

Materialien für Implantate Fragenkatalog – Polymere

Grundlage bilden die Folien der Dozenten Doser, Oberhoffner, Dauner und Scherrieble aus dem WS 17/18 und die Gedächtnisprotokolle der letzten Jahre. Das Thema Gele wurde nur am Rande aufgenommen.

Die Fragen, die in den Gedächtnisprotokollen enthalten sind, sind farblich markiert.

Bei Anmerkungen oder Fehlern bitte Mail an Istraub@fsmach.uni-stuttgart.de

Fragen:

- 1) *Definieren Sie Polymere.*
- 2) *In welche drei Untergruppen lassen sich synthetische Polymere gliedern? Was zeichnet diese aus?*
- 3) *In welche zwei Untergruppen lassen sich natürliche Polymere einteilen? Wie sind diese aufgebaut?*
- 4) *Welche Vorteile haben Polymere gegenüber anderen Implantatwerkstoffen?*
- 5) *Welche Nachteile haben Polymere gegenüber anderen Implantatwerkstoffen?*
- 6) *Unter welchen Gesichtspunkten lassen sich Polymere unterscheiden?*
- 7) *Nennen Sie zwei Verfahren mit denen die Zusammensetzung von Polymeren bestimmt werden kann.*
- 8) *Nennen Sie zwei Verfahren mit denen die Molekülmasse (Molekulargewicht) bestimmt werden kann.*
- 9) *Nennen Sie die zwei Größen, die zur Beschreibung der Rheologie eines Werkstoffs verwendet werden. (Mit Einheit)*
- 10) *Wie ist die Viskosität definiert? Was gibt sie an?*
- 11) *Wie wird die Kristallinität (geordnete Anordnung der Molekülketten) eines Polymers angegeben und wie wird sie gemessen?*
- 12) *Was passiert, wenn ein Werkstoff über seine Glasübergangstemperatur erwärmt wird?*
- 13) *Welche Eigenschaften ändern sich bei Elastomeren und amorphen Thermoplasten am Glasübergangspunkt?*
- 14) *Warum wird Polyamid (PA) nur noch selten im medizinischen Bereich angewendet?*
- 15) *Polyethylenterephthalat (PET) wird häufig im medizinischen Bereich angewendet. Welche Eigenschaften hat es und in welcher Form wird es verwendet?*
- 16) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP).*
- 17) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von ultrahochmolekularem Polyethylen (UHMWPE)*
- 18) *Unter welchen Handelsnamen wird Polytetrafluorethylen (PTFE) angeboten? Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich.*
- 19) *Welche Eigenschaften hat Polyurethane, in welchen Produkten wird es angewendet?*
- 20) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von Polycarbonat.*
- 21) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von Polysiloxanen (Silikone).*

- 22) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendung von Polyetherketone (PEEK).*
- 23) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von Polysulfon (PSU).*
- 24) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von Polymethylmetacrylat (PMMA).*
- 25) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereiche von Poly-Hydroxyethylmethacrylat (Poly-HEMA).*
- 26) *Definieren Sie Degradation*
- 27) *Welche Größen beeinflussen die Degradationsgeschwindigkeit?*
- 28) *Definieren Sie Resorption.*
- 29) *Definieren Sie biologische Abbaubarkeit.*
- 30) *Nennen Sie zwei synthetische resorbierbare Polymere.*
- 31) *Nennen Sie je ein resorbierbares natürliches Protein und Polysaccharid.*
- 32) *Polymere sind viskoelastisch. Wodurch kommt das zustande und durch welche Größen wird die Viskoelastizität beeinflusst?*
- 33) *Welche Auswirkungen hat die Viskoelastizität auf den Produktionsprozess und die Materialeigenschaften eines Polymers?*
- 34) *Nennen Sie zwei Polyreaktionsverfahren.*
- 35) *Nennen Sie zwei Reaktionstypen zur Herstellung von Polymeren.*
- 36) *Welche Monomere werden radikalisch polymerisiert und wie kann die Reaktion abgebrochen werden?*
- 37) *Nennen Sie zwei Besonderheiten der anionischen Polymerisation. Welche Polymere werden so hergestellt?*
- 38) *Wieso ist Koordinationspolymerisation bei der Faserherstellung nötig? Wie ist der Ablauf?*
- 39) *Geben Sie zwei Besonderheiten der Polykondensation an.*
- 40) *Nennen Sie drei typische Polykondensate.*
- 41) *Nennen Sie zwei Besonderheiten der Polyaddition.*
- 42) *Wie lassen sich Polyurethanschäume herstellen?*
- 43) *Wie lassen sich die Eigenschaften eines Polymers im Fertigungsprozess beeinflussen?*
- 44) *Welche Probleme treten beim Abbau von Polylactid auf?*
- 45) *Welche Monomere eignen sich allgemein zur Synthese resorbierbarer Polymere? Wie findet die Verkettung statt?*
- 46) *Wie ausgeprägt ist die Biodegradation von Polylactid? Wie wird es angewendet?*
- 47) *Wie ausgeprägt ist die Biodegradation von Polyglycolid? Wie wird es angewendet?*
- 48) *Nennen Sie zwei charakteristische Eigenschaften von Polydioxanon. Wie wird es verwendet?*
- 49) *Nennen Sie zwei Eigenschaften von Poly- ϵ -Caprolacton. Wie wird es angewendet?*
- 50) *Nennen Sie zwei Eigenschaften von statischen, resorbierbaren Copolymeren.*
- 51) *Wie lässt sich ein hochfestes und hochflexibles Polymer herstellen?*
- 52) *Was ist eine Polymeranaloge Reaktion? Nennen Sie ein Beispiel.*

