

Vom Monomer zum Polymer

1. In der Geschichte der Kunststoffe werden vier Epochen unterschieden. Wann beginnt ca. die Epoche der Werkstoffe mit neuen Eigenschaften?

- a. vor 1839 ☐
- b. ab ca. 1950 ☒
- c. zwischen 1839 und 1914 ☐
- d. zwischen 1914 und 1950 ☐

2. Die Einsatzgebiete der Kunststoffe in Europa sind vielfältig. In welchem folgenden Einsatzgebiet ist der Kunststoffeinsatz am größten?

- a. Automobil ☐
- b. Bau ☐
- c. Verpackungen ☒
- d. Elektro ☐

3. Wann sind die zwei wichtigsten Ausgangsstoffe der chemischen Industrie

- a. Ethylen und Propylen ☒
- b. Ethylen und Zucker ☐
- c. Propylen und Oligomere ☐
- d. Propylen und Holz ☐

4. Was ist eine Hauptvalenzbindung?

- a. eine innermolekulare chemische Bindung ☒
- b. eine physikalische Bindung ☐
- c. eine intermolekulare chemische Bindung ☐
- d. ein permanentes Dipolmoment zwischen Elementen unterschiedlicher Elektronegativität ☐

5. Was versteht man unter dem Begriff „Copolymer“?

- a. ein Polymerblend ☐
- b. ein Polymer, das aus verschiedenen Monomeren aufgebaut ist ☒
- c. ein Polymergemisch ☐
- d. ein Polymer, das aus einer Sorte Monomer aufgebaut ist ☐

6. Welche Konfigurationen kann Polypropylen

Einfluss der Primärstruktur auf die Sekundärstruktur IKT
Taktizität von Polypropylen beeinflusst Kristallinität

isotaktisches PP

- bis 60 % kristallin
- T_m : 160 – 186 °C



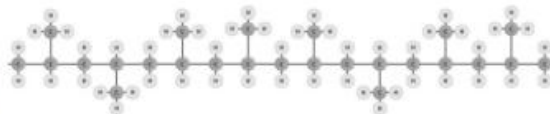
syndiotaktisches PP

- Kristallinität geringer
- T_m : 160 – 165 °C



ataktisches PP

- amorph
- bei Raumtemperatur wachsig, klebrig
- kaum kommerzieller Einsatz



7. Sie möchten im Spritzgießverfahren ein transparentes Kunststoffformteil herstellen. Welche Kunststoffklasse würden Sie hierfür verwenden und warum?

Thermoplasten: (PC, PMMA, PS, PE)

Beim Spritzgießen werden fast ausschließlich Kunststoffe verarbeitet. Diese lassen sich in **Thermoplaste**, **Duroplaste** und **Elastomere** unterteilen. Alle drei Materialarten können im Spritzgussverfahren verwendet werden, **wobei das Thermoplast-Spritzgießen die größte wirtschaftliche Bedeutung hat.**

Duromere und Elastomere sowie Thermoplaste mit „sperrigen“ Seitenketten oder Substituenten, die eine Aneinanderlagerung behindern, erstarren amorph. Der aus amorphen Polymeren hergestellte Kunststoff erscheint transparent, sofern keine lichtbrechenden oder farbigen Zusatzstoffe hinzugefügt werden. Teilkristalline Polymere sind im Gegensatz zu amorphen Polymeren opak bis trüb, da die Phasengrenzen zwischen amorph und kristallin das Licht brechen.

Wenn wir vernetzende Kunststoffe verarbeiten, verarbeiten wir keine Duromere oder Elastomere, sondern deren Vorprodukte. Im Prozess, exakt sogar im Formgebungswerkzeug, werden sie durch Vernetzung formstabil und reagieren dabei zum Elastomer oder Duromer. Die Vernetzungsreaktion kann durch verschiedene Einflüsse gesteuert werden. Meist ist es allerdings Wärme, die einen Initiator zerfallen lässt, der die Kettenreaktion und die Vernetzung in Gang bringt. Oftmals werden diese sogenannten „Härter“ den Vorprodukten zudosiert, die erst bei erhöhter Temperatur im Werkzeug eine Vernetzungsreaktion starten. Während also ein Thermoplast die Wärme benötigt, um in Schmelze zu gelangen und durch Abkühlen wieder fest wird, werden vernetzbare Formmassen durch Wärme fließfähig gemacht und zugleich die Vernetzungsreaktion gestartet. Die Vernetzungsreaktion schränkt die Fließfähigkeit wieder ein. Um das Formteil aushärten zu lassen, muss weiter Wärme hinzugefügt werden.

8. In einer Scherströmung im Schneckenkanal ist die Schergeschwindigkeit

- a. ...=0 ☐
- b. über dem Gesamten Querschnitt konstant ☐
- c. an der Kanalwand am geringsten ☒
- d. an der Kanalwand am größten ☐

9. Mit welchem Stoffmodell lässt sich die Nullviskosität ungefüllter Kunststoffe darstellen?

- a. Potenzsatz ☐
- b. Carreau-Ansatz ☒
- c. CARPOW-Ansatz ☐
- d. Maxwell-Ansatz ☐

10. Die Viskosität einer Kunststoffschmelze...

- a. steigt mit sinkendem Druck ☐
- b. steigt mit sinkender Temperatur ☒
- c. steigt mit sinkendem Molekulargewicht ☐
- d. steigt mit sinkendem Füllstoffgehalt ☐

11. Zur Berechnung des Temperaturverschiebungsfaktors α_T von **amorphen** Kunststoffen wird welcher Ansatz verwendet?

- a. Ansatz nach Newton ☐
- b. Ansatz nach Carreau ☐
- c. Ansatz nach Arrhenius ☐
- d. Ansatz nach William, Landel und Ferry (WLF) ☒

Für die Berechnung des Temperaturverschiebungsfaktors haben sich zwei Ansätze durchgesetzt:

- Ansatz nach Arrhenius für teilkristalline Thermoplaste:

$$\log a_T = \frac{E_0}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

mit: E_0 : Fließaktivierungsenergie [J/mol]
R: universelle Gaskonstante, $R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

- Ansatz nach William, Landel und Ferry (WLF) für amorphe Thermoplaste:

$$\log a_T = - \frac{C_1 \cdot (T - T_S)}{C_2 + T - T_S}$$

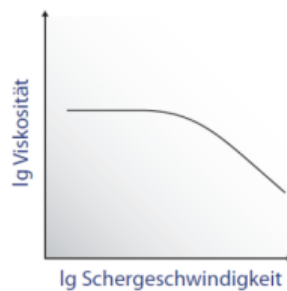
mit: $C_{1,2}$: Stoffkonstanten (Standardempfehlung: $C_1 = -8,86$, $C_2 = 101,6 \text{ K}$)
und: T_S : materialspezifische Standardtemperatur (meist etwa 50 K über T_g)

12. Wie ist die Viskosität η definiert?

- a. $\eta = \frac{\tau}{\gamma}$ ☐
- b. $\eta = \frac{\gamma}{\tau}$ ☐
- c. $\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$ ☒
- d. $\eta = \frac{\dot{\gamma}}{\tau}$ ☐

13. Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf der Schergeschwindigkeit über der Schubspannung (links) und den Verlauf der Viskosität über der Schergeschwindigkeit (rechts) eines ungefüllten strukturviskosen Fluids ein. Kennzeichnen Sie den Newton'schen und den strukturviskosen Bereich im rechten Schaubild.

- Bei strukturviskosen Fluiden sind Schergeschwindigkeit und Schubspannung nicht linear proportional. Bei steigender Schubspannung nimmt die Schergeschwindigkeit überproportional zu.
- Die Viskosität nimmt mit steigender Schergeschwindigkeit ab.
- Beispiel: Wandfarbe (Dispersionsfarbe), Kunststoffschmelze, Blut



Schubspannung

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Schergeschwindigkeit

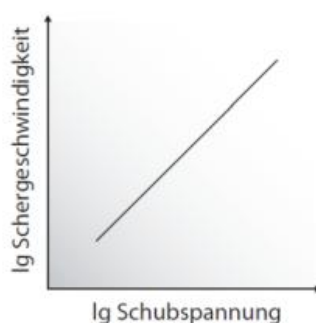
$$\dot{\gamma} = \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{v_p}{H}$$

Viskosität

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Bei strukturviskosen Fluiden – wie z. B. Blut und Polymerschmelzen – verhalten sich Schergeschwindigkeit und Schubspannung nicht linear zueinander. Bei steigender Schubspannung τ steigt die Schergeschwindigkeit überproportional stark an. Somit nimmt der Quotient η , die Viskosität, mit steigender Schergeschwindigkeit ab. Das strukturviskose Fluid wird also dünnflüssiger bei hoher Schergeschwindigkeit.

- Bei Newton'schen Fluiden ist die Schergeschwindigkeit der Flüssigkeit linear proportional zur Schubspannung.
- Die Viskosität η ist konstant.
- Beispiele: Wasser, Honig



14. Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen Schwindung und Schrumpf

Schwindung beschreibt den Effekt dichter Molekulanordnung während des Erstarrens (z. B. beim Kristallisieren eines Thermoplasten oder während des Vernetzens eines Duromeren) und somit eindeutig eine Volumenänderung. Schrumpf geschieht ausschließlich durch Rückstellung von Orientierungen. Die Form mag dadurch geändert werden, nicht aber das Volumen.

