dann eine langsame, weitere Rückverformung. Eine Restverformung bleibt jedoch dann vorhanden, wenn durch die zeitabhängige Belastung die Fließgrenze des Werkstoffes überschritten wurde. Bei den thermoplastischen Kunststoffen ist das Spannungs-Dehnungs-Verhalten nicht nur von der Zeit abhängig, sondern auch von der Höhe der Spannung und von der Temperatur.



PAS®-POLYMERE
MECHANISCHES VERHALTEN

KALTER FLUSS, KRIECHEN

Wie bereits beschrieben, ist die Verformung (Dehnung, Stauchung) eines Bauteiles aus Kunststoff nicht nur von der auftretenden Belastung abhängig, sondern auch von der Zeit. Dies hängt mit dem makromolekularen Aufbau der Kunststoffe zusammen. Der Aufbau bedingt, daß sie sich nicht linearelastisch, sondern viskoelastisch verhalten. Bei linearelastischen Stoffen verläuft die Deformation proportional zur Belastung, sofern diese nicht zu hoch ist und ein Fließen oder Bruch auftritt.

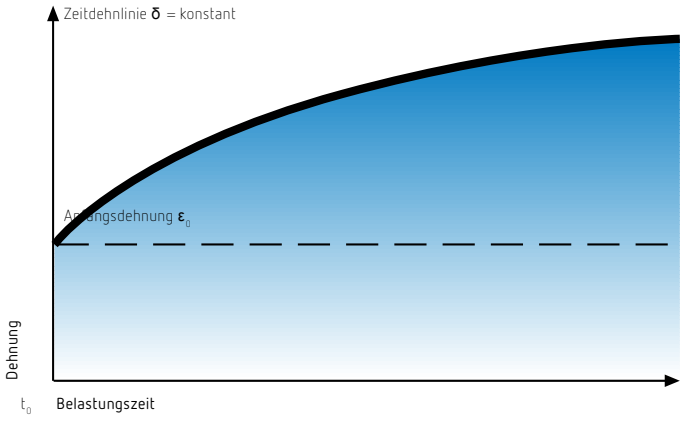
Bei Kunststoffen schreitet die Deformation bereits in kleinen Lastbereichen unter gleichbleibender Belastung fort, d.h., der Werkstoff kriecht. Dieses Verhalten nennt man Retardation. Andererseits kann man bei einem Kunststoffbauteil, das einer konstanten Verformung ausgesetzt ist, einen Spannungsabbau feststellen. Man spricht hier von Relaxation.

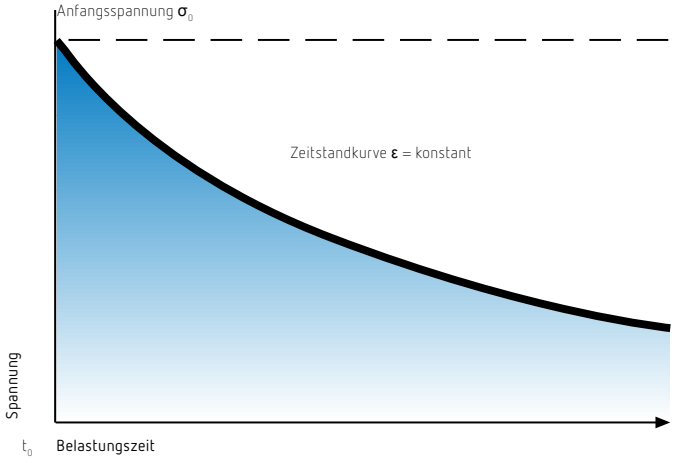
Aufgrund der Kriechneigung von Kunststoffen besteht bei kraftschlüssigen Verbindungen (Preßsitze bei Wellen, vorgespannte Schrauben) immer die Gefahr des Lösens durch das kriechbedingte Nachlassen der Spannung. In kritischen Fällen ist daher einer formschlüssigen Verbindung der Vorzug zu geben.

Durch die Wahl des richtigen Materials oder durch konstruktive Maßnahmen läßt sich aber die Kriechneigung vermindern. Amorphe Kunststoffe neigen weniger zum Kriechen als teilkristalline. Verstärkungen durch Faserstoffe vermindern die Kriechneigung ebenfalls. In speziellen Fällen kann man durch Einlegeteile oder Hülsen aus Metall eine optimierte Konstruktion erhalten.

ZEIT

Auch bei Konstruktions-Kunststoffen ist bei lang andauernder Beanspruchung eine größere Verformung gegenüber Kurzbeanspruchung zu beobachten. Dies zeigt sich unter anderem im sehr unterschiedlichen Kriechverhalten (kalter Fluss) der einzelnen PAS®-Polymere. Es sind daher die Dauer-Druckbelastungen zu berücksichtigen, bei denen das Kriechen innerhalb der zulässigen Toleranz bleibt.





VERHALTEN
bei konstanter Belastung

VERHALTEN
bei konstanter Verformung

PAS®-POLYMERE
MECHANISCHES VERHALTEN

ERMÜDUNGSEIGENSCHAFTEN

Wenn Bauteile zyklisch belastet werden, neigen sie auch bei Spannungen unterhalb der Reißfestigkeit zum Versagen. Dieses Versagen nennt man Ermüdungsbruch.
Versuche haben gezeigt, daß die Frequenz die Gesamtzyklenzahlen bis zum Bruch nicht beeinflußt, solange sie unter 1800 Zyklen/Minute liegt. Bei höheren Frequenzen führt die Erwärmung durch innere Reibung zu früherem Versagen.

Grundsätzlich hängt die erreichbare Gesamtzyklenzahl von der Belastungsart (Zug-, Druck-, Biege- oder Torsionsbelastung), von der Frequenz, vom Beanspruchungsverlauf (sinus, rechteckförmig etc.), vom Temperaturverlauf und von der Beanspruchungshöhe ab.

Bei PAS®-60, PAS®-80 und PAS®-L beispielsweise beträgt die Rückstellungskraft (Spannungs-Ausschlag) nach 10^7 bis 10^8 Biegewechseln noch 50 bis 70% des Anfangswertes (abhängig von den zusätzlichen Prüfbedingungen).

Dynamische Beanspruchung ist ein häufiger Grund, PAS®-Polymere zu verwenden.

BEISPIELE:
- Schwingungsdämpfung mittels PAS®-PU
- Vielzahl-Schlagfestigkeit von PAS®-PE 10
- Schnell-Lastaufnahme von PAS®-60 in Stahlwerksgelenken
- Biegewechselfestigkeit eines Filmscharnieres aus PAS®-PP

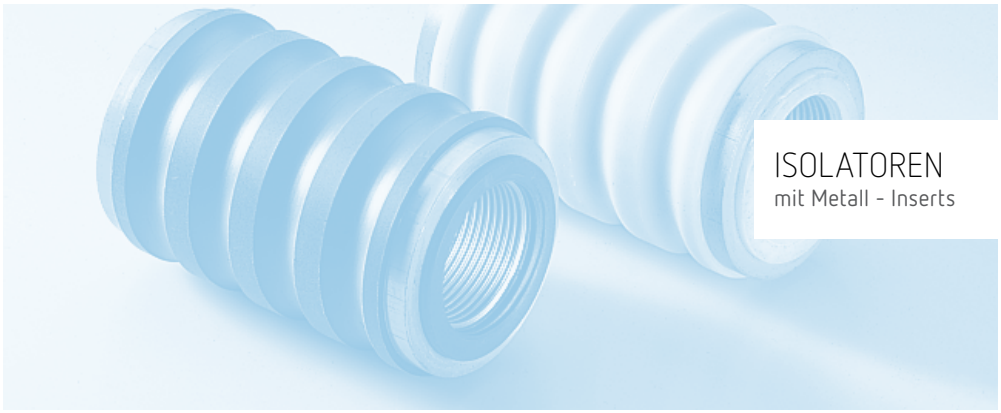
DAUERFESTIGKEIT

Für die Auslegung von langzeit- und dauerbelasteten Teilen sind die Kennwerte, die aus Kurzzeitversuchen ermittelt wurden, nicht aussagekräftig. Wegen der verschiedenen Einflussgrößen wie Kriechen, thermische Schädigung, Versprödung etc., die unter anderem von der Zeit abhängig sind, werden Festigkeitswerte zugrundegelegt, die in Zeitstandversuchen ermittelt wurden. Bei diesen wird bei konstanter Belastung oder Verformung die jeweils andere Größe in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Die Zeit bis zum Bruch wird ebenfalls festgehalten. Solche Kennwerte oder Kurven können zur Auslegung herangezogen werden, wobei meist die zulässige Verformung bei Kunststoffbauteilen das ausschlaggebende Maß ist.

ALLGEMEINE BETRACHTUNG

Wenn Bauteile aus Kunststoff nur kurzzeitig beansprucht werden (10 – 20 Minuten) und die Belastungen nicht über die Elastizitätsgrenze hinausgehen, lassen sich die klassischen Regeln der Mechanik, die auf dem Hookeschen Gesetz beruhen, mit ausreichender Genauigkeit anwenden. Bei längerer Belastung müssen hier die Kriechmodule bzw. die aus Langzeitversuchen ermittelten Werte berücksichtigt werde

PAS®-POLYMERE
THERMISCHE EIGENSCHAFTEN



Die meisten Eigenschaften der thermoplastischen Kunststoffe hängen mehr oder weniger von der Temperatur ab. Je nach Anwendungsfall kann dieses Verhalten erwünscht, unbedeu-tend oder störend sein.

WÄRMEDEHNUNG

Im Vergleich zu Metallen weisen ungefüllte Kunststoffe eine ca. 10fach größere Wärmedehnung auf.
Es ist also nicht sinnvoll, z.B. bei der Herstellung eines Gleitlagers engste Toleranzen zu verlangen, die kleiner sind als die bei Laufer-wärmung zu erwartende Ausdehnung.
Aufgrund der großen Differenz zu Stahl ist bei kombinierten Anwendungen darauf zu achten, daß nach Möglichkeit ein Ausdehnen des Kunststoffbauteiles gewährleistet ist. Ist dies nicht möglich, muß man bedenken, daß diese Verformungsbehinderung zu inneren Spannungen führt. Bei der Festlegung der Toleranzen ist der relativ großen Wärmeausdehnung Rechnung zu tragen.