- 53) *Nennen Sie Vorteile und Probleme von Polymermischungen.*
- 54) *Wie lassen sich Polymermischungen klassifizieren?*
- 55) *Was sind Compounds, was wird bei der Compoundierung gemacht?*
- 56) *Nennen Sie je zwei technische und in der Medizintechnik angewandte Additive.*
- 57) *Definieren Sie Composites.*
- 58) *Nennen Sie zwei Verstärkungsmaterialien zur Herstellung von Composites.*
- 59) *Nennen Sie zwei Fertigungsmethoden zur Herstellung von Composites.*
- 60) *Nennen Sie je zwei technische und zwei medizintechnische Anwendungsgebiete von Composites.*
- 61) *Was ist Plasma? Wie wird es erzeugt und welche zwei Methoden können zur Oberflächenmodifizierung verwendet werden?*
- 62) *Was ist Gasphasenabscheidung?*
- 63) *Geben Sie den Ablauf einer Entzündungsreaktion wieder.*
- 64) *Geben Sie Beispiele an, bei denen Zelladhäsion am Implantat erwünscht und unerwünscht sind.*
- 65) *Nennen Sie drei Einflussfaktoren auf die Ausprägung der Zelladhäsion.*
- 66) *Erläutern Sie wie die Adhäsion einer Zelle an extrazelluläre Matrix abläuft.*
- 67) *Erklären Sie wie sich eine Allergie manifestiert und wie eine allergische Reaktion ausbricht.*
- 68) *Wie lässt sich eine optimale Haemokompatibilität erreichen?*
- 69) *Welche Ursachen kann die Toxizität eines Implantats haben?*
- 70) *Was will ein Entwickler durch die Funktionalisierung einer Oberfläche in der Medizintechnik erreichen?*
- 71) *Was sind Gele*
- 72) *Nennen Sie zwei Anwendungsgebiete von Hydrogelen in der Medizintechnik.*
- 73) *Nennen Sie Gründe warum sich textile Werkstoffe als Implantat besonders eignen.*
- 74) *Nennen Sie drei Methoden zur Herstellung textiler Werkstoffe.*
- 75) *Was ist ein Titer?*
- 76) *Wie lässt sich die textile in die mechanische Festigkeit umrechnen?*
- 77) *Nennen Sie zwei Methoden zur textilen Faserherstellung.*
- 78) *Wodurch entsteht die hohe Festigkeit von Fasern?*
- 79) *Nahtmaterial kann monofil oder als geflochtenes Multifilament vorliegen. Nennen Sie jeweils Vor- und Nachteile.*
- 80) *Nennen Sie Beispiele für textile Implantate.*
- 81) *Nennen Sie zwei Beispiele für vaskuläre Endoprothesen.*
- 82) *Nennen Sie zwei Therapiemethoden eines Aneurysmas.*
- 83) *Nennen Sie drei Anforderungen an Gefäßprothesen.*
- 84) *Was ist Compliance, wie wird sie gemessen? Vergleichen Sie Venen und Arterien.*