15. Unter der Zähigkeit eines Werkstoffes versteht man

- a. den Widerstand gegen Rissbildung eines Werkstoffes ☐
- b. die Dehnfähigkeit eines Werkstoffes ☐
- c. die Energieaufnahmefähigkeit eines Werkstoffes ☒
- d. den Widerstand gegen Verformung eines Werkstoffes ☐

16. Der Dämpfer ist das mechanische Ersatzmodell für welches Verhalten?

- a. viskoses ☒
- b. plastisches ☐
- c. linear-elastisches ☐
- d. visko-elastisches ☐

17. Welche Kunststoffe werden nicht im thermoplastischen Bereich eingesetzt?

- a. Amorphe Kunststoffe ☒
- b. Teilkristalline Kunststoffe ☐
- c. Duromere ☐
- d. Elastomere ☐

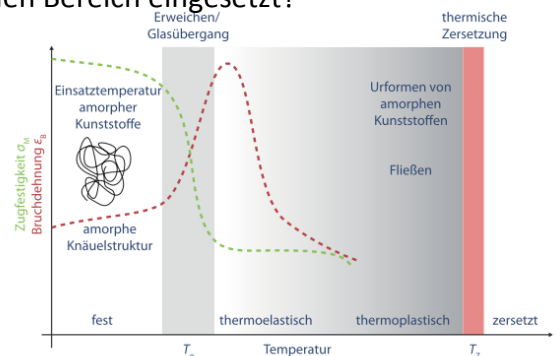


Bild 2.39 Zustandsbereiche amorpher Kunststoffe

Als Glasübergang wird das Erweichen der amorphen Molekülstrukturen aufgrund zunehmender Brown'scher Molekülbewegung bei Erwärmung bezeichnet. Der Thermoplast geht von einem spröde-steifen in einen elastisch-nachgiebigen („thermoelastischen“) Zustand über (Bild 2.39). Amorphe Thermoplaste gehen bei weiterer Temperaturerhöhung kontinuierlich in den plastisch-nachgiebigen („thermoplastischen“) Bereich über. Kunststoffe, die aus amorphen Polymeren hergestellt wurden, werden in der Regel unterhalb ihrer Glasübergangstemperatur eingesetzt, da sie nur dort über gebrauchstaugliche Festigkeiten verfügen. Das Urformen findet allerdings weit oberhalb dieser Erweichungstemperatur statt, in dem das amorphe Polymer mit möglichst geringem Widerstand fließt. Je höher die Temperatur, desto weniger Fließwiderstand (Viskosität) ist auch von der Schmelze zu erwarten. Jedoch ist zu bedenken, dass auch Hauptvalenzbindungen durch zu hohe Temperatur getrennt werden können. Die sogenannte Zersetzungstemperatur T_z ist auf keinen Fall zu überschreiten.

18. Bei Kunststoffen kann Retardation auftreten. Um was handelt es sich dabei?

- a. Bei konstanter Spannung nimmt die Dehnung zu. ☒
- b. Bei konstanter Dehnung nimmt die Spannung zu. ☐
- c. Bei konstanter Dehnung nimmt die Spannung ab. ☐
- d. Bei konstanter Spannung nimmt die Dehnung ab. ☐

Schematisch ist das mechanische Langzeitverhalten in Bild 3.49 dargestellt. Der Probekörper mit Länge l_0 wird zu einer Zeit t_1 mit einer Kraft F_0 bzw. Spannung σ spontan beaufschlagt, die danach im zeitlichen Verlauf konstant gehalten und bei t_2 entlastet wird. Die Dehnungsantwort ist zum Teil spontan (bei t_1 , elastisches Verhalten) und zum Teil zeitlich verzögert (siehe Dehnungskurve bis t_2 viskoses und plastisches Verhalten).

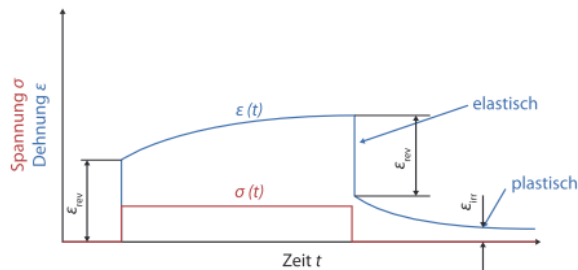


Bild 3.49 Retardation bzw. Kriechverhalten

Dieses Weiterdehnen wird „Kriechen“ oder „Retardation“ genannt. Bei höheren Temperaturen kriecht der Werkstoff schneller bzw. bereits bei geringerer Belastung. Bei Entlastung bei t_2 reagiert der Körper teilweise elastisch und ein Teil der Dehnung stellt sich spontan zurück (ϵ_{rev}). Ein anderer Dehnungsanteil stellt sich zeitverzögert zurück (viskoelastisch) und ein weiterer gar nicht mehr (ϵ_{irr} ; teils irreversibel plastisch verformt, teils irreversible Mikrorisse).

Das Kriechen ist bei amorphen Thermoplasten besonders ausgeprägt. Bei teilkristallinen Thermoplasten weit weniger, da die Kristallite stärkeren Widerstand bieten.

Bei Elastomeren und Duromeren gilt das Kriechen als vernachlässigbar.

19. Mithilfe welchen Prüfverfahrens kann das die Retardation von Kunststoffen untersucht werden?

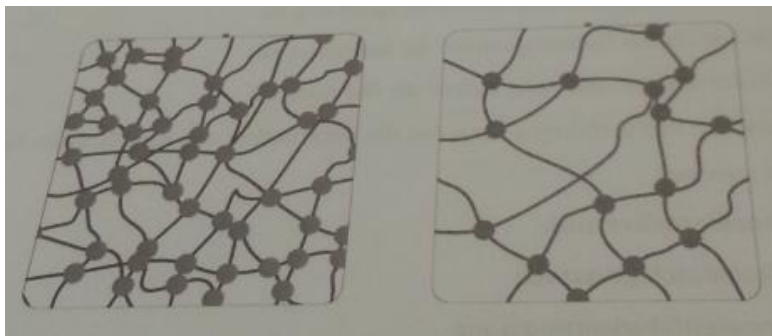
- a. Schnellerzerreiversuch ☐
- b. Kerbschlagbiegeversuch ☐
- c. Wärmeleitfähigkeitsmessung ☐
- d. Zeitstandversuch ☒

20. Bei einem Auffahrunfall auf eisglatter Fahrbahn versagt die Kunststoffverkleidung eines Fahrzeuges durch den Aufprall sehr spröde. Zur Klärung des Unfallhergangs und eines etwaigen Materialfehlers soll der verwendete Kunststoff später noch einmal unter Laborbedingungen (23°C und 50% RH) nachgeprüft werden. Welches Prüfverfahren eignet sich hierfür und wieso? Ist es sinnvoll den Versuch unter Laborbedingungen durchzuführen? Begründen Sie jeweils.

Der sogenannte Schlagbiegeversuch ermöglicht eine Biegebeanspruchung bei höherer Geschwindigkeit. Wird das Pendel ausgelöst, wird dessen potentielle Energie in kinetische umgewandelt. Die beim Durchschlagen des Probekörpers verbrauchte Energie wird über den Pendelausschlag gemessen und als Schlagzähigkeit ausgewiesen.

Die Kunststoffverkleidung sollte bei derselben Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit wie bei dem Auffahrunfall geprüft werden, da diese die Werkstoffeigenschaften beeinflussen.

21. Schematisch dargestellt ist die molekulare Struktur eines Elastomers und eines Duromers. Ordnen Sie den Bildern die richtige Bezeichnungen zu und erklären Sie anhand der Struktur, welcher der beiden Kunststoffe in der Regel die höhere Glasübergangstemperatur besitzt.



Duromer

Elastomer

Auch vernetzte Duromere besitzen noch einige bewegliche, regellos geordnete Polymerketten zwischen den Vernetzungsstellen, die bei Übersteigen der Glasübergangstemperatur T_g höhere Beweglichkeit zulassen. Der T_g ist jedoch wegen der Engmaschigkeit bei deutlich höheren Temperaturen als bei Elastomeren.

Beim Überschreiten der **Glasübergangstemperatur** T_g wandelt sich ein festes Glas oder Polymer in eine gummiartige bis zähflüssige Schmelze um. Der Übergang vom Glaszustand in den flüssigen Zustand ist nicht dasselbe wie Schmelzen. Schmelzen geschieht mit Stoffen (auch Kunststoffen), die kristallin sind: Durch die Wärmezufuhr löst sich das geordnete Kristallgitter auf, man erhält eine ungeordnete Flüssigkeit. Bei Stoffen, deren Moleküle im festen Zustand schon ungeordnet vorliegen, in sogenannten amorphen Feststoffen, muss nicht erst unter Energiezufuhr das Kristallgitter aufgelöst werden, der Stoff wird "nur" flüssig.

22. Glasfasern haben eine(n) ähnliche(n) Wie Kohlenstofffasern
- a. Dichte ☐
 - b. Zugsteifigkeit ☐
 - c. Zugfestigkeit ☒
 - d. Bruchdehnung ☐
23. Naturfasern (z.B. Hanf) haben eine(n) ähnliche(n) wie Glasfasern
- a. Dichte ☐
 - b. Zugsteifigkeit ☒
 - c. Zugfestigkeit ☐
 - d. Bruchdehnung ☐

Überblick über mechanische Kennwerte



Material	Dichte [g/cm³]	E-Modul [GPa]	Spezifischer E-Modul [GPa/g/cm³]	Zugfestigkeit [GPa]	Bruchdehnung [%]
E-Glas (2-3 €/kg)	2,55	70	27	3 - 4	4
Kohlenstoff (25-1000 €/kg)	1,75	275 - 400	157 - 230	3 - 5,7	0,5 - 3
Hanf (< 1 €/kg)	1,45	70	48	0,6	0,8

24. Warum werden für Faserkunststoffverbunde häufig Duromere gegenüber Thermoplasten bevorzugt?
- a. Gute Durchtränkung der Faserbündel ☒
 - b. Schweißbarkeit der fertigen Bauteile ☐
 - c. Recyclebarkeit der Endprodukte ☐
 - d. Weiterverarbeitung durch Umformen ☐

25. Welche der nachfolgenden Zusatzstoffe ist kein Funktionszusatzstoff?

- a. Antioxidantien ☐
- b. Treibmittel ☐
- c. Füllstoff ☒
- d. Weichmacher ☐

Funktionszusatzstoffe

Beispiele

Allen Funktionszusatzstoffen ist gemeinsam, dass ihre Wirkung von der Löslichkeit und Verteilung im betreffenden Polymer abhängt.