Bei Konstruktionen, die einerseits enge Toleranzen erfordern und bei denen andererseits die Ausdehnung zu einem Versagen führen kann (z.B. Lagerbuchsen), ist eine gute Wärmeableitung durch dünnwandige Konstruktionen wichtig.
Die Steifheit nimmt mit steigender Temperatur ab. Steigende Temperaturen fördern auch die Angriffsmöglichkeiten des in der Luft enthaltenen Sauerstoffes, wodurch sich von der Oberfläche her eine allmähliche Materialschädigung ergibt (Wärmealterung). Daher liegen die zulässigen Dauergebrauchstemperaturen erheblich niedriger als die Kurzzeit-Wärmestandfestigkeiten. Unter Luftabschluß, inerter Atmosphäre (z.B. Stickstoff) oder im Vakuum sind demnach höhere Dauergebrauchstemperaturen erzielbar.

WÄRMELEITZAHL, WÄRMELEITFÄHIGKEIT

Die Wärmeleitzahl gibt die Wärmemenge in J an, die in einer Stunde durch 1 m^2 einer 1 m dicken Schicht des Stoffes transportiert wird, wenn die Temperaturdifferenz der beiden Oberflächen 1 K beträgt. Die Wärmemenge pro Sekunde wird in Watt angegeben (W=J/s).
Bei den Kunststoffen ist die Wärmeleitfähigkeit sehr gering, sie sind also gute Isolatoren und schlechte Wärmeleiter.

Bei lokaler Erwärmung kann die Energie nicht so schnell verteilt und abgeführt werden wie bei Metallen. Es entstehen durch die lokalen Wärmeunterschiede innere Spannungen, die so groß werden können, daß sie zu Rissen oder zum Bruch führen. Durch Füllstoffe (z.B. Glas- oder Graphitfasern) wird die Wärmeleitzahl erhöht.

WÄRMEKAPAZITÄT, SPEZIFISCHE WÄRME

Die spezifische Wärme ist die Wärmemenge, die benötigt wird, um 1 kg eines Stoffes um 1 K zu erwärmen. Sie liegt bei Kunststoffen bei Raumtemperaturen zwischen 1 und 2 kJ/kgK und ist wesentlich größer als bei Metallen.

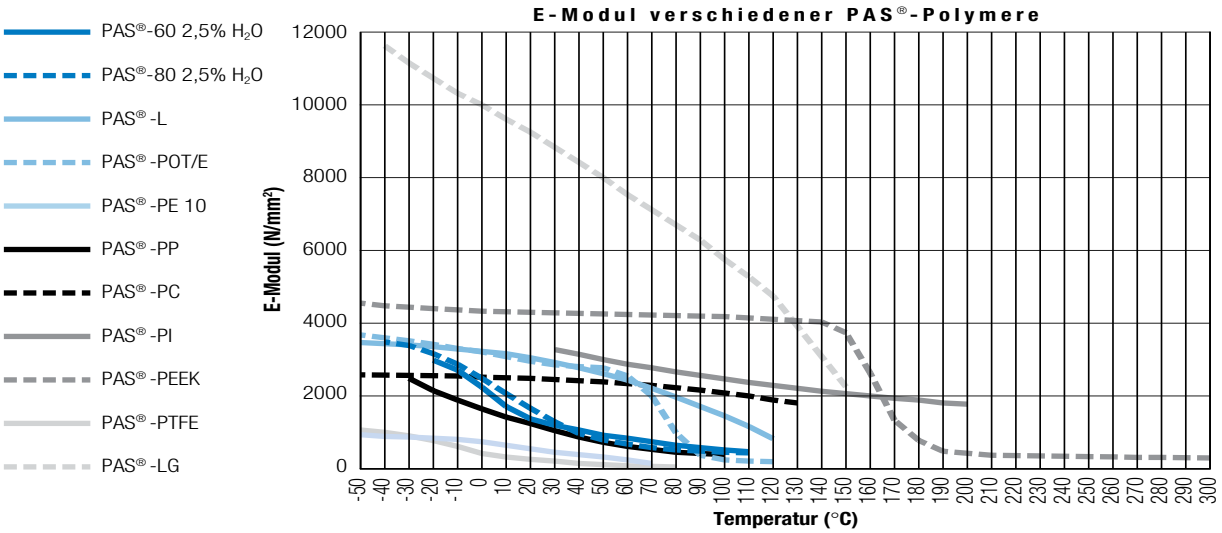
ANWENDUNGSTEMPERATUREN

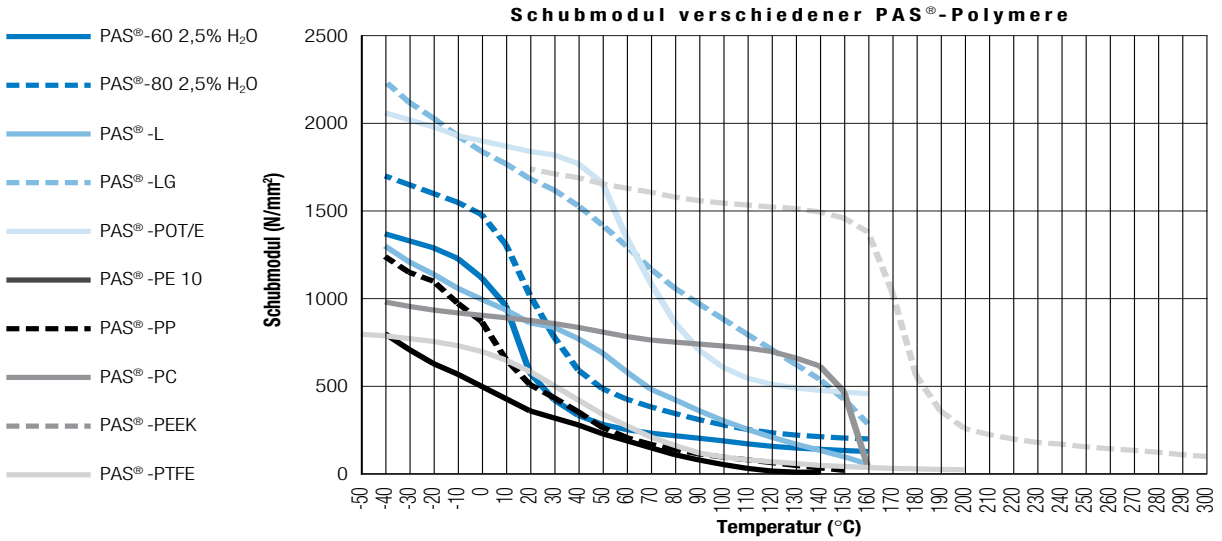
Der zulässige Temperaturbereich wird durch zwei Faktoren bestimmt. Es ist dies einerseits die Erweichung bzw. Versprödung bei kurzzeitiger Temperatureinwirkung und andererseits das Verhalten bei langzeitiger Temperatureinwirkung mit oder ohne Belastung.
Zur Abschätzung des Bereichs bei kurzzeitiger Temperatureinwirkung werden oft Änderungen der mechanischen Eigenschaften herangezogen, z.B. Abfall des Schubmoduls bei höheren Temperaturen oder Schlagzähigkeitswerte bei niedrigen Temperaturen.
Für den langzeitigen Einsatz werden meist Versuche durchgeführt, bei denen bestimmte Eigenschaftsänderungen als Grenzwert festgelegt werden (z.B. 50% Zugfestigkeitsabfall).

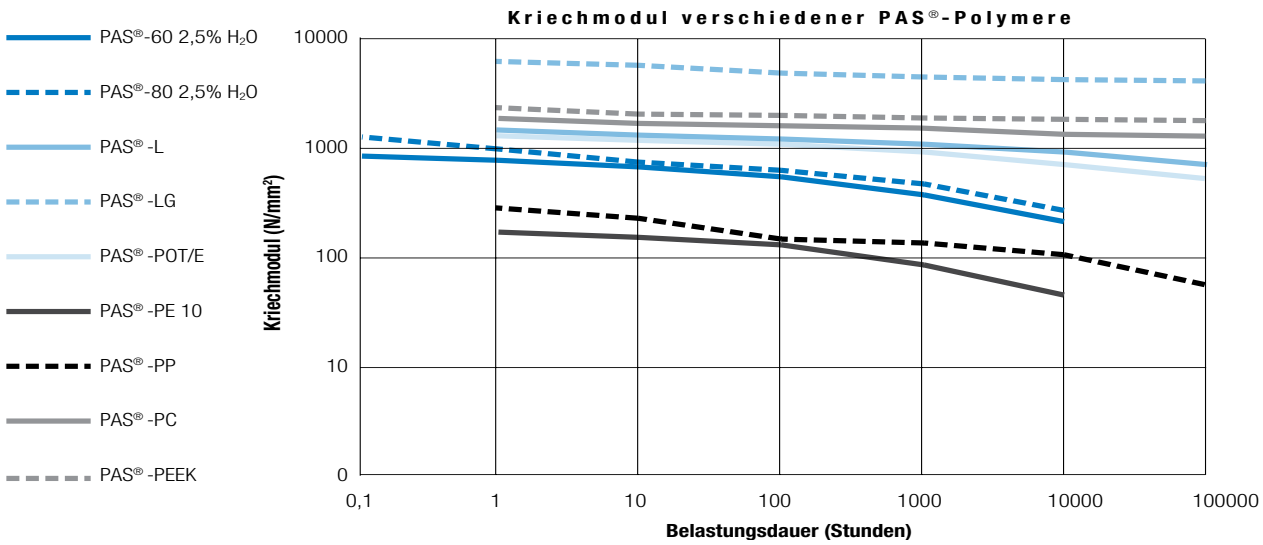
THERMISCHE SPANNUNG

Wie bereits oben erwähnt, führen behinderte Wärmeausdehnung und lokale Erwärmung zu inneren Spannungen. Diese Faktoren spielen auch bei der Verarbeitung von thermoplastischen Kunststoffen eine große Rolle. Die erwärmte Formmasse hat ein größeres Volumen, und dies führt bei der Abkühlung zu einer Volumen-verringerung, dem sogenannten Schwund oder der Schwindung. Da nicht alle Bereiche eines Bauteiles zur selben Zeit abkühlen (Außenseiten und dünnwandige Bereiche zuerst), entstehen innere Spannungen, die zur Verformung (Verzug) führen können. Durch optimale Prozeßführung und Werkzeugtemperierung lassen sich diese Spannungen minimieren bzw. vermeiden. Die noch vorhandenen inneren Spannungen können durch nachfolgende Wärmebehandlung weitgehend abgebaut werden.