Fließhilfsmittel*
Weichmacher*
Schlagzähmodifizier*
Nukleierungsmittel*
Haftvermittler*
Antioxidantien
Antistatika
Flammschutzmittel
Farbmittel
Treibmittel
UV-Stabilisatoren
Wärmestabilisatoren



...
(* werden näher dargestellt)

IKT

Nanopartikel als aktive Zusatzstoffe

Übersicht

IKT

Schichtsilikate	Verbesserung des Flammenschutzes, mechanischer Eigenschaften und Barriere-Eigenschaften
Kohlenstoff-Nanoröhrchen	Verbesserung der elektrischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften
Titandioxid-Partikel	Absorption von UV-Strahlen
Silber-Partikel	Antibakterielle und fungizide Wirkung
Siliziumdioxid-Partikel	Erhöhung der Oberflächenhärte

Füllstoffe - Inaktive Zusatzstoffe

IKT

Inaktive Zusatzstoffe erhöhen das Volumen und verringern den Preis. Zugleich erhöhen sie dennoch die Dichte, den E-Modul, die Härte und die Wärmeformbeständigkeit. Außerdem kann eine geringere Schwindung erwartet werden, da der Füllstoff selbst kaum schwindet.

Beispiele:

Organische Füllstoffe: Holzmehl, Cellulosepulver, Schalen- und Kernmehl

Anorganische Füllstoffe: Calciumcarbonat (Kreide), Talkum, Feldspat

Nachteile:

- Reduzierung der Dehnfähigkeit und Zähigkeit
- beim Zerspanen erhöhter Werkzeugverschleiß
- Rückstände bei der Verbrennung („Glührückstand“)

26. In welche Bereiche wird die Kunststoff-Werkstoffpyramide aufgeteilt?

- a. Thermoplaste, Elastomere, Duromere ☐
- b. Teilkristalline Kunststoffe und amorphe Kunststoffe ☐
- c. Hochleistungsthermoplaste, Technische Thermoplaste, Standardthermoplaste ☒
- d. Biobasierte Kunststoffe, bioabbaubare Kunststoffe ☐

Zeit: 08.00 – 10.00

27. Berechnen Sie nach der klassischen Laminattheorie die Steifigkeit in 0° -Richtung für ein Mehrschichtlaminat mit dem Lagenaufbau $[90, 0]_5$.

$E_{F_{II}} = 260 \text{ GPa}, E_{F_I} = 4 \text{ GPa}, E_M = 4 \text{ GPa}, \text{ Faservolumengehalt} = 50\%, d_{Lage} = 0,1 \text{ mm}$

$$E_{Lage_{II}} = \varphi E_{F_{II}} + (1 - \varphi) E_M$$

$$(E_{Lage_I})^{-1} = \varphi E_{F_I}^{-1} + (1 - \varphi) E_M^{-1}$$

$$E_{0^\circ} = E_{Lage_{II}} = \frac{1}{2} * 260 + \frac{1}{2} * 4 = 132$$

$$E_{90^\circ} = (E_{Lage_I})^{-1} = \left(\frac{1}{2} * \frac{1}{4} + \frac{1}{2} * \frac{1}{4} \right)^{-1} = 4$$

$$E_{gesamt} = \frac{6 * d * 132 + 2 * d * 4}{(6 + 2) * d} = 100$$

28. Was versteht man unter dem Begriff „Aufbereitung“?

- a. alle Verfahrensschritte zur Herstellung verarbeitbarer Kunststoffmassen aus Polymeren ☒
- b. das Vormischen verschiedener Granulate vor der Verarbeitung ☐
- c. Vorbereitung der Verarbeitungsanlagen ☐
- d. Messdaten in der Kunststofftechnik übersichtlich darstellen ☐

Hingegen wird der mechanisch-verfahrenstechnische Schritt „Von Polymer zu Kunststoff“ Aufbereitung genannt. Hierunter fassen wir in der Kunststofftechnik alle Verfahrensschritte zusammen, die erforderlich sind, um aus Polymeren verarbeitbare Kunststoffformmassen mit definierten Eigenschaften herzustellen. Diese Eigenschaften sind vielfach speziell auf die zu fertigenden Endprodukte abgestimmt und werden z. B. durch Auswahl, Verteilung und Menge der im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Zusatzstoffe bewirkt.

29. Welche Aufgaben hat ein Mischelement?

- a. dispersives Mischen ☐
- b. distributives Mischen ☒
- c. zerteilendes Mischen ☐
- d. Mischen und Plastifizieren von Kunststoffen ☐

Förderelemente, welche zudosierte Stoffe wie Granulate, Pulver, Mahlgut etc. in den Extruder einziehen, verdichten und zur ersten Verfahrenszone transportieren. Auch können sie durch Verringerung der Gangsteigung zum Druckaufbau am Extruderende verwendet werden.

Knetelemente werden vorwiegend zum Plastifizieren von Polymeren und zum Dispergieren (Zerteilen) von Füll- und Verstärkungsstoffen eingesetzt.

Abstaulemente sind teilweise rückfördernd und ermöglichen druckärmere Bereiche entlang der Schnecke. Sie ermöglichen damit z. B. die seitliche Hinzugabe von Zusatzstoffen und für eine nur teilgefüllte Entgasungszone.

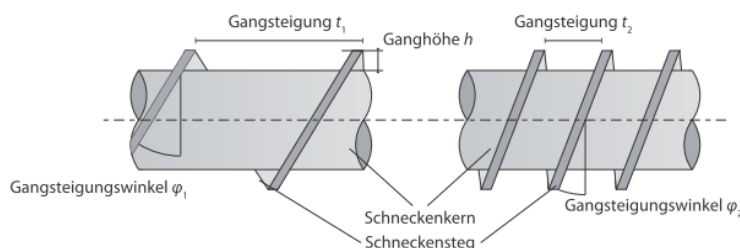
Mischelemente haben im Wesentlichen die Aufgabe des distributiven (verteilenden) Mischens. Der disperse (zerteilende) Mischanteil dieser Elemente ist klein. Mischelemente sind nur teilweise oder gar nicht selbstreinigend.

30. In welche Bereiche wird die Kunststoff-Werkstoffpyramide aufgeteilt?
- a. Thermoplaste, Elastomere, Duromere ☐
 - b. Teilkristalline Kunststoffe und amorphe Kunststoffe ☐
 - c. Hochleistungsthermoplaste, Technische Thermoplaste, Standardthermoplaste ☒
 - d. Biobasierte Kunststoffe, bioabbaubare Kunststoffe ☐
31. Was ist die Aufgabe eines Schmelzefilters?
- a. Entgasung der Schmelze ☐
 - b. Verringerung des Werkzeugwiderstandes ☐
 - c. Abtrennen von Schmelze ☐
 - d. Verbesserung der Schmelzequalität ☒
32. Wobei handelt es sich nicht um einen wichtigen Kennwert des extruder?
- a. mittlere Verweilzeit ☐
 - b. Schneckendrehzahl ☒
 - c. L/D-Verhältnis ☐
 - d. Temperaturprofil ☐

Die mittlere Verweilzeit von Kunststoff in einem Extruder ist ebenfalls eine entscheidende Einflussgröße. Zum einen kann bei überlagerter chemischer Reaktion (sog. Reaktives Compoundieren) auf den Reaktionsverlauf Einfluss genommen werden. Zum anderen kann eine zu lange Verweilzeit auch zu einer Vor-Alterung des Werkstoffs führen.

Wichtige Charakteristika der Maschine sind die Schneckenkonfiguration, das Temperaturprofil entlang der Anlage und das L/D-Verhältnis. Das L/D-Verhältnis beschreibt die Länge der Compounderschnecke im Verhältnis zu ihrem Durchmesser.

Dieses Verhältnis macht Doppelschneckenextruder jeder Größe vergleichbar.



Charakteristisches Unterscheidungsmerkmal eines Extruders ist immer Verhältnis von Länge L zu Durchmesser D der Schnecke. So ist 90/25D, was bedeutet Schneckendurchmesser $D = 90$ mm und die Schneckenlänge 25 mal so lang ist (also 2250 mm). Die charakteristischen Geometriewerte sind also Schneckendurchmesser D und Länge L , aber auch Kerndurchmesser d , Ganghöhe h , Gangbreite b und Stegbreite e . Der Abstand zwischen Steg und Zylinder ist das Schneckenspiel s . Der Gangsteigungswinkel wird φ genannt und der Abstand zwischen zwei Stegen „Gangsteigung t “. Im Bild sind zwei verschiedene Gangsteigungswinkel φ dargestellt. Ist φ kleiner, so ist der Abstand zwischen den Schneckenstegen ebenfalls kleiner. Je höher die Ganghöhe h , desto mehr Material kann gefördert werden.

33. Nennen Sie drei Aufgaben, für die Doppelschneckenextruder in der Aufbereitung eingesetzt werden können

Der Oberbegriff Aufbereitung umfasst die verschiedenen Schritte, die erforderlich sein können (aber es nicht alle zugleich sein müssen):

- das Füllen des Polymers (z. B. mit Kreide),
- das Verstärken (z. B. mit Fasern),
- das Verteilen von anderen Zusatzstoffen wie UV- oder Wärmestabilisatoren
- das Blenden (Mischen) verschiedener Blendpartner.

Außerdem werden in der Aufbereitung leicht flüchtige Bestandteile entgast und, wenn erforderlich, Schmelzen (z. B. Rezyklate) gefiltert.

34. Die spezifische Leistung ist eine wichtige verfahrenstechnische Kenngröße. Sie ist produktspezifisch und hängt unter anderem von der Drehzahl der Schneckenwelle und dem Durchsatz ab. Bitte erläutern Sie den Zusammenhang dieser Größen unter Zuhilfenahme geeigneter Diagramme.

$$P_{\text{spez, mech}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M_d}{\dot{m}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right] \quad (3.51)$$

Dabei stellt n die Drehzahl der Schneckenwelle, M_d das Drehmoment an den Schneckenwellen und $\dot{m}$ den Massendurchsatz dar.

Die beiden Diagramme in Bild 3.132 zeigen, dass bei konstanter Drehzahl die spezifische Energie umso kleiner ist, je mehr Masse pro Zeiteinheit compounding wird. Zum anderen ist es zielführend, bei erreichtem Wunschkursatz die Drehzahl möglichst gering zu halten, um Energie zu sparen.

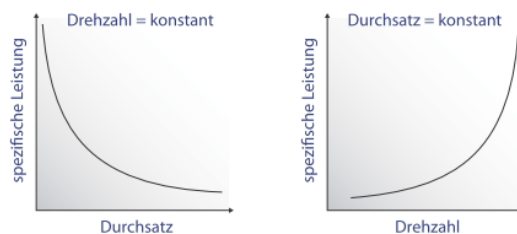


Bild 3.132 Verfahrenstechnische Kennwerte für das Compoundieren

35. Welche dieser Aufgaben hat die Ausstoßzone eines Extruders zu erfüllen?

- a. Transport des Kunststoffgranulats ☐
- b. Druck in der Kunststoffmasse zu erzeugen ☒
- c. Kunststoff kühlen und entgraten ☐
- d. Kunststoff schmelzen ☐

36. In welchem Teil einer Extrusions-Blasformanlage wird der Vorformling hergestellt?

- a. Blaswerkzeug ☒
- b. Extruderdüse ☐
- c. Blasstation ☐
- d. Schließeinheit ☐

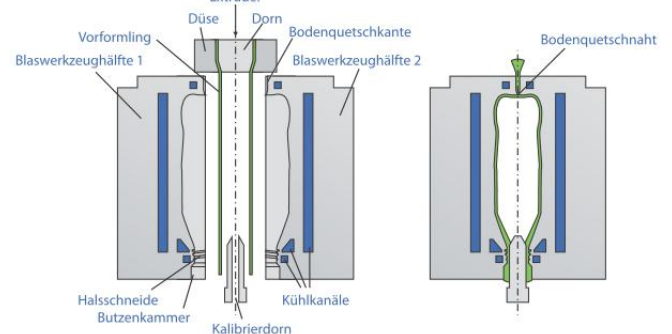


Bild 4.29 Extrusions-Blasformen (Schema)

Dienen Doppelschneckenextruder hauptsächlich der Aufbereitung von Kunststoffen werden Einschneckenextruder dazu eingesetzt, mit Hilfe eines formgebenden Werkzeugs Formteile wie Rohre, Profile, Schläuche, Platten und Folien herzustellen.

4.1.1 Extruderschnecke und Zylinder

In Bild 4.3 ist eine herkömmliche, sogenannte Drei-Zonen-Schnecke mit den Verfahrensbereichen Einzugszone, Aufschmelzzone und Austragszone dargestellt. In der Einzugszone wird das Granulat aus dem Trichter aufgenommen und vor allem gefördert. Dabei wird es bereits vorgewärmt und verdichtet. Es muss darauf geachtet werden, dass es hier nicht bereits schmilzt.

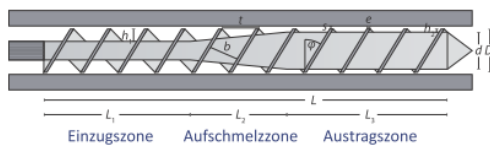


Bild 4.3
Drei-Zonen-Schnecke

In der Aufschmelzzone wird das Granulat vom Festkörper zur Schmelze umgewandelt. Oft wird sie auch Kompressionszone genannt, da die Granulatkörner zu Beginn mehr Platz einnehmen als zum Ende die Schmelze. In der Austragszone wird die gebildete Schmelze vor allem thermisch, aber teils auch stofflich homogenisiert. In dieser Zone wird bei einer Drei-Zonen-Schnecke der Druck aufgebaut, um den Widerstand des Formgebungswerkzeuges zu überwinden.

37. Welche Rolle haben die Scher- und Mischteile, die am Ende der Schmelzzone des Einschneckenextruders eingesetzt werden können?

- a. Zerkleinern von Kunststoffmasse in der Einzugszone. ☐
- b. Zerkleinern von Verunreinigungen in der Kunststoffmasse. ☐
- c. Verbessern der Homogenität der Schmelze. ☒
- d. Erhöhung des Druckes im Extruderzylinder. ☐

38. Welche Aussage über die maschinentechnischen Besonderheiten des Helibar sind falsch?

- a. Er hat eine ungenutzte Umwandlungszone. ☒
- b. Er hat eine Einzugszone mit Axial- oder Wendelnuten. ☐
- c. Er hat eine Barrierschnecke mit Scher- und Mischelementen. ☐
- d. Er hat eine Plastifizierungszone mit Axial- oder Wendelnuten. ☐

39. Welches Produkt wird mit Hilfe eines Breitschlitzwerkzeugs hergestellt

- a. Rohre ☐
- b. Blasfolien ☐
- c. Platten ☒
- d. Schäume ☐

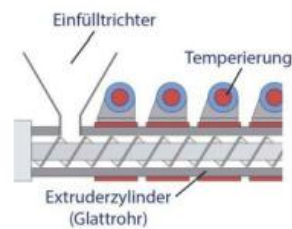
40. Vergleichen Sie den Glattrohretruder mit dem Nutbuchsextruder in Bezug auf Feststoffförderung den Druckaufbau und den Durchsatz. Vergleichen Sie in einem Diagramm den Druckaufbau der beiden Extruderkonzepte

Extruderschnecke und Zylinder

Vergleich der beiden Extruderkonzepte

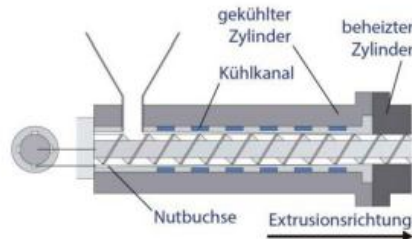
IKT

Glattrohr (konventionell)



- glatter Zylinder im Bereich der Einzugszone
- üblicherweise Drei-Zonen-Schnecke
- Ausstoßmenge ist vom Werkzeuggegendruck abhängig

Nutbuchsenextruder



- Nuten verhindern die Drehbewegung der Granulatkörner mit der Schnecke.
- Das Material wird **zwangsgefördert**.
- Ausstoßmenge ist vom Werkzeuggegendruck unabhängig.
- Befindet sich Schmelze in den Nuten, funktioniert das Förderprinzip nicht mehr.

In Bild 4.6 sind der Druck- und Temperaturverlauf über die Verfahrensbereiche eines Glattrohretruders aufgetragen. In der Einzugszone werden die festen Granulatkörner gefördert und die Porosität nimmt ab. In der Umwandlungszone steigen Temperatur und Druck allmählich an. Die Temperatur muss steigen, damit die verdichteten Granulatkörner aufschmelzen; der Druck muss steigen, damit die zähflüssige Schmelze den Fließwiderstand des nachfolgenden Werkzeugs (Verbraucher) überwinden kann.

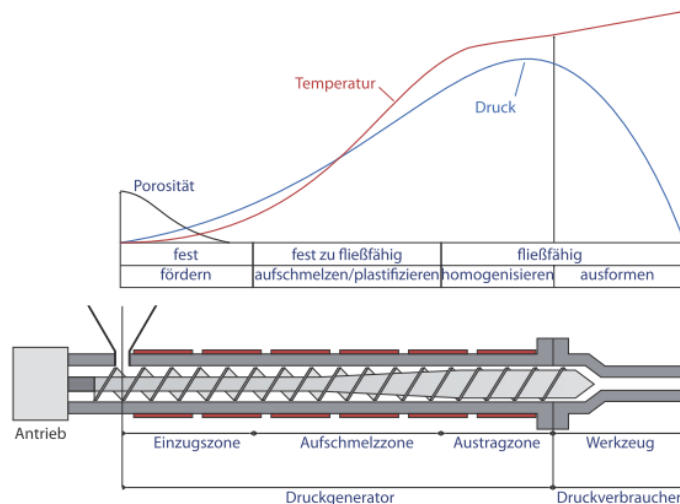


Bild 4.6 Druck- und Temperaturprofil eines Glattrohretruders

In der Austragszone erreichen Druck und Temperatur ihr Maximum. Alles Material

ist (zäh)flüssig und wird zum Werkzeug gefördert. Das Werkzeug ist der Druckverbraucher, welcher dem Werkstoff seine Form gibt. Der Druckwiderstand des Werkzeugs bestimmt den Volumenstrom (Durchsatz) und die Mischwirkung, da durch das Druckgefälle von der Austragszone zur Einzugszone eine druckgetriebene Rückströmung der Schmelze stattfindet.