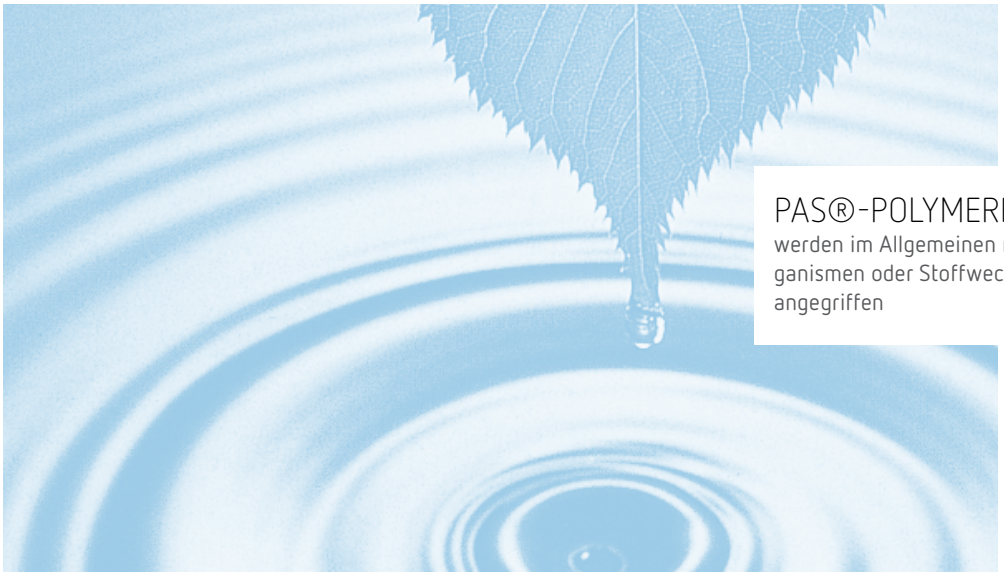
PAS®-POLYMERE
THERMISCHE EIGENSCHAFTEN







PAS®-POLYMERE
UMWELTBEDINGTE EIGENSCHAFTEN



PAS®-POLYMERE
werden im Allgemeinen nicht von Organismen oder Stoffwechselprodukten angegriffen

FEUCHTIGKEIT

Polyamide wie PAS®-60, PAS®-80, PAS®-80X und die IGOPAS®-Typen, in geringerem Maße auch weitere Polymere wie PAS®-L und PAS®-PI-Typen, nehmen einen gewissen Prozentsatz Wasser auf. Da nur die Polyamide eine sehr hohe Feuchtigkeitsaufnahme aufweisen, kann sie bei den anderen Polymeren normalerweise vernachlässigt werden.

Bei den Polyamiden bewirkt ein zunehmender Feuchtigkeitsgehalt:

1. ca. 1% lineare Dehnung pro 3% aufgenommenes Wasser
2. Verbesserung der Schlagfestigkeit
3. Verminderung von Härte und Abriebfestigkeit

Da die Feuchtigkeitsaufnahme eine Dimensionsänderung zur Folge hat, sind diese Veränderungen bei Teilen, die eine hohe Dimensionsstabilität erfordern und die entweder unter Wasser eingesetzt werden oder hohen Luftfeuchtigkeitsschwankungen ausgesetzt sind, bereits im Konstruktionsstadium zu berücksichtigen. Lagerspiele von Buchsen und Einbaumaße sind so zu wählen, daß die Dimensionsänderungen aufgefangen werden können und nicht zum Ausfall führen.

Da Polymere nur in trockenem Zustand verarbeitet werden können, werden Polyamidteile, die unter o.g. Bedingungen eingesetzt werden, nach der Fertigung konditioniert. Unter Konditionieren versteht man die künstliche Einbringung von Feuchtigkeit in das Material bei erhöhter Temperatur und Umgebungsfeuchtigkeit. Es kann dies mit Dampf oder Wasser geschehen. Man versucht dabei, den Feuchtigkeitsgehalt herzustellen, der sich auch unter den späteren Betriebsbedingungen einstellen würde.

Durch diesen Vorgang können Dimensionsänderungen vermieden oder zumindest reduziert werden.

Da die Feuchtigkeitsaufnahme nicht nur die Abmessungen des Bauteiles verändert, sondern auch die Zähigkeit erhöht, werden schlagbeanspruchte Teile ohne besondere Anforderungen an die Dimensionsstabilität ebenfalls konditioniert. Dies gilt besonders für Lauf- oder Seilrollen.

HYDROLYSE

Die bisher genannten Auswirkungen der Feuchtigkeit sind physikalischer Art. Es gibt auch Polymere, die durch die Feuchtigkeit chemisch geschädigt werden können. Diese Schädigung nennt man Hydrolyse. Ob eine Schädigung auftritt, hängt unter anderem von der Art des Polymers, der Art der Belastung, dem Feuchtigkeitsgehalt, der Temperatur und der Dauer der Einwirkung ab. Materialien, die geschädigt werden können oder deren Einsatz unter gewissen Bedingungen unmöglich sein kann, sind z.B. PAS®-LD, PAS®-PC, PAS®-PU TC, PAS®-PI, PAS®-POT/E und PAS®-POT/B.

Umgebungsfeuchtigkeit hat also ungünstige Einflüsse wie Dimensionsänderungen oder Hydrolyseschädigungen, aber auch positive wie die oben erwähnte Verbesserung der Schlagzähigkeit.

Bei bestimmten Anwendungen, bei denen Metallteile korrosionsgeschützt oder geschmiert werden müssen, können PAS®-Polymere ohne zusätzliche Schmierung auskommen. Dies gilt auch, wenn eine Wasserschmierung als Ersatz für Öl- oder Fettschmierung vorgesehen ist. Ein Beispiel für einen solchen Ersatz ist die faigle-EMEM-Radialdichtung, die in Wasserkraftturbinen eingesetzt wird.

PAS®-POLYMERE
UMWELTBEDINGTE EIGENSCHAFTEN

WETTER

Alle PAS®-Polymere sind gegen normale Witterungseinflüsse gut bis sehr gut beständig. Je nach Materialtyp und Einwirkungsdauer sind dennoch geringe Oberflächenschädigungen festzustellen, die zwischen „bedeutungslos" und „störend/zerstörend" liegen können. Ursache ist die Kombination von Feuchtigkeit, Sauerstoff, Atmosphärilien und Temperaturwechsel bei Aktivierung durch UV-Strahlen.

Elemente für Gleitlager sind an der Gleitfläche keinen UV-Strahlen ausgesetzt. Die oben genannten Einflüsse kommen nicht zur Wirkung. Zahnräder haben ein so günstiges Volumen-Oberflächen-Verhältnis, daß die Oberflächenschädigungen im allgemeinen vernachlässigt werden können.

Eine bessere Beständigkeit haben schwarz eingefärbte Materialien. Zusätzlich läßt sich das Basispolymer gegen die Einwirkung von UV-Strahlen stabilisieren, wobei dies oft eine spezielle Fertigung voraussetzt.

ANMERKUNG:
Da PAS®-Polymere oft gerade wegen ihrer Witterungsbeständigkeit gewählt werden, wird bei extremer Bewitterung eine Rückfrage empfohlen.

CHEMIKALIEN

Alle technischen PAS®-Polymere weisen prinzipiell eine gute Chemikalienbeständigkeit auf. Besonders geeignet sind Polyolefine (PAS®-PE und PAS®-PP), PAS®-PEEK, PAS®-PVDF und PAS®-PTFE (mit zunehmender Beständigkeit). PAS®-PTFE ist gegen nahezu alle Chemikalien resistent. Der Nachteil der aufgelisteten Polymere (außer PAS®PEEK) ist ihre vergleichsweise geringe Festigkeit.

Mechanisch beanspruchte Bauteile müssen massiver ausgeführt werden. Die Festigkeit kann auch durch Füll- oder Verstärkungsstoffe erhöht werden, was u. U. die Chemikalienbeständigkeit beeinträchtigt.

Für eine höhere Beständigkeit und für gute mechanische Eigenschaften werden Bauteile aus Metall oft mit Polymerwerkstoffen ausgekleidet oder beschichtet.
Das Verhalten von PAS®-Polymeren gegenüber Chemikalien ist nicht konstant, sondern ist u. a. von der Konzentration des Mediums und dessen Temperatur abhängig. Die Beständigkeit nimmt in der Regel mit steigender Konzentration und Temperatur ab. Wir bitten um Rückfrage.

VAKUUM

Alle PAS®-Materialien sind vakuumfest. Einige Polymere gasen jedoch geringfügig Wasser, Monomere oder Oligomere ab und stören dadurch die Erzielung eines Hochvakuums.

BIOLOGISCHE WIRKUNG

PAS®-Polymere werden im allge-meinen nicht von Organismen oder Stoffwechselprodukten angegriffen, mit Ausnahme bestimmter PAS®-Typen wie z.B. PAS®-PU TC (siehe auch Hydrolyse).
Die meisten PAS®-Polymere weisen ein neutrales physiologischen Verhalten auf und sind daher für den Einsatz im Lebensmittelbereich geeignet. Details auf Anfrage.

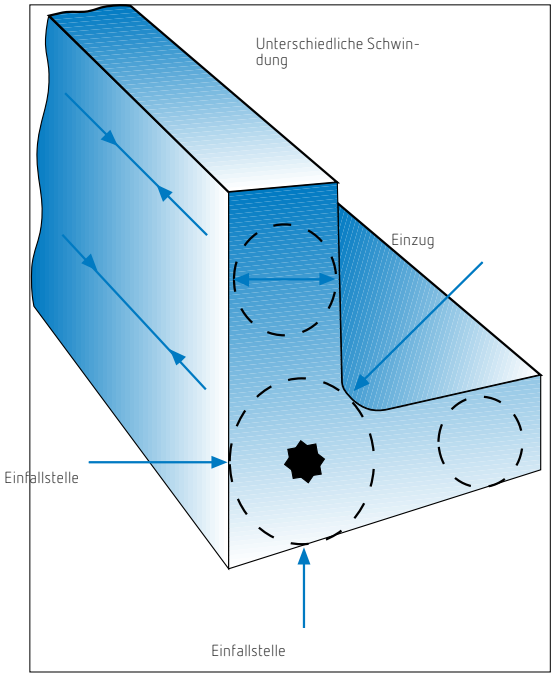
ELEKTROSTATISCHE AUFLADUNG

Aufgrund des hohen Durchgangswiderstandes (meist über 10^{15} Ω) und des hohen Oberflächenwiderstandes (meist über 10^{12} Ω) haben PAS®- Polymere sehr gute Isolationseigenschaften, aber auch die Neigung zur statischen Aufladung (speziell PAS®-PE und PAS®-PP).

In explosionsgefährdeten Räumen ist daher bei der Anwendung von Polymeren Vorsicht geboten. Hier bieten sich spezielle antistatisch oder leitfähig ausgerüstete PAS®-Polymere an, z. B. PAS®-L ELS für Anwendungen im Elektronikbereich oder PAS®-PU AST bk und PAS®-100 ELS für Laufrollen.

Da dies spezielle Materialien sind, können fast nur Spritzgußteile gefertigt werden. Das Halbzeugangebot ist deshalb gering.

KONSTRUIEREN VON SPRITZGUSSTEILEN AUS THERMOPLASTISCHEN PAS®-POLYMEREN



Auswirkungen ungleicher Wanddicken auf Spritzgussteile

durch Verarbeitung eingebrachter Einspannungen. Verzug, Einfallstellen, Lunker, größere Toleranzen

EINLEITUNG

Der Konstrukteur ist daran interessiert, in möglichst kurzer Zeit zu einer effektiven, funktionellen und kostengünstigen Lösung zu kommen.
Da sich thermoplastische Kunststoffe unter dem Einfluß von Wärme, Feuchtigkeit, Sonnenlicht, Chemikalien und mechanischer Beanspruchung anders verhalten als metallische Werkstoffe, ist eine genaue Information über die Einsatzbedingungen notwendig.
Die mechanischen Kennwerte und mitunter auch die Gebrauchstauglichkeit eines Kunststoffes werden von folgenden Parametern beeinflusst:

- Wanddicke und Geometrie
- Art, Höhe und Dauer der Belastung
- Richtung der Faserorientierung (z.B. Glasfasern)
- Lage der Bindenähte
- Oberflächenbeschaffenheit
- Verarbeitungsparameter

Die verschiedenen, speziellen Eigenschaften der Kunststoffe und die damit verbundenen Möglichkeiten für die Konstruktion von Spritzgußteilen werden in den folgenden Kapiteln beschrieben. Einige Punkte gelten jedoch auch für die Konstruktion anders hergestellter Teile.

ALLGEMEINES ZUR FORMTEILGESTALTUNG

Die meisten Teile aus technischen Kunststoffen werden im Spritzgußverfahren hergestellt. Für dieses Verarbeitungsverfahren sind bei der Bauteilkonstruktion mehrere Punkte zu beachten.

WANDDICKE

Von Vorteil sind dünnwandige Konstruktionen mit gleichmäßigen Wanddicken. Ungleichmäßige Wanddicken können zu Verzugs- und Maßhaltigkeitsproblemen führen. Bei großen Wanddicken und Materialanhäufungen kann es zu Einfallstellen und Lunkern kommen. Verzug und Oberflächenfehler sind die Folge.

Bei Teilen, die eine hohe Festigkeit benötigen, ist es meist besser, eine Rippenkonstruktion auszuführen, als die Wandstärke zu erhöhen. Rippen können jedoch wiederum zu Einfallstellen führen, die die Oberflächengüte vermindern. Es muß daher meist ein Kompromiß gefunden werden.

Da sich unterschiedliche Wanddicken nicht immer vermeiden lassen, sollte zumindest ein gleichmäßiger Übergang vorgesehen werden. Sprünge in der Wanddicke führen zu örtlichen Spannungsspitzen.

Bei Bauteilen, bei denen die Wanddicke nicht aus Festigkeitsgründen, sondern aus geometrischen oder optischen Gründen vorgegeben ist, kann man durch Auskernen wieder zu gleichmäßigen Wanddicken kommen.

KONIZITÄT, ENTFORMUNGSSCHRÄGE

Für die einfache Entformung der Bauteile aus dem Werkzeug muß eine Konizität vorgesehen werden. Diese liegt, je nach Bauteilgröße und Werkstoff, zwischen 0,25 und 1,0 Grad. Diese Konizität erleichtert auch die Zwangsentformung durch Auswerfer und verringert die Gefahr von Beschädigung oder Markierung der Teile beim Entformungsvorgang.

KONSTRUIEREN VON SPRITZGUSSTEILEN AUS THERMOPLASTISCHEN PAS®-POLYMEREN

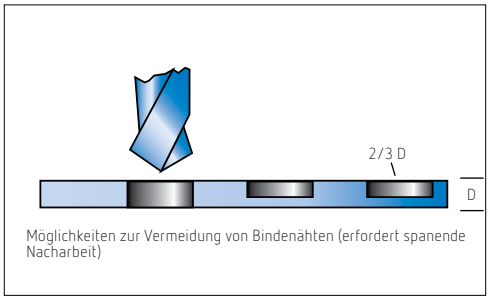
KERBEN, RUNDUNGEN

Kunststoffe sind im allgemeinen sehr kerbempfindlich. Scharfe Ecken und Einkerbungen, die zu örtlichen Spannungspitzen und Rissen führen, sind daher oft Ausfallursache von Kunststoffteilen. Übergänge sollten daher gerundet werden. Der Rundungsradius soll der halben Wanddicke entsprechen. Das Minimum liegt bei 0,5 mm. Diese Rundungen ergeben auch im Spritzprozeß strömungsgünstigere Fließwege.

GEWINDEAUGEN

Zur Montage von verschiedenen Kunststoffteilen werden oft gewindeformende Schrauben eingesetzt. Bei der Auslegung des Gewindeauges sind verschiedene Dinge zu beachten.

- Der Außendurchmesser (dA) soll ca. 2,2 mal so groß sein wie der Nenndurchmesser der Schraube (d1).
- Die Einschraublänge (E) soll größer als 2 x d1 sein.
- Sehr günstig wirkt sich auch eine Entlastungsbohrung mit der Tiefe 0,3 – 0,5 x d1 am Gewindeanfang aus.
- Falls Verstärkungsrippen vorgesehen werden, sollten diese die gleiche Höhe wie das Gewindeauge haben, damit im zusammengebauten Zustand die Flächenpressung reduziert wird.



Möglichkeiten zur Vermeidung von Bindenähten (erfordert spanende Nacharbeit)

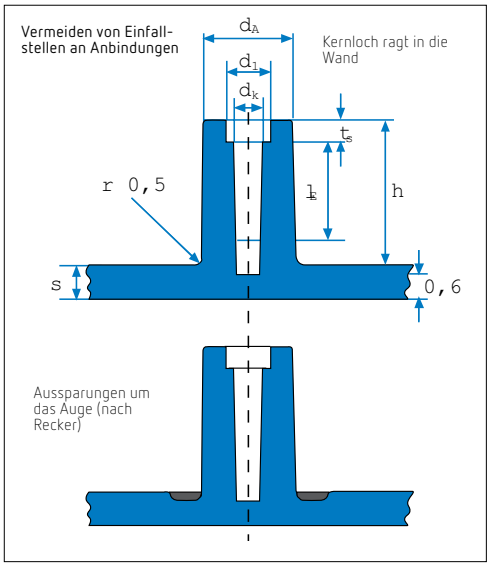
RIPPEN

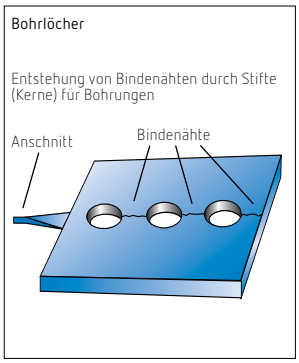
Rippen werden eingesetzt, um die Wanddicken eines Bauteiles zu reduzieren bzw. die Festigkeit zu erhöhen. Sie haben jedoch den Nachteil, daß sie zu Einfallstellen, Verzug und örtlichen Spannungsspitzen führen können. Der Einsatz von Rippen ist daher immer gut zu überdenken.

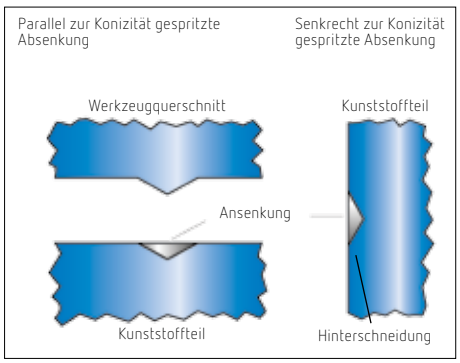
BOHRUNGEN UND AUSKERNUNGEN

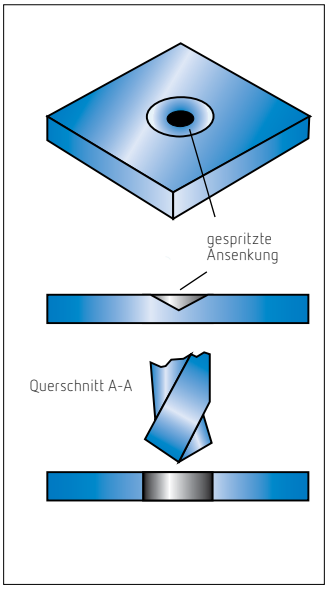
Löcher werden durch Stifte geformt, die in die Formhöhlung hineinragen. Durchgangslöcher sind einfacher herzustellen als Sacklöcher, da der Stift an beiden Enden abgestützt werden kann.
Bei Sacklöchern besteht die Gefahr, daß die Stifte durch strömende Schmelze verformt und Bohrungen exzentrisch werden.
Bei Bohrungen, die senkrecht zur Öffnungsrichtung des Werkzeugs (Trennebene) liegen, müssen einziehbare Stifte (Schieber) oder zweiteilige Werkzeuge eingesetzt werden.

Durch die Stifte der Bohrungen entstehen in den Bauteilen meist Bindenähte. Wenn diese aus Gründen der Festigkeit oder der Optik nicht zulässig sind, können die Bohrungen beim Spritzvorgang nur angesenkt oder leicht ausgekernt werden. Das erleichtert nachträgliche Bohrungen.