Diese verringert den Durchsatz, sorgt aber für eine bessere Durchmischung.

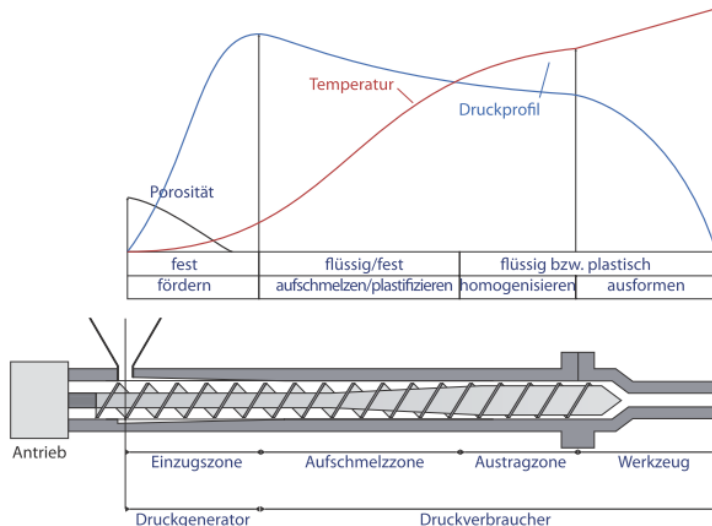


Bild 4.8 Druck- und Temperaturprofil eines Nutbuchsenextruders

In der Austragzone ist dann wieder alles wie beim konventionellen Extruder. Die Temperatur steigt noch weiter an, das Material ist (zäh)flüssig und wird zum Werkzeug gefördert. Das dahinter gesetzte Werkzeug ist ebenfalls ein Druckverbraucher, welcher dem Werkstoff seine Form gibt.

Aufschlussreich sind die sogenannten Kennlinien der beiden Extruderbauarten (Bild 4.9). Auf der Abszisse ist der benötigte Druck zur Überwindung des Werkzeugs, auf der Ordinate der Massestrom (Durchsatz) aufgetragen. Bei Drehzahl n_1 stellt sich beim konventionellen Glattrohretruder je nach Werkzeugwiderstand w ein Druckniveau p und ein Massestrom ein. Ist der Werkzeugwiderstand größer (w_2), muss bei gleicher Drehzahl ein höherer Werkzeugdruck überwunden werden, welcher den Durchsatz senkt. Erhöhen wir die Drehzahl (höherer Energieeintrag), wird bei gleichem Werkzeugwiderstand ein höherer Werkzeugdruck p erzeugt und ein höherer Massestrom $\dot{m}$ (Durchsatz) ermöglicht.

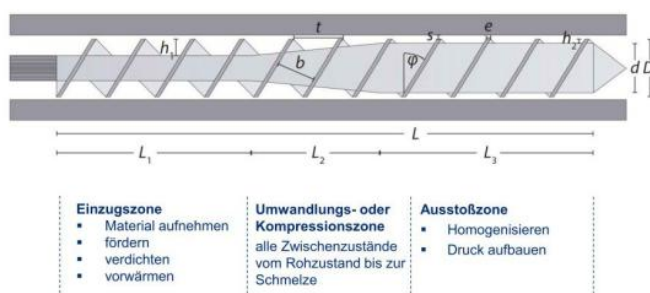
In der Einzugszone werden die festen Granulatkörner gefördert und deren Porosität nimmt ab. Durch die erzwungene Förderung wird hier bereits ein hoher Druck aufgebaut, welcher von allen folgenden Zonen verbraucht wird. In der Umwandlungszone wird vor allem die Temperatur erhöht, um das Granulat aufzuschmelzen. Die Druckströmung weist hier in Förderrichtung und nicht, wie beim Glattrohr, entgegen dieser, es kommt also nicht zu einer durchsatzverringenden Rückströmung.

41. Nennen Sie bitte zwei der drei Funktionszonen einer konventionellen Dreizonenschnecke. Benennen Sie jeweils eine Aufgabe.

Extruderschnecke und Zylinder

Konventionelle Dreizonenschnecke

IKT



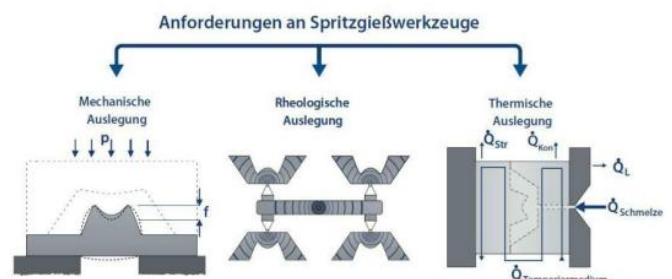
42.

- a. Angusskanal ☐
- b. Angusskegel ☐
- c. Angusssteg ☐
- d. Angussverteiler ☐

Die Schließeinheit mit Spritzgießwerkzeug

Anforderungen an Spritzgießwerkzeuge

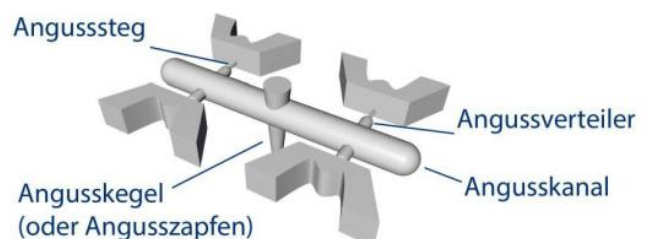
IKT



Die Schließeinheit mit Spritzgießwerkzeug

Rheologische Auslegung

IKT



43. Welcher Plastifizier-Schneckentyp wird üblicherweise für Thermoplaste verwendet?

- a. 5-Zonen-Schnecke ☐
- b. 3-Zonen-Schnecke ☒
- c. Förderschnecke ☐
- d. Barrierschnecke ☐

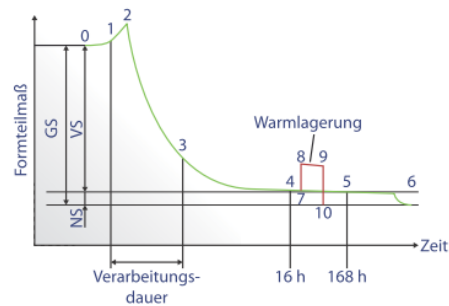


Bild 4.56
Schwindung nach DIN 16901

44. Zu welchem Zeitpunkt ist der Schwindungsprozess eines Bauteils vollständig abgeschlossen?

- a. Erst nach sehr langer Lagerungszeit > 168 h ☒
- b. Nach 16 h ☐
- c. Unmittelbar nach der Herstellung ☐
- d. Nach 24 h ☐

45. Welches der folgenden Spritzgießsondervverfahren wird dazu genutzt .. vermeiden?

- a. Verbundspritzgießen ☐
- b. Sandwich-Spritzgießen ☐
- c. Hinterspritztechnik ☐
- d. Kaskaden-Spritzgießen ☐

Spritzprägen: Verringerung von Eigenspannungen und Orientierungen
 Kaskaden-Spritzgießens: kein vorzeitiges Erstarren, gleichmäßige Randschichten, Vermeidung von Bindenähten
 Montagespritzgießen: Kein Stoffschluss, Realisierung von Gelenken Scharnieren Lagerungen

46. Mit welchem der folgenden Spritzgießsondervverfahren sind Kunststoffe ... Farben herstellbar?

- a. Direktverarbeitungsverfahren ☐
- b. Spitzprägen ☐
- c. Montagespritzgießen ☒
- d. Variotherme Werkzeugtemperierung ☐

47. Sie möchten ein komplexes Bauteil mit Hohlraumherstellen. Welches Verfahren würden Sie wählen. Nennen Sie kurz die vier Prozessschritte (keine Skizze erforderlich).
 Fluidinjektionstechnik: Statt einer zweiten werkstofflichen Kernkomponente, wird inertes Gas (meist Stickstoff) oder Wasser in die Kavität geleitet. Dieses verdrängt die Schmelze ebenso und lässt nach Heraus-lassen des Fluids einen Hohlraum entstehen, wobei die erste werkstoffliche Komponente nicht nur an der Werkzeugwand, sondern auch durch das Gas oder Wasser zusätzlich von innen gekühlt wird.