KONSTRUIEREN VON SPRITZGUSSTEILEN AUS THERMOPLASTISCHEN PAS®-POLYMEREN

GEWINDE

Um ein Nachbearbeiten des Bauteiles zu vermeiden, können Gewinde bereits beim Spritzvorgang hergestellt werden.
Außengewinde werden meist hergestellt, indem man die Trennebene durch die Mitte des Gewindes verlaufen läßt. Es ist jedoch nicht immer möglich, Hinterschneidungen zu vermeiden, und dies führt beim Öffnen des Werkzeuges zu Verformungen des Bauteiles. Wenn dies nicht zulässig ist oder die Gewindeachse senkrecht zur Trennebene verläuft, muß eine externe Vorrichtung zum Entformen des Gewindes verwendet werden.

Bei Innengewinden werden entweder eine automatische, gewindelösende Vorrichtung, ein zusammenfaltbarer Einsatz oder Einlegeteile eingesetzt, die nach dem Entformungsvorgang manuell entfernt werden.
Gewinde sollten nicht bis zu den Enden der Bohrung bzw. des Zylinders ausgeführt werden. Es empfiehlt sich, einen Abstand von ca. 1 mm einzuhalten.

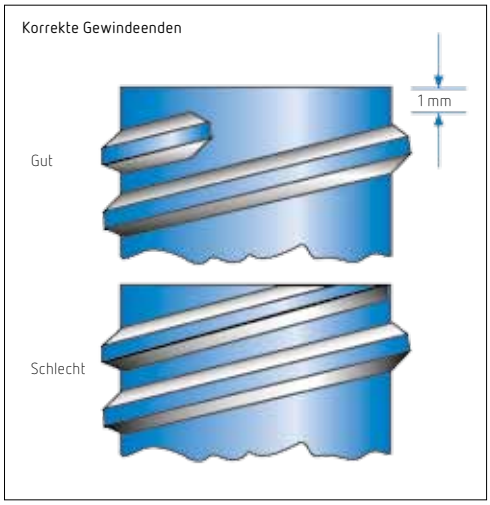
Wenn Teile aus Kunststoff und Metall mittels Gewinde miteinander verbunden werden, sollte das Kunststoffteil innen (= Außengewinde) angeordnet werden.

Bei solchen Paarungen sind die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizenten der Werkstoffe zu berücksichtigen. Temperaturspannungen, die sich daraus ergeben, können im Laufe der Zeit zum Kriechen oder zur Spannungsrelaxation des Kunststoffteiles führen. Dies gilt besonders, wenn die Konstruktion schwankenden oder hohen Temperaturen ausgesetzt ist. Wenn aus Gründen der Konstruktion das Kunststoffbauteil außen angeordnet werden muß, kann eine Verstärkungsmuffe aus Metall notwendig werden.

HINTERSCHNEIDUNGEN

Diese werden durch mehrteilige Werkzeuge oder mittels Faltkern hergestellt. Interne Hinterschneidungen können mit 2 getrennten Lochstiften erzeugt werden. Hierbei ist jedoch eine Gratbildung zwischen den Stiften möglich. Hinterschneidungen können auch – abhängig vom jeweiligen PAS®-Werkstoff – zwangsentformt werden. Das Werkzeug muß dann so konstruiert sein, daß die notwendige Auslenkung für den Entformungsvorgang möglich ist.

Am besten eignet sich die Zylinderform, da bei rechteckigen Querschnitten die Spannungskonzentration in den Ecken sehr hoch ist.
Bei Bauteilen aus verstärkten Kunststoffen werden mehrteilige Werkzeuge oder Faltkerne empfohlen. Gerundete Hinterschneidungen sind auch hier von Vorteil.

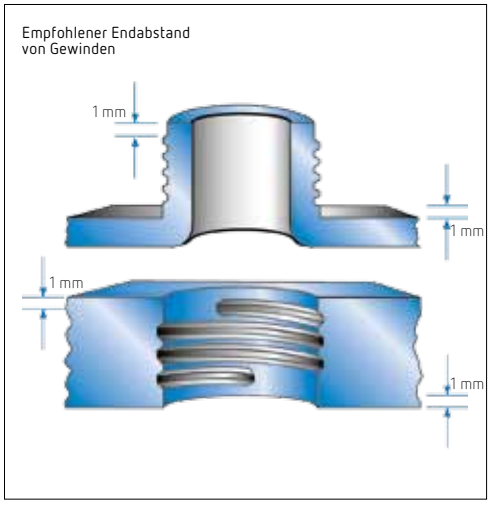


OBERFLÄCHEN

Die Oberflächenbeschaffenheit eines Kunststoffbauteiles wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst:

- von der Art der Formmasse (z.B. glasfaserverstärkt)
- von den Verarbeitungsparametern
- von der Werkzeuggestaltung
- von der Formteilgestaltung

Weiche Materialien, hier speziell PAS®-PU, benötigen rauhe Werk-zeugoberflächen, da sie sonst nur schwer entformbar sind. Bindenähte stellen ebenfalls ein Problem dar, da sie fast immer sichtbar sind. Masse-anhäufungen (z.B. Rippen oder Augen) können zu Einfallstellen führen.
Aufgrund dieser Faktoren, die sich auch gegenseitig beeinflussen, muß meist ein Kompromiß getroffen werden. Bereits bei der Formteilgestaltung müssen die Möglichkeiten berücksichtigt werden, da eine spätere Umkonstruktion entweder sehr kostenintensiv oder sogar unmöglich ist.



PAS®-POLYMERE
TOLERANZEN

Bei der Herstellung von Bauteilen aus Kunststoff ist eine Abweichung vom Nennmaß (speziell bei Spritzgußteilen) nicht zu vermeiden. Diese Abweichung hat verschiedene Ursachen, bzw. ist von verschiedenen Faktoren abhängig und bei der Bauteilkonstruktion zu berücksichtigen.

VERARBEITUNGSBEDINGT

_ Gleichmäßigkeit der Formmasse
_ Einstellung der Maschine
_ Werkzeugtemperatur
_ Verformung des Werkzeuges unter Last
_ Prozeßschwankungen

WERKZEUGBEDINGT

_ Herstellungstoleranzen
_ Werkzeugverschleiß
_ Lagetoleranzen von beweglichen Werkzeugteilen

WERKSTOFFBEDINGT

_ Verarbeitungsschwindung (teilweise unterschiedlich in Längs- und in Querrichtung, vor allem bei Verwendung von Verstärkungsfasern)
_ Nachschwindung und Nachkristallisation
_ Innere Spannungen und Verzug
_ Quellung
_ Temperaturbedingte Volumenveränderung

Durch diese verschiedenen Faktoren ist es nicht sinnvoll, engere Toleranzen vorzusehen, als es für den jeweiligen Einsatzfall unbedingt notwendig ist. Enge Toleranzen sind immer mit Mehrkosten verbunden, da diese meist nur mit speziellen Maßnahmen eingehalten werden können:

_ Nachbehandlung der Teile
_ Spezielle Materialien
_ Genaueste Werkzeuge
_ Spezielle Maschinen
_ Langsamer Prozeß
_ Erhöhter Prüfaufwand

Bei Teilen, die im Spritzgußverfahren gefertigt werden, ist zu beachten, dass zwischen werkzeuggebundenen Maßen (das sind Maße, die sich nur in einer Werkzeughälfte befinden und unveränderlich sind) und nicht werkzeuggebundenen Maßen (das sind Maße, die durch verschiedene Werkzeugteile, z.B. Schieber, und deren Position zueinander bestimmt werden) unterschieden werden muss. Abhängig vom eingesetzten Werkstoff und von der Art des Maßes gelten verschiedene Toleranzbereiche. Diese Toleranzbereiche sind z.B. in der DIN-Norm DIN 16901 bzw. im ISO-Entwurf ISO 11122 festgehalten.

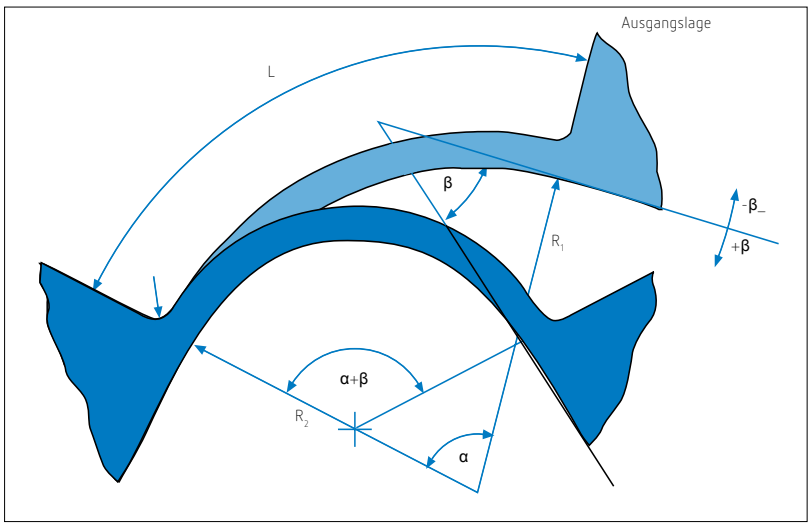
SPEZIELLE KONSTRUKTIONSMÖGLICHKEITEN MIT PAS®-POLYMEREN

FILMSCHARNIERE

Aufgrund der Materialeigenschaften von Kunststoffen (hohe Zähigkeit, leichte Verformbarkeit und hohe Biegewechselfestigkeit) sind Filmscharniere ein einfaches Konstruktionselement für eine Vielzahl von Anwendungen.
Filmscharniere sind elastische Verbindungselemente zwischen zwei beweglichen Teilen aus thermoplastischem Kunststoff. Sie sind in einem Arbeitsgang aus demselben Werkstoff wie das Grundmaterial gefertigt und besitzen keine zusätzlichen Verbindungsstellen oder gleitenden Flächen. Sie sind daher verschleißfrei. Beeinflußt werden die Eigenschaften von der Dicke des Filmscharnieres und vom Temperatur- und Zeitverhalten des Grundwerkstoffes. Grundsätzlich wird ein Filmscharnier von drei Größen bestimmt: der geforderten Biegezahl, dem Biegewinkel und der Biegefrequenz. Filmscharniere können als federndes Bauteil oder als reine Montagehilfe (meist nur einmal verformt) eingesetzt werden.
Für den Einsatz mit hohen Biegezahlen eignen sich am besten teilkristaline Werkstoffe mit guten Ermüdungseigenschaften. Es sind dies z.B. PAS®-PE, PAS®-L, PAS®-LX, PAS®-PP etc.
Durch Füll- oder Verstärkungsstoffe wird die Verwendungsfähigkeit meist negativ beeinflußt.