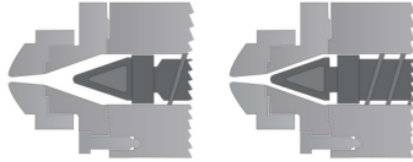


48. Nennen Sie kurz einen Vor- und Nachteil einer offenen Einspritzdüse mit Rückstromsperre?

Das Plastifizieraggregat

Offene Einspritzdüse mit Rückstromsperre

IKT



- Für hochviskose und temperaturempfindliche Kunststoffe (PVC, PC)
- Düsenbohrung 3 - 8 mm (bis 15 mm bei großen Maschinen)

Vorteil:

- Glatte Bohrung → leicht zu reinigen und zu spülen, strömungstechnisch günstig, geringe Gefahr der thermische Zersetzung

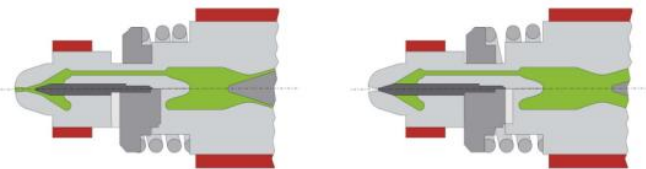
Nachteil:

- Dosieren für den nächsten Einspritzvorgang kann erst erfolgen, wenn der Anguss ebenfalls erstarrt ist. Nach Dosieren kann dieser erst von Angussbuchse getrennt werden

Das Plastifizieraggregat

Verschlussdüsen (Nadelverschlussdüse – federbelastet)

IKT



- Für niedrigviskose Schmelzen (z.B. PA) unbedingt erforderlich.
- Dosieren kann auch nach Wegfahren der Plastifiziereinheit (Düse) von der Angussbuchse erfolgen.
→ weniger Wärmeübertragung zum kalten Werkzeug und somit Energieeinsparung, außerdem sind die Werkzeuge temperaturhomogener

49. Welche Aussage über vernetzende Formmassen ist richtig?

- Duomere besitzen eine außerordentliche Dehnfähigkeit ☐
- Elastomere besitzen eine hohe Oberflächenhärte ☐
- Duomere sind wieder aufschmelzbar ☐
- Elastomere sind weitmaschiger vernetzt als Duomere ☒

50. Was charakterisiert ein Tauchkantenwerkzeug?

- Besitzt eine gut dichtende Trennebene ☒
- Nutzt den Überschuss, um Reaktionsschwindung zu kompensieren ☐
- Der Anguss wird automatisch abgerissen ☐
- Die Dosierung muss nicht sehr genau sein ☐

Tauchkantenwerkzeuge hingegen besitzen eine gut dichtende Trennebene, die den Überschuss nicht entweichen lassen. Sie erfordern eine exaktere Dosierung, da eine Unterdosierung zu Einfallstellen führen kann.

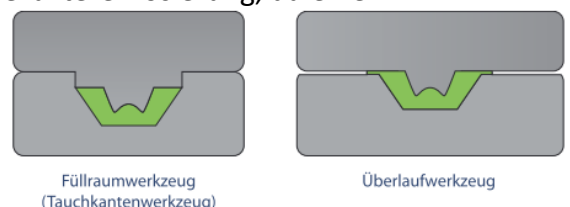


Bild 4.81 Presswerkzeuge

51. Nennen Sie einen Vorteil des Transferpressens gegenüber dem Vulkanpressen?
- Es fällt weniger Abfall an ☐
 - Es findet eine gleichmäßigere Vernetzung statt ☒
 - Der Vernetzungsschritt entfällt ☐
 - Es erfordert eine höhere Zykluszeit ☐
52. Welche Aussage über das Spritzgießen von Duromeren ist falsch?
- Im Werkzeug verbleiben meist Rückstände ☐
 - Es ist schneller als das Thermoplast-Spritzgießen ☒
 - Das Werkzeug leidet unter Korrosion durch Monomere ☐
 - Durch die niedrige Viskosität der Monomere bildet sich leicht Grate ☐
53. Für welche Anwendungen werden primär geschlossene Werkzeuge im ... eingesetzt?
- Bei langsam reagierenden Systemen ☐
 - Bei der Herstellung von Integralschäumen ☒
 - Bei thermoplastischen Systemen ☐
 - Werkzeuge im RIM-Prozess sind immer geschlossen ☐

Mit Hilfe des Reaction Injection Molding werden viele Bauteile aus Polyurethan hergestellt. Das Gemisch, welches noch nicht reagiert hat, wird in eine offene oder geschlossene Form eingebracht. Bei der **offenen Form** hat man Zeit, das Werkzeug noch zu schließen, bis das Aufschäumen und dann die Aushärtungsreaktion beginnen. Hierbei wird das Gemisch einfach hineingegossen. Meist sind dies gegenüber dem Spritzgießen oder Pressen **recht langsame Prozesse**, die allerdings die Einbringung von Verstärkungsmitteln erleichtern. Bei Eintrag in eine geschlossene Form muss der Fließweg rheologisch ausgelegt sein. Die **geschlossenen Formen erlauben schnellere Reaktionssysteme und ermöglichen die Bildung von Integralschaumstoffen oder Schaumstoffen höherer Dichte.**

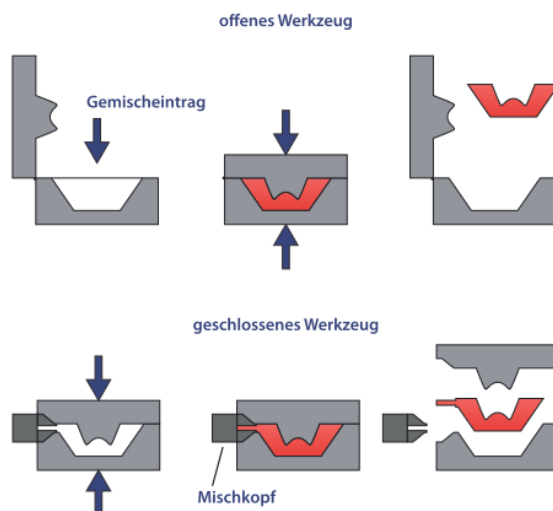


Bild 4.89 Verfahrensablauf Reaction Injection Molding (RIM)

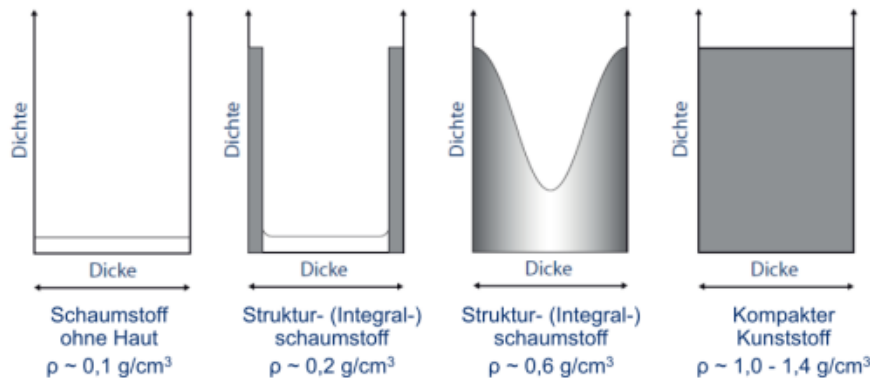
54. Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf der Dichte über der Dicke eines idealen Integralschaumbauteiles in das Diagramm ein. Nennen Sie außerdem zwei Nachteile von Kunststoffschäumen gegenüber kompakten Kunststoffteilen.

Verarbeitung von Polyurethan

Dichteverläufe verschiedener Schäume

IKT

Je nach Wahl des Treibmittels und der physikalischen Randbedingungen lassen sich Schäume herstellen, die einen zelligen Kern sowie weitgehend zellfreie Randbereiche aufweisen, so dass im Idealfall ein parabelförmiger Dichteverlauf (Integral Schaum) entsteht.



Verarbeitung von Polyurethan

Schaumstoffe allg.

- Schaumkunststoffe besitzen
 - eine sehr niedrige Dichte ($0,01$ bis ca. 1 g/cm^3)
 - eine zellige Struktur mit Stegen und Zellwänden
- Die Schaummorphologie wird charakterisiert durch
 - die Zellgeometrie,
 - die Zellgröße und deren Verteilung
 - sowie der Gesamtdichte und der Dichteverteilung.

Vorteile:

- Steigerung der Struktur-Steifigkeit (Hartschaum)
- Energieabsorption, Werkstoffeinsparung, hohe Isolationswirkung (Weichschaum)

Nachteile:

- geringe Festigkeit
- Oberflächenmängel
- keine exakte Eigenschaftsvorhersage

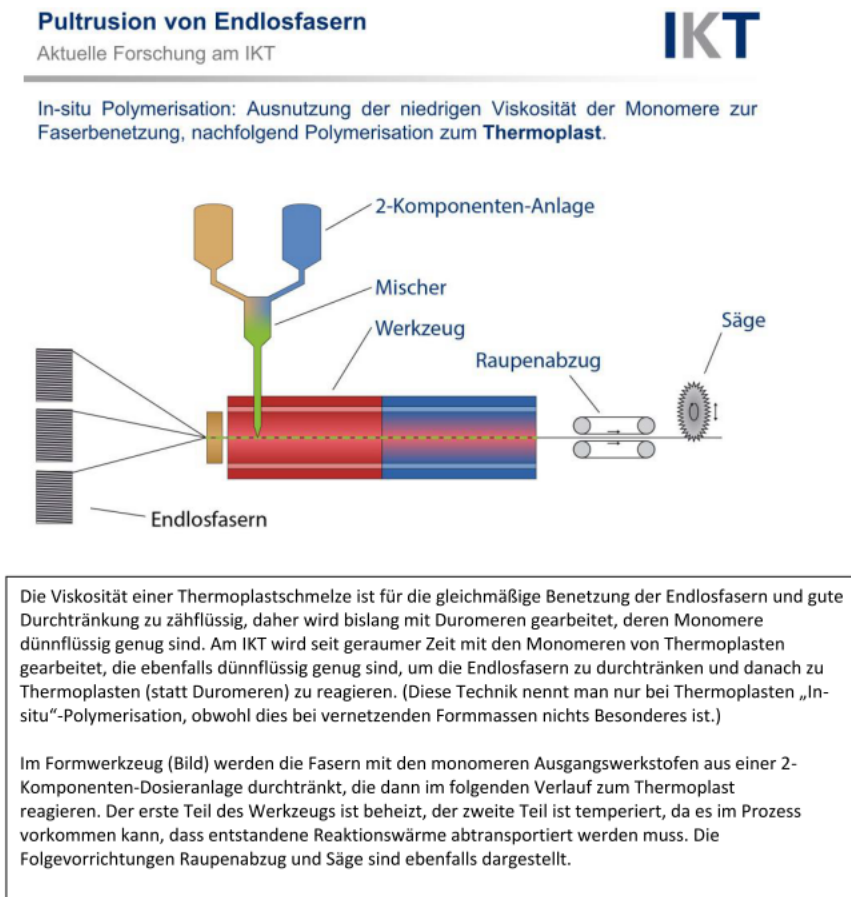
55. Nennen Sie vier Besonderheiten vernetzender Kunststoffe.