INSERTTECHNIK, UMSPRITZTE EINLEGETEILE

Mit Konstruktionshilfen wie Rippen, Gewindeaugen oder Einlegeteilen lassen sich einerseits Anwendungsprobleme lösen, aber andererseits können neue geschaffen werden. Rippen erhöhen die Steifigkeit, können aber zu Verzug führen. Gewindeaugen erleichtern die Montage mit selbstschneidenden Schrauben, verursachen aber auch Einfallstellen an der Oberfläche.
Einlegeteile mit Gewinde ermöglichen ein mehrmaliges Montieren und Demontieren, ohne das Gewinde zu beschädigen. Auf der anderen Seite stehen hier die erhöhten Produktionskosten.
Bei folgenden Anwendungen ist der Einsatz von Einlegeteilen ratsam:



_ Gewinde, die unter Dauerlast einsetzbar sind oder sich oft montieren und demontieren lassen müssen
_ Innengewinde mit engen Toleranzen
_ Dauerhafte Verbindung zwischen zwei hochbelasteten Teilen
_ Elektrisch leitfähige Verbindung

Wenn entschieden worden ist, dass ein Metalleinlegeteil eingesetzt wird, ist noch zu bestimmen, ob dieses umspritzt oder durch eine andere Methode eingebaut werden soll. Es ist auch möglich, Metallteile mittels Presspassung, Schnappsitz oder durch Ultraschallschweißen einzusetzen. Die endgültige Entscheidung hängt jeweils von den gesamten Bauteilkosten ab.

Die Nachteile von umspritzten Einlegeteilen sind:
Sie können sich verlagern und das Werkzeug beschädigen.
Die Beschickung des Werkzeuges ist oft schwierig, wodurch sich der Zyklus verlängert.
Vorheizen kann notwendig werden.
Die Wiedergewinnung von Roh-stoffen aus solchen Bauteilen ist schwierig (verminderte Recyclingfähigkeit).

SPEZIELLE KONSTRUKTIONSMÖGLICHKEITEN MIT PAS®-POLYMEREN

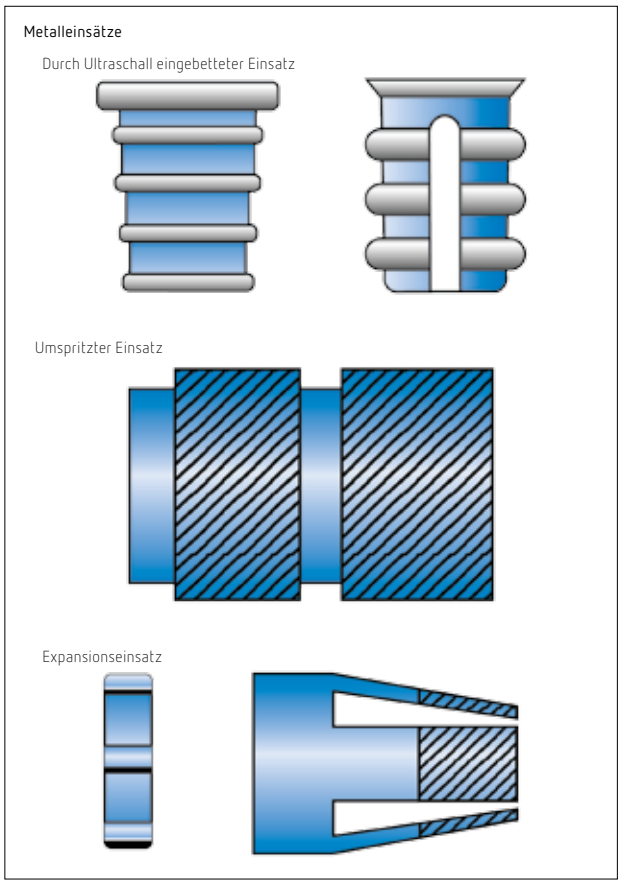
Der häufigste Nachteil sind jedoch spannungsbedingte Risse im umgebenden PAS®-Polymer. Spannungen entstehen durch die Schwindungsbehinderung im Bereich des Metallteils und hängen mit dem jeweiligen Spannungs-Dehnungs-Verhalten des PAS®-Polymers zusammen. Generell sind Werkstoffe mit hoher Dehnung und verstärkte Werkstoffe mit geringer Formschwindung besser geeignet. Die Kriechneigung des Materials ist jedoch ebenfalls zu beachten.

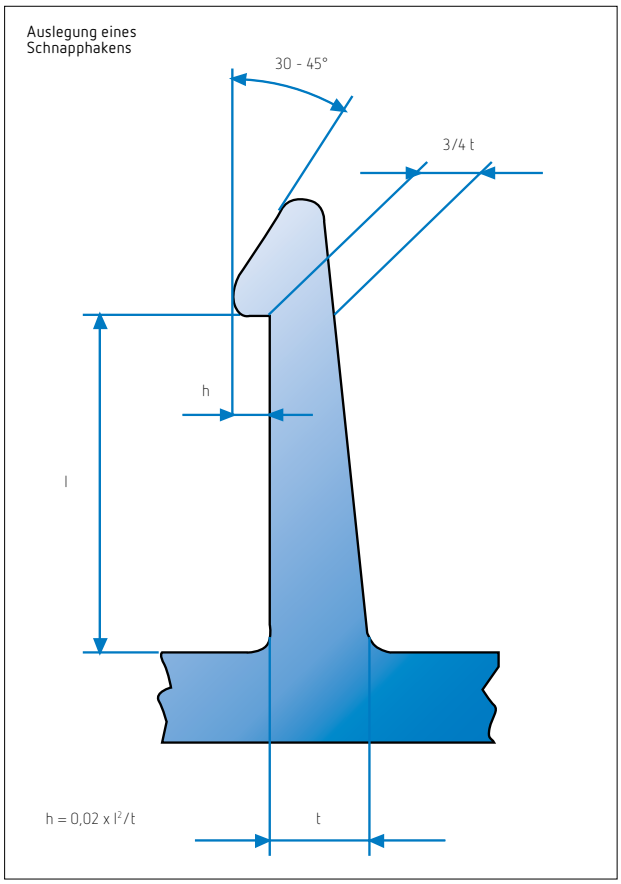
SCHNAPPVERBINDUNGEN

Schnappverbindungen sind formschlüssige Verbindungen und lassen sich in verschiedensten Arten verwirklichen. Da keine anderen Bauteile benötigt werden, ist dies die kostengünstigste Verbindungsmöglichkeit für Kunststoffbauteile.
Bei dieser Verbindungsart besitzt ein Bauteil einen hervorstehenden Wulst, eine Verdickung, einzelne Noppen oder Haken, die in entsprechende Hinterschneidungen, Aussparungen oder Vertiefungen des anderen Bauteiles einschnappen. Beim Zusammenfügen der Bauteile werden diese elastisch verformt.

Man unterscheidet lösbare und unlösbare Verbindungen, und durch zusätzliche Dichtelemente oder Dichtmassen sind auch dichte Verbindungen herstellbar. Bei einer lösbaren Verbindung ist darauf zu achten, daß die auftretende Betriebsbelastung unter der Lösekraft der Schnappverbindung liegt.
Schnappverbindungen sollten leicht zu montieren sein, Toleranzen des Aufnahmeteiles überbrücken und gegebenenfalls zu Spielfreiheit führen.
Die einfachste Ausführung ist der Schnapphaken.

Die nutzbare Schnapphöhe läßt sich durch Veränderung des Balkenquerschnittes und der Balkenlänge beeinflussen.
Eine gleichmäßige Belastung des Schnappers über die gesamte Länge ist anzustreben. Damit Schnapphaken nicht überdreht bzw. abgebrochen werden können, ist es ratsam, einen Anschlag vorzusehen, der den Maximalweg begrenzt.





BEISPIELE VON FÜGETECHNIKEN MIT PAS®-POLYMEREN

Bauteile aus PAS®-Polymeren müssen einsatzbedingt oft mit anderen Teilen aus Metall, Kunststoff oder anderen Materialien verbunden werden. Die gebräuchlichsten Technologien sind hier beschrieben.

SCHRAUBVERBINDUNGEN

Bei Schraubverbindungen ist zu beachten, daß bei hohen spezifischen Belastungen der Kunststoff zum Kriechen neigt und dadurch ein Lösen der Verbindung möglich ist. Abhilfe schafft hier eine Vergrößerung der aufliegenden Fläche (z. B. großzügig dimensionierte Beilagscheiben) oder der Einsatz von Stahlbüchsen bei Durchgangsbohrungen. Als einfachste Lösung bieten sich selbstschneidende Schrauben an, die beim Eindrehen die Gewindegänge formen. Bei Verbindungen, die mehrmals gelöst werden sollen, ist die Verwendung von metallischen Gewindeeinsätzen ratsam. Diese Einsätze können umspritzt, eingeschweißt, eingedreht oder eingepreßt werden.

SCHNAPPVERBINDUNGEN/PRESSVERBINDUNGEN

Für Teile, die nie oder selten gelöst werden müssen, ist die Preßverbindung eine einfache und wirtschaftliche Variante.

Prinzipiell kann man 2 Ausführungen unterscheiden:

_ Einpressen eines Stahlteiles in ein Kunststoffteil (Stift, Achse, Kugellager)
_ Einpressen eines Kunststoffteiles in eine Stahlteil (Lagerbuchse, Isolierhülse)

SCHWEISSVERBINDUNGEN

Prinzipiell lassen sich alle thermoplastischen PAS®-Polymere schweißen. Je nach Art der zu verbindenden Teile werden verschiedene Verfahren angewendet. Unter optimalen Verarbeitungsbedingungen sind bei Schweißverbindungen die gleichen Festigkeiten erreichbar wie im Grundwerkstoff. Bei verstärkten Kunststoffen sind diese Werte jedoch niedriger.

WARMGASSCHWEISSEN

Dieses Verfahren wird meist zum Verbinden von Platten oder Rohren eingesetzt. Die Grundwerkstoffe und der Zusatzwerkstoff werden mit erwärmtem Gas (Druckluft) an der Fügefläche plastifiziert und durch Druck verbunden.

HEIZELEMENTSCHWEISSEN

Beim Heizelementschweißen wird die gesamte Fügefläche in einem Vorgang erwärmt. Die platten- oder ringförmigen Heizelemente aus rostfreiem Stahl oder einer Aluminiumlegierung sind mit einer PTFE-Beschichtung versehen.
Diese Schweißmethode ist im Installationsbereich am weitesten verbreitet.

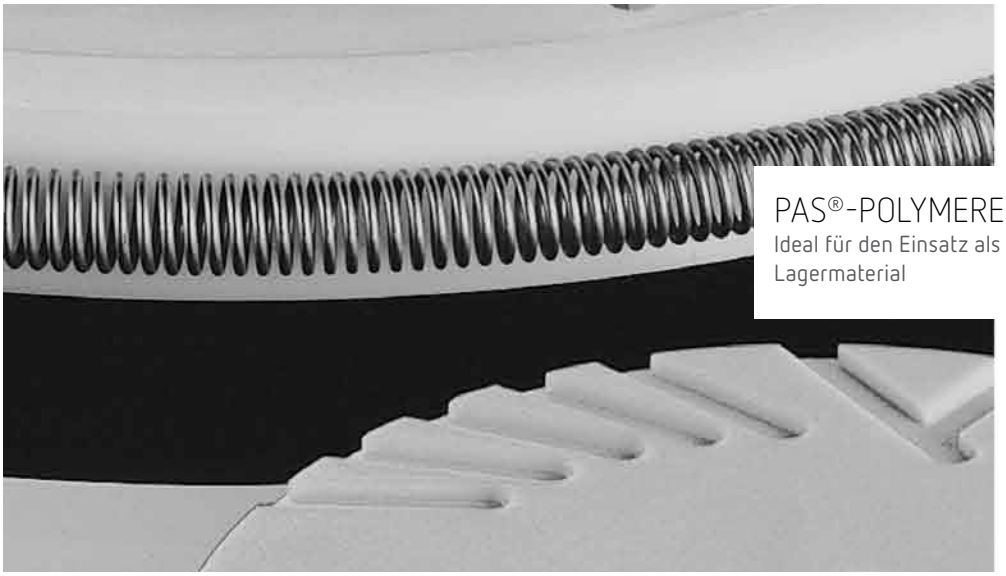
REIBSCHWEISSEN

Die für das Aufschmelzen notwendige Wärme kann auch durch Reibung erzeugt werden. Hierbei wird ein Bauteil festgehalten und das andere mit Druck relativ dazu schnell bewegt. Die Bewegung kann drehend (Rotationsschweissen) oder alternierend (Vibrationsschweißen) sein.
Wichtig ist bei diesem Verfahren, daß die Bewegung unmittelbar nach dem Aufschmelzen gestoppt wird.

ULTRASCHALLSCHWEISSEN

Bei einem Ultraschallschweißgerät werden hochfrequente Wechselströme in mechanische Schwingungen umgesetzt. Diese Schwingungen und der notwendige Anpreßdruck werden mit einer Sonotrode auf das Fügeteil übertragen, wodurch die Schwingungen durch Reibung in Wärme umgesetzt werden.
Da die Verbindung innerhalb weniger Sekunden stattfindet, sind mit diesem Verfahren sehr kurze Fertigungszeiten möglich. Dieses Verfahren wird eingesetzt, um Kunststoffteile miteinander zu verbinden und um Metallteile (Stifte, Gewindeeinsätze etc.) in Kunststoffe einzuschweißen.

PAS®-POLYMERE
TRIBOLOGIE



PAS®-POLYMERE
Ideal für den Einsatz als Lagermaterial

Verschiedene PAS®-Polymere und besonders die X-Typen bieten sich für den Einsatz als Lagermaterial an.

Die Verwendbarkeit hängt von unterschiedlichen Parametern ab:

_ Spezifische Belastung
_ Statische / dynamische Belastung
_ Relativgeschwindigkeit
_ Häufigkeit (Einschaltdauer)
_ Art und Beschaffenheit des Gegenlaufwerkstoffes
_ Einsatztemperatur
_ Umgebungsbedingungen

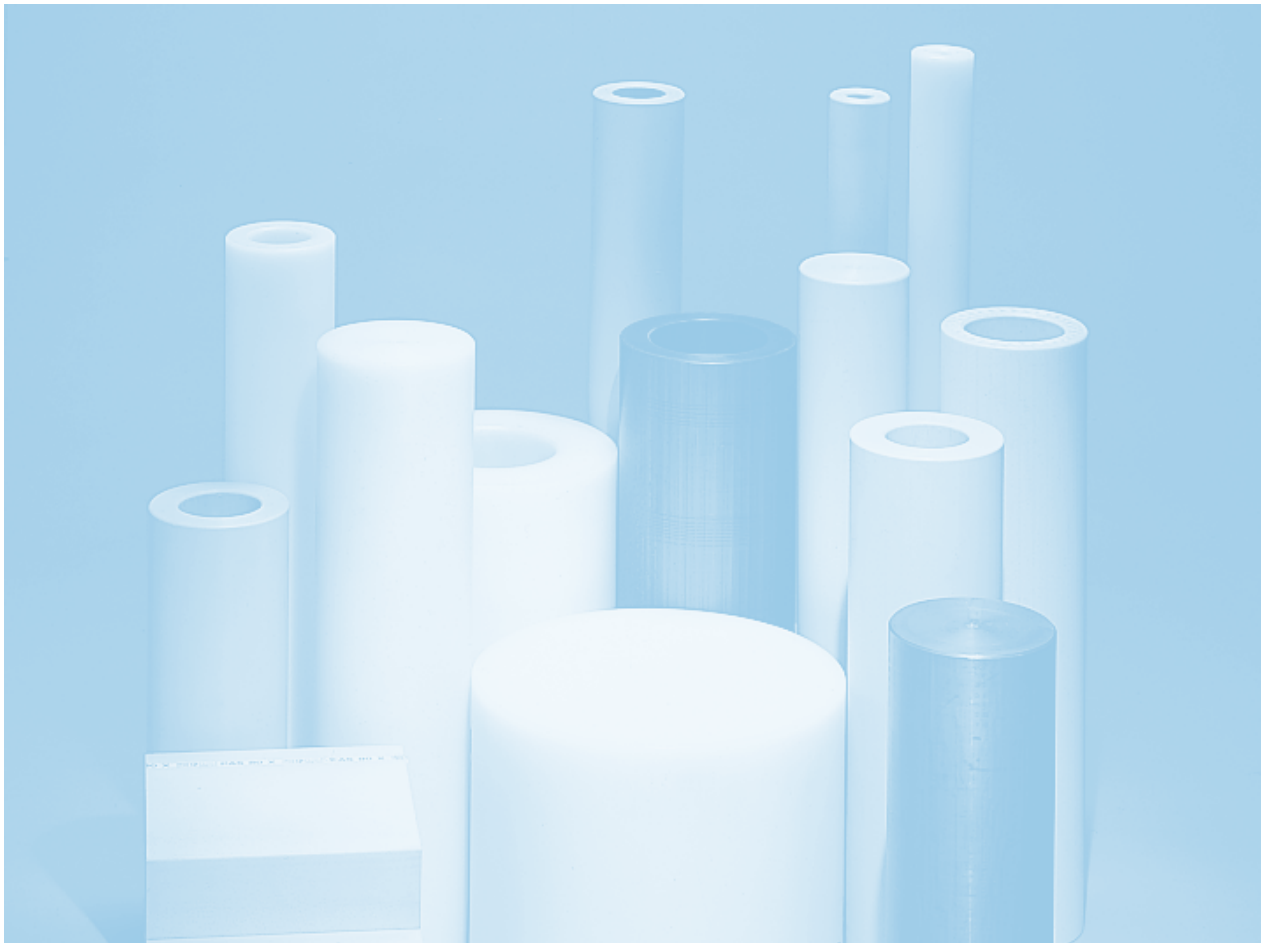
Die Gründe für einen Einsatz können sein:

_ Dämpfungseigenschaften
_ Physiologische Eigenschaften
_ Elektrische Isolierung
_ Feuchtigkeitsunempfindlichkeit
_ Chemische Beständigkeit
_ Trockenlaufeigenschaften (Notlauf)
_ Wirtschaftlichkeit

PAS®-Polymere werden eingesetzt als: Lagerbuchsen, Linearführungen, Gleitplatten, Führungen, Gleitleisten, Zahnstangen, Seilrollen, Laufrollen, Dichtungen und Dichtungsbänder; in Werkzeugmaschinen, Fahrtreppen, Seilbahnen, Textilmaschinen, Eisenbahnen, Förderanlagen etc.

Bitte fordern Sie unseren Spezialprospekt „Konstruieren mit Gleitelementen" an.

PAS®-POLYMERE
WERKSTOFF-AUSWAHLKRITERIEN



Bei der Auswahl eines Werkstoffes und bei der Auslegung und Konstruktion eines Bauteiles müssen möglichst alle einwirkenden Einflußfaktoren berücksichtigt werden.

Wenn alle Parameter bekannt sind, sollten sie in einer Checkliste aufgeführt werden.

Anhand dieser Kriterien können dann die zur Auswahl stehenden Kunststoffe und ihre Eigenschaften miteinander verglichen werden, wobei die einzelnen Anforderungen entweder ganz, teilweise oder nicht erfüllt werden.

Der Konstrukteur muß festlegen, welche Kriterien unbedingt erfüllt werden müssen und bei welchen gewisse Konzessionen zulässig sind.

Auf diesem Wege läßt sich das am besten geeignete Material herausfinden (siehe Werkstoffübersicht „PAS®-IGOPAS®-Werkstoffe" bzw. Halbzeugkatalog).

Wenn verschiedene Materialien einsetzbar oder die Einflußfaktoren nicht genau bekannt sind, müssen Versuche gemacht werden, die zu einer endgültigen Materialwahl führen. Diese Versuche werden meist aus Kostengründen mit spanend gefertigten Teilen durchgeführt.
Dabei variieren im Vergleich mit spritzgegossenen oder extrudierten Teilen einige Materialeigenschaften (z.B. Glasfaserorientierung, hohe Kristallinität von extrudierten Teilen, fehlende Bindenähte etc.).