Besonderheiten vernetzender Kunststoffe

- gutes elektrisches Isolationsvermögen
- hohe Dimensionsstabilität (z. B. geringe Wärmeausdehnung α)
- hohe Temperatureinsatzgrenzen
- hohe Medienbeständigkeit
- günstiges Brandverhalten
- Sicherheitsreserven bei Temperaturspitzen
- Duomere besitzen darüber hinaus eine hohe Festigkeit, Steifigkeit und Oberflächenhärte
- Elastomere besitzen eine außerordentliche Dehnfähigkeit mit Rückstellverhalten

56. SMC Bauteile sind üblicherweise als GMT Bauteile.
- a. schlechter lackierbar ☐
 - b. leichter ☐
 - c. kostengünstiger ☐
 - d. temperaturbeständiger ☒
57. Welches Verfahren lässt keine Mehrschichtverbunde verschiedener Faserorientierungen zu?
- a. Flechten ☐
 - b. Wickeln ☐
 - c. Pultrusion ☒
 - d. Prepreg ☐
58. Ordnen Sie die folgenden Verfahren nach dem erzielbaren Faservolumengehalt starten sie mit dem niedrigsten?
- a. Handlaminieren – VARI – RTM -Pultrusion ☐
 - b. VARI – Pultrusion – RTM - Handlaminieren ☐
 - c. Handlaminieren – Pultrusion – RTM - VARI ☐
 - d. VARI – Handlaminieren –Pultrusion - RTM ☒ (RTM 75%)
59. Was ist kein Halbzeug der Faserkunststofftechnologie?
- a. Organoblech ☐
 - b. Multi-Axial-Gelege ☐
 - c. Glasfaser-Roving ☐
 - d. Flechtkern ☒
60. Welches Verfahren ist das aktuell am meisten verwendete (endlos-) kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK)?
- a. Thermoplastische Pultrusion ☐
 - b. Handlaminieren ☐
 - c. Duomere Prepregs ☒
 - d. Resin-Transfer-Molding (RTM) ☐

61. Erläutern Sie anhand der Schemazeichnung die Herstellung von thermoplastischen Pultrusionsbauteilen. Benennen Sie außerdem die wichtigsten Anlagekomponenten



62. Sie sollen einen Hochdrucktank für ein Wasserstofffahrzeug fertigen. Warum würden CFK verwenden und welches Fertigungsverfahren eignet sich hierfür am besten?

CFK: höchst gewichtsspezifische Materialeigenschaften

Wickelverfahren da rotationssymmetrisch gut bei Hochdrucktanks

Weitere 3 D-Verfahren sind das Faserwickeln bzw. Tapelegen. Bei Ersterem werden trockene Fasern durch ein Harzbad gezogen und auf einem rotierenden Kern abgelegt. Auch hier ist die Faserorientierung über die Vorschubgeschwindigkeit einstellbar. Das Verfahren weist eine hohe Reproduzierbarkeit und Automatisierbarkeit und dadurch auch hohe Qualität auf. Beim Tapelegen werden statt Faserbündeln vorimprägnierte, endlose Bänder aus Prepregmaterial verwendet. Bei beiden Verfahren ist die Anwendung von Kernen nötig, die je nach Anwendung entfernt werden müssen oder im Bauteil verbleiben. Bei Hochdrucktanks ist der Kern oft ein dünnes Metallrohr, das im Bauteil verbleiben kann. Werden Schaumkerne verwendet, so verbleiben diese aufgrund ihrer geringen Dichte meist im Bauteil oder werden chemisch herausgelöst.

63. Schnappverbindungen gehören zu den?
- kraftschlüssigen Füge- und Verbindungsverfahren ☐
 - formschlüssigen Füge- und Verbindungsverfahren ☒
 - nicht-lösbaren Füge- und Verbindungsverfahren ☐
 - stoffschlüssigen Füge- und Verbindungsverfahren ☐
64. Was ist kein Vorteil des Thermoformens
- geringe Werkzeugkosten ☐
 - hohe Teilemasse ☐
 - hohe Gestaltungsfreiheit ☒
 - große Formteile ☐
65. Warum ist es für das Thermoformen notwendig, die Umformungstemperatur des Halbzeuges zu überschreiten
- Um eine Nachkristallisation des Kunststoffes zu ermöglichen ☐
 - Um das Halbzeug aufzuschmelzen ☐
 - Um Mikrorisse beim Umformen zu vermeiden ☒
 - Um Durchhang zu vermindern ☐
66. Welches der folgenden Schweißverfahren basiert auf Konvektion
- Heizelementschweißen ☐
 - Wärmgasschweißen ☒
 - Vibrationsschweißen ☐
 - Laserschweißen ☐

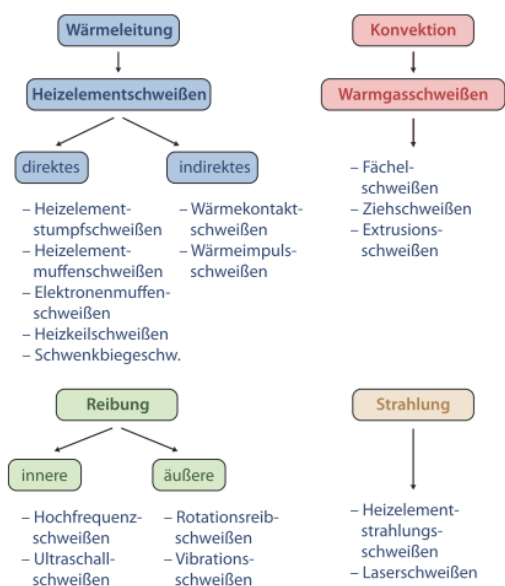


Bild 4.126
Einteilung der Schweiß-
methoden nach ihrer
Wärmeübertragung

67. Es kann bei Kunststoffteilen durch Bedampfen nicht

- a. die Barrierewirkung verbessert werden ☐
- b. die Wärmekapazität erhöht werden ☒
- c. die Kratzfestigkeit erhöht werden ☐
- d. elektrische Leitfähigkeit verbessert werden ☐

68. Bei der Produktion von Spielwaren aus Kunststoff sollen zwei separat hergestellte Komponenten fest und unlöslich miteinander verbunden werden. Die eine Komponente besteht aus einem amorphen und transparenten, die andere aus einem teilkristallinen, eingefärbten Kunststoff. Es wird überlegt, die Teile mittels Laserdurchstrahlschweißen zu verbinden. Erörtern Sie, ob dies in diesem Fall problemlos möglich sein wird. Falls nicht nennen Sie eine Alternative für eine feste, unlösliche Verbindung

Zum Schweißen von Kunststoffen müssen die Fügepartner in der Fügeebene im thermoplastischen Zustand sein. Somit können Duomere und Elastomere nicht geschweißt werden. Thermoplaste sind prinzipiell untereinander schweißbar, jedoch sind ein stark unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizient und eine unterschiedliche Verträglichkeit der Polymere der Kraftübertragung abträglich. Es gilt meist, dass teilkristalline und amorphe Thermoplaste untereinander nicht gut schweißbar sind, da ein Verknäulen von Makromolekülen nicht stattfinden kann. Die Fasern von verstärkten Kunststoffen gelangen beim Schweißen nicht oder kaum über die Fügefläche. Somit stellen die Schweißnähte faserverstärkter Thermoplaste eine besondere Schwachstelle dar.

Alternative: Kleben

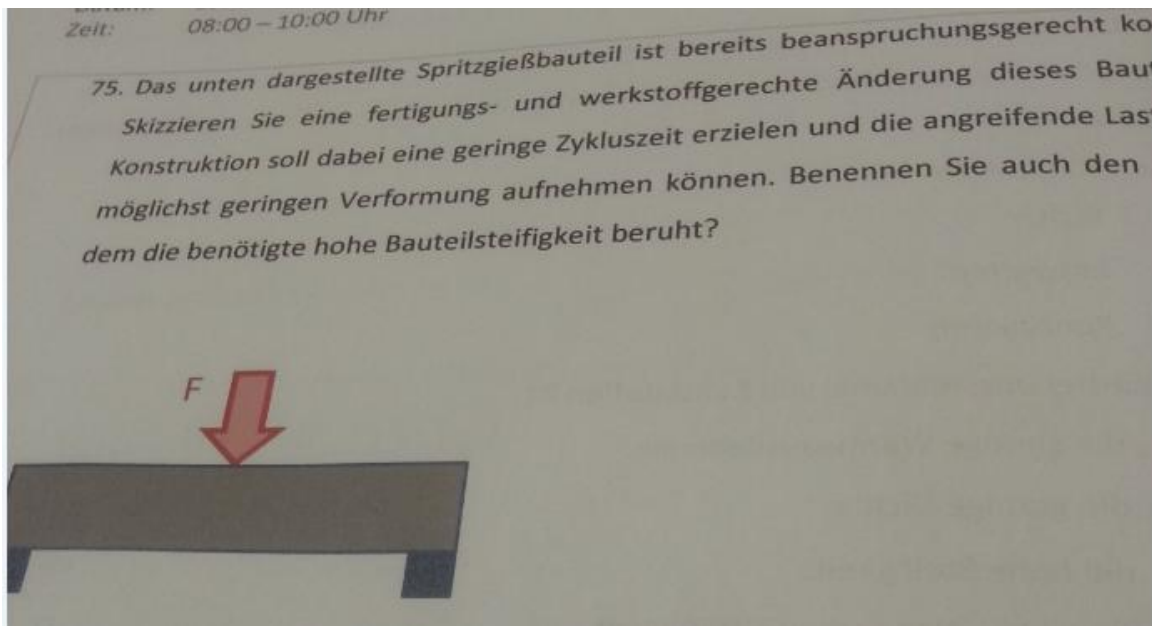
69. Beim Verschrauben zweier Kunststoffbauteile erweisen sich die in der Nachbearbeitung gebohrten Durchgangslöcher des einen Bauteils als zu klein für die Schraube. Laut Fertigungszeichnung sollten die Maße allerdings korrekt sein. Begründen Sie, wie es wahrscheinlich zu dem Fehler gekommen ist.