Weitere Informationen zu PAS®- und IGOPAS®-Halbzeugen fordern Sie an bei:

faigle Industrieplast GmbH
Grafenweg 31
A-6971 Hard · Austria
T +43 (0) 5574/6 13 10
F +43 (0) 5574/6 13 10-3
industrieplast@faigle.com
www.faigle.com/industrieplast

PAS®-POLYMERE
SPANENDE BEARBEITUNG

Die spanende Bearbeitung von PAS®-Polymeren ist ein sehr umfangreiches Thema und wird daher in dieser Broschüre nur allgemein behandelt.

PAS®-Polymere lassen sich auf normalen Werkzeugmaschinen mit den üblichen Techniken spanabhebend bearbeiten.

_ Für unverstärkte PAS®-Typen sind Schnellarbeitsstähle ausreichend.
_ Hartmetallwerkzeuge sind bei verstärkten PAS®-Typen (Glas- oder Kohlefaser) notwendig.

Aufgrund der geringen Steifheit von Kunststoffen sind die Werkstücke zu unterstützen und entsprechend zu spannen.
Da bearbeitungsbedingte Spannungen zu Dimensionsveränderungen oder Werkstückbrüchen führen können, sollten unbedingt einwandfrei geschärfte Werkzeuge eingesetzt werden.
Wegen der schlechten Wärmeleit-fähigkeit der Kunststoffe sind die Teile mit Luft oder einem geeigneten Schmiermittel zu kühlen.

Bei der Fertigung von Präzisionsteilen kann es notwendig sein, die Bearbeitung in mehreren Schritten durchzuführen und die Teile einer Wärmebehandlung zu unterziehen.

Ähnliches gilt auch für Teile aus hygroskopischen Materialien (z.B. Polyamide). Da beim Bearbeiten unterschiedliche Schichten freigelegt werden und eine Feuchtigkeitsaufnahme im Einsatz und die damit verbundene Dimensionsänderung zum Versagen führen kann, ist hier eine zweistufige Bearbeitung und ein zusätzlicher Konditioniervorgang empfehlenswert.

Nachfolgend noch die gängigsten Bearbeitungsmethoden mit kurzen Hinweisen:

BOHREN
_ Große Bohrungen vorbohren
_ Gute Wärme- und Spanabfuhr gewährleisten
_ Große Teile und verstärkte Kunststoffe auf ca. 120° C vorwärmen

GEWINDE SCHNEIDEN
_ zweizahnige Strähler verwenden
_ Wegen der Elastizität der Kunststoffe sind oft Gewindebohrer mit Übermaß notwendig

DREHEN
_ Breite Schneiden ergeben eine bessere Oberfläche.
_ Spitzenradius ca. 0,5 mm

FRÄSEN
_ Wenn möglich, zweischneidige Werkzeuge verwenden, damit Schwingungen vermieden werden und eine gute Spanabfuhr gewährleistet ist.

SÄGEN
_ Wärmeentwicklung durch Reibung ist zu vermeiden.
_ Kreissägen mit stark geschränkten Blättern verwenden

SICHERHEITSHINWEIS
Unsachgemäße Bearbeitung kann zu örtlicher Überhitzung und Zersetzung des Kunststoffes führen. Es sind daher ausreichende Absaugeinrichtungen vorzusehen.

PAS®-POLYMERE
WERKZEUGBAU

Die Konstruktion und Auslegung eines Spritzgußwerkzeuges ist ein wesentlicher Faktor für die Funktionalität und Wirtschaftlichkeit eines Bauteiles. Es ist daher einerseits für den Bauteilkonstrukteur wichtig, die Werkzeugtechnologie zu kennen, andererseits muß der Werkzeugkonstrukteur die Bauteilanforderungen kennen, um das Werkzeug zu optimieren.

NACHFOLGEND EINIGE HAUPTPUNKTE

BAUTEILGEWICHT UND -GRÖSSE
bestimmen die Formnestanzahl und die Werkzeug- bzw. Maschinengröße.

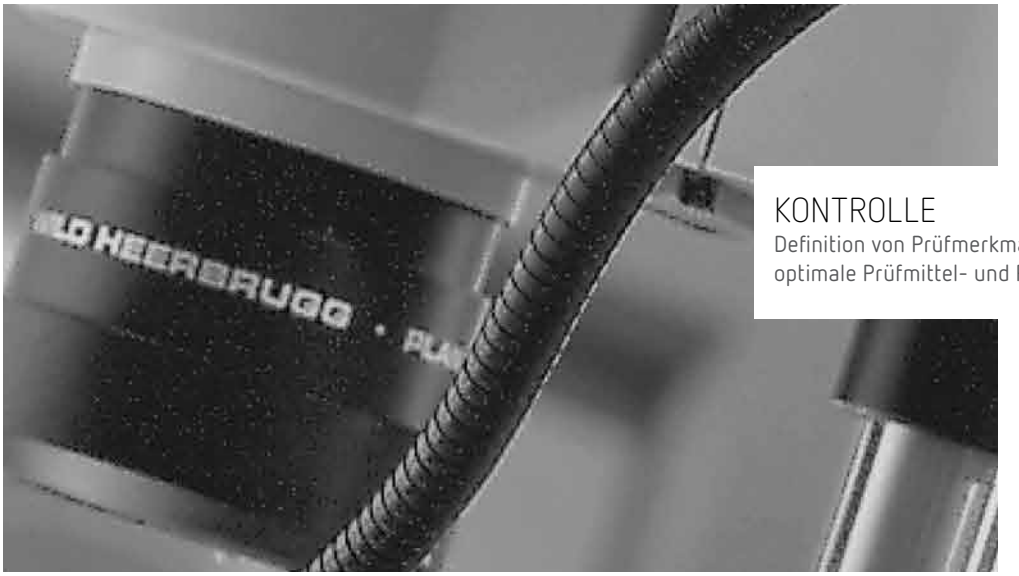
STÜCKZAHL
bestimmt die Formnestanzahl, die Werkzeug- bzw. Maschinengröße und die Materialqualität des Werkzeuges.

OBERFLÄCHENANFORDERUNGEN
beeinflussen die Art der Einformung, die Art und Lage der Trennebene und Auswerfvorrichtungen, die Art und Lage des Anspritzpunktes und die Beschichtung des Werkzeuges.

ABMESSUNGEN UND TOLERANZEN
bestimmen die Art und Lage des Anspritzpunktes, den Produktionszyklus und die Möglichkeit von Entformungsschrägen. Sie erfordern eventuell zusätzliche Nacharbeit.

Da sich oftmals durch geringfügige Bauteiländerungen Produktions- und Werkzeugkosten reduzieren bzw. stark beeinflussen lassen, sind intensive Gespräche im Entwicklungsstadium zwischen Anwender und Produzent empfehlenswert.

PAS®-POLYMERE
QUALITÄTSSICHERUNG



KONTROLLE
Definition von Prüfmerkmale für optimale Prüfmittel- und Pläne

Um ein optimales Produkt fertigen zu können, bedarf es nicht nur einer funktionierenden Entwicklung und Produktion, sondern auch der notwendigen Überwachungs- und Kontrollmöglichkeiten im Rahmen einer umfassenden Qualitätssicherung. Diese deckt die verschiedensten Bereiche ab, angefangen vom Wareneingang über die Produktion bis hin zur Endkontrolle des fertigen Produktes.

Schon bei der Konstruktion eines neuen Bauteils müssen die späteren QS-Maßnahmen mitbedacht werden. Durch das Hinzuziehen der Qualitätssicherung können die Prüfmerkmale definiert und die optimalen Prüfmittel und Prüfpläne festgelegt werden.

Um den internationalen Anforderungen gerecht zu werden, besitzt faigle nicht nur ein durchgängiges Qualitätssicherungssystem nach ISO 9002 (zertifiziert im Dezember 1995), sondern auch ein eigenes Labor mit folgender Ausstattung:

_ Zug-/Druckprüfmaschine für mechanische Untersuchungen
_ DIN-Abriebprüfgerät
_ DSC-Analysegerät für Material-untersuchungen
_ MFI-Meßgerät für Eingangskontrolle der Rohstoffe
_ Schlagzähigkeitsprüfgerät für Bauteiluntersuchungen
_ Feuchtigkeitsmeßgerät für Bauteil- und Rohmaterialprüfungen
_ Mikrotomschnittgerät und
_ Mikroskop für Bauteil- und Gefügeuntersuchungen
_ Klimaschrank für Bauteilprüfungen
_ UV-Belichtungsgerät für Beständigkeitsprüfungen
_ Rollenprüfstand für Serien- und Prototypenprüfungen
_ TRIBO-Prüfstand (RHM)
_ Härteprüfgerät

PAS®-POLYMERE
ANMERKUNG

Die in dieser Broschüre genannten Eigenschaften und Konstruktionsmöglichkeiten entsprechen unseren Erfahrungen und denen unserer Rohstofflieferanten. Verbindliche Zusagen oder Funktionalitäten können hieraus nicht abgeleitet werden.

Wir danken allen, die zum Entstehen dieser Broschüre beigetragen haben, sei es durch Fachliteratur, Datenblätter, Prospekte oder durch ihre Mitarbeit.

faigle

faigle Kunststoffe GmbH
Landstrasse 31
A-6971 Hard · Austria
T +43 (0) 5574/6811-0
F +43 (0) 5574/6811-1809
kunststoffe@faigle.com
www.faigle.com

faigle Industrieplast GmbH
Grafenweg 31
A-6971 Hard · Austria
T +43 (0) 5574/6 13 10
F +43 (0) 5574/6 13 10-2003
industrieplast@faigle.com
www.faigle.com/industrieplast

faigle Igoplast AG
Werkstrasse 11
CH-9434 Au/SG · Switzerland
T +41 (0) 71 747 41 41
F +41 (0) 71 747 41 42
igoplast@faigle.com
www.faigle.com/igoplast

Suzhou faigle Engineering Plastics Co., Ltd.
No. 32–369 Tayuan Road Suzhou New Distric
215129 Suzhou · China
T +86 (0) 512/6536 5886
F +86 (0) 512/6536 5882
office.suzhou@faigle.com
www.faigle.com/suzhou

moving forward

Impressum: Für den Inhalt verantwortlich: faigle Kunststoffe GmbH · Landstrasse 31 · A-6971 Hard · T +43(0)5574/6811-0 · F +43(0)5574/6811-1809 · kunststoffe@faigle.com · www.faigle.com
11/2011/DE 1500