Durch die beim Bohren entstehende Reibungswärme dehnt sich an der Stelle das Kunststoffbauteil aus und schwindet nach dem Bohren wieder. Daher fallen die Bohrungen nach Abkühlung etwa 0,05 bis 0,1 mm kleiner aus als der Bohrerdurchmesser (Bohreruntermaß).

70. Welche Phase der Produktentwicklung wird die Umsetzung von zugeordnet

- a. Ausarbeiten ☐
- b. Planen ☐
- c. Entwerfen ☐
- d. Konzipieren ☐

71. Ein Alleinstellungsmerkmal von Kunststoffen ist
- a. die geringe Wärmeausdehnung ☐
 - b. die geringe Dichte ☒
 - c. die hohe Steifigkeit ☐
 - d. die hohe elektrische Leitfähigkeit ☐
72. Welche Anforderung können Schraubdome aus Kunststoff nicht erfüllen?
- a. Kostengünstig und montagefreundlich ☐
 - b. Funktionsintegration im Bauteil ☐
 - c. Häufiges lösen und fügen einer Verbindung ☒
 - d. Lösbare Verbindung ☐
73. Welche der folgenden Fehler kann bei Massenanhäufungen im Bauteil?
- a. Diesel-Effekt/Brenner ☐
 - b. Freistrahlbildung ☐
 - c. Delamination ☐
 - d. Lunker/Vakuolen ☒
74. Der Druckverlust Δp der Schmelze bei der Füllung eines Spritzg... von?
- a. der Kühlzeit t_k ☐
 - b. der Wanddicke s ☐
 - c. der Fließlänge L_f ☒
 - d. dem Werkstoff ☐
75. Welche Anforderung können Schraubdome aus Kunststoff nicht erfüllen?
- a. Kostengünstig und montagefreundlich ☐
 - b. Funktionsintegration im Bauteil ☐
 - c. Häufiges lösen und fügen einer Verbindung ☒
 - d. Lösbare Verbindung ☐



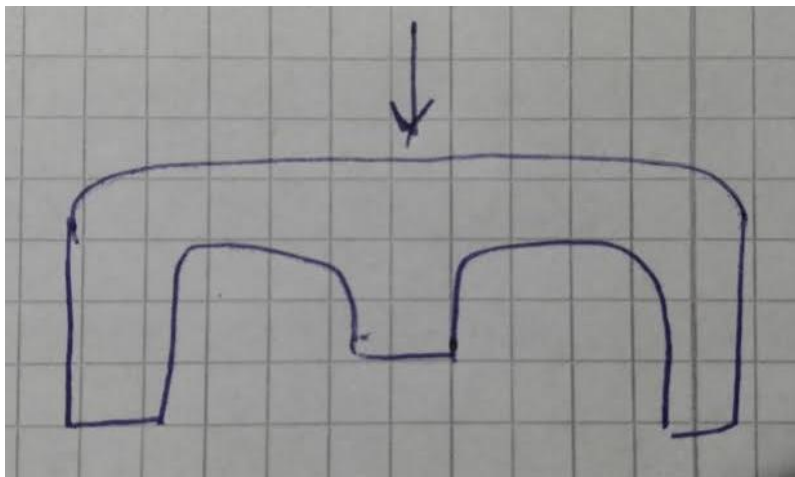
Flächenträgheitsmoment: Steiner'sche Satz

Der Abstand z_S des Bezugspunktes zum Schwerpunkt geht quadratisch ein und wird Steiner'scher Anteil bezeichnet. Die Erhöhung des Flächenträgheitsmomentes einer komplexen Struktur basiert genau hierauf. Das resultierende Flächenträgheitsmoment ist größer als die Summe der Teilflächen.

$$I_{y_{\text{ges}}} = \int_A z^2 dA + z_S^2 \cdot A$$

In den Abschnitten 3.2.1 und 5.1.1.2 wurde die um ein bis zwei Größenordnungen geringere Steifigkeit der Kunststoffe im Vergleich zu Metallen verdeutlicht. Die geringe Werkstoff-Steifigkeit kann aber mit einem hohen Flächenträgheitsmoment I (für Inertia) der Struktur zu einer hohen Bauteilsteifigkeit führen. In Bild 5.19 ist dargestellt, wie ein Blatt eine große, leichte Fläche mit Rippen versteift. Auch die Rippen im menschlichen Körper schützen die inneren Organe mit einem relativ steifen, aber leichten Käfig. Das Produkt aus E-Modul des Werkstoffs und Flächenträgheitsmoment der Geometrie ergibt die sogenannte Bauteilsteifigkeit. Das Flächenträgheitsmoment I einer Fläche A um Achse y ist im Allgemeinen als Flächenintegral von z^2 definiert:

$$I_y = \int_A z^2 dA$$



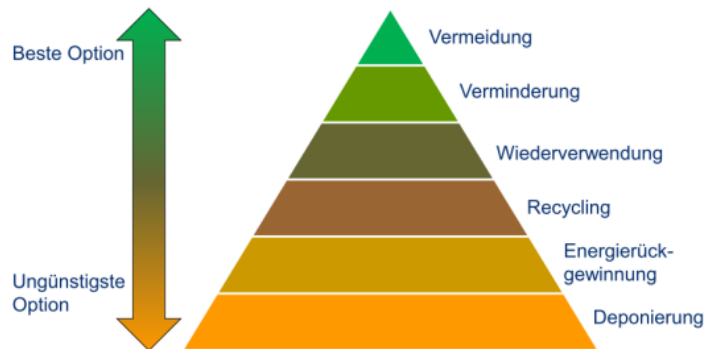
77. Welche Aussage ist falsch?
- a. der größte Teil von Müll am Strand stammt vom Land und wird durch die Öffentlichkeit verursacht ☐
 - b. Mikroskopisch kleine Kunststoffpartikel werden in der Wasseraufbereitung nicht zurückgehalten ☐
 - c. Der größte Teil von Müll am Strand wird von der Schifffahrt verursacht ☒
 - d. Kunststoffpartikel werden von marinen Lebewesen mit Futter verwechselt ☐
78. Welche Bedingungen muss ein Kunststoffbauteil erfüllen, um als kompostierbar zu gelten?
- a. Biologisch abbaubar sein ☒
 - b. Biobasiert sein ☐
 - c. Erdölbasiert sein ☐
 - d. aus nachwachsenden Rohstoffen sein ☐
79. Welche der nachfolgenden Gegenstände ist kein Bedarfsgegenstand?
- a. Zahnbürste ☐
 - b. Raumspray ☐
 - c. Rollstuhl ☒
 - d. Teddybär ☐
80. Welcher Biokunststoff ist zwar erdölbasiert, dafür jedoch bioabbaubar?
- a. Bio- Polyethylenterephthalat (Bio-PET) ☐
 - b. Polybutylenadipat-terephthalat (PBAT) ☒
 - c. Bio-Polyethylen (Bio-PE) ☐
 - d. Polylactid (PLA) ☐
81. Welche Aussage ist richtig?
- a. Eine Ökobilanz ist aussagekräftiger als ein Life Cycle Assessment ☐
 - b. Der Energieeinsatz eines Produktes ist alleine von einer energiefertigung anhängig. ☐
 - c. Deutschland verbraucht trotz Wirtschaftswachstum immer weniger Energie ☒
 - d. Um die Energieeffizienz zu erhöhen, muss der Energieeinsatz in einem Produkt möglichst hoch sein ☐

82. Ordnen Sie folgende Begriffe der Pyramide zur Verwertung von Kunststoffabfällen zu?

Kunststoffabfälle

Verwertung Kunststoffabfällen

IKT



1. Wieviel Prozent der Kunststoffabfälle werden in Deutschland verwertet?	1
a. 56 %	☐
b. 43 %	☐
c. 98,8 %	☒
d. 1,2 %	☐

Definieren Sie am besten mit einem Satz den Begriff Nachhaltigkeit.

Der Begriff „Nachhaltigkeit“

IKT

„Nicht mehr Holz darf einem Forst entnommen werden, als in ihm nachwächst.“ Die Nutzung und der „Anbau des Holzes (...), dass es eine kontinuierliche, beständige und nachhaltige Nutzung gebe“.

Hans Carl von Carlowitz, sächsischer Bergbau- und Forstkenner, Sylvicultura oeconomica 1711

„Nachhaltigkeit ist eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.“

Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (WCED); Brundtland-Bericht 1987

Änderung des Konsumentenverhaltens



Wachsendes ökologisches Bewusstsein