- 85) *Gewirkte Gefäßprothesen haben hervorragende Eigenschaften. Wann werden trotzdem gewebte Prothesen eingesetzt?*
- 86) *Welche Nachbehandlungen werden an einer Gefäßprothese nach Wirken/Weben durchgeführt?*
- 87) *Nennen Sie zwei Probleme die nach der Implantation einer Gefäßprothese auftreten können.*
- 88) *Nennen Sie Ziele von Tissue Engineering. Welche Zellen werden verwendet?*
- 89) *Nennen Sie Ziele der Regenerationsmedizin.*
- 90) *Nennen Sie vier Arten wie Polymere als Drug Delivery System genutzt werden können.*

Antworten:

1) *Definieren Sie Polymere.*

Polymere sind organische Molekülketten, verzweigt oder linear, die aus gleichen oder gleichartigen Einheiten (Monomere) aufgebaut sind.

Molekulargewicht: 5.000 - >1.000.000 g/mol.

2) *In welche drei Untergruppen lassen sich synthetische Polymere gliedern? Was zeichnet diese aus?*

Thermoplaste: lineare Molekülketten, thermisch umformbar

Duroplaste: vernetzte Moleküle, nur mechanisch bearbeitbar, z.B. Harze

Elastomere: weitmaschig vernetzt, elastisch verformbar, z.B. Silikon

3) *In welche zwei Untergruppen lassen sich natürliche Polymere einteilen? Wie sind diese aufgebaut?*

Proteine: Aminosäureketten (Collagen), 3-dimensionale Faltung, nicht verformbar, stabil nur unterhalb von ca. 50°C

Kohlenhydrate: Monosaccharide, glycosidisch gebunden, linear, verzweigt oder vernetzt.

4) *Welche Vorteile haben Polymere gegenüber anderen Implantatwerkstoffen?*

mechanische Eigenschaften: Elastizität, Dämpfung, Gleitverhalten

optische Eigenschaften: Transparenzen realisierbar

chem./phys. Eigenschaften: Biokompatibilität, keine Korrosion, Wasseraufnahme, degradierbar und resorbierbar

strukturelle Eigenschaften: Permeabilität, geringe Dichte

sonstige Eigenschaften: geringer Preis, Verarbeitbarkeit, hygiene (Einmalprodukt)

5) *Welche Nachteile haben Polymere gegenüber anderen Implantatwerkstoffen?*

volumenspezifische Festigkeit, in Bildgebung unsichtbar, begrenzte Degradationsstabilität (Sterilisierung), begrenzt Wiederverwendbar

6) *Unter welchen Gesichtspunkten lassen sich Polymere unterscheiden?*

chemische Zusammensetzung und Struktur, Molekülmasse, Rheologie (Verformungs- und Fließeigenschaften), mechanische Eigenschaften, thermische Eigenschaften

7) *Nennen Sie zwei Verfahren mit denen die Zusammensetzung von Polymeren bestimmt werden kann.*

Kernspinresonanzspektroskopie (NMR), Infrarotspektroskopie (IR), Gaschromatografie der Verbrennungsgase, Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) für Metallbestandteile

8) *Nennen Sie zwei Verfahren mit denen die Molekülmasse (Molekulargewicht) bestimmt werden kann.*

Gel-permeations-Chromatographie (GPC), Lichtstreuung, intrinsische Viskosität (i.V.)

9) *Nennen Sie die zwei Größen, die zur Beschreibung der Rheologie eines Werkstoffs verwendet werden. (Mit Einheit)*

Viskosität (Ns/m²) 'Zähigkeit', Melt Flow Index (MFI) (m³/10min), Fließverhalten bei bestimmter Temperatur/Druck

10) *Wie ist die Viskosität definiert? Was gibt sie an?*

$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$ mit $\dot{\gamma}$: Schergeschwindigkeit. Zur Bestimmung wird die Polymerschmelze zwischen zwei Platten abgeschert. Sie gibt die Zähigkeit eines Werkstoffs an.

- 11) *Wie wird die Kristallinität (geordnete Anordnung der Molekülketten) eines Polymers angegeben und wie wird sie gemessen?*
Angabe in %, Messung durch Differential Scanning Calorimetry (DSC) oder Röntgenstrukturanalyse
- 12) *Was passiert, wenn ein Werkstoff über seine Glasübergangstemperatur erwärmt wird?*
Die amorphen Bereiche des Polymers werden beweglich. Unterhalb der Glasübergangstemperatur ist das Polymer spröde.
- 13) *Welche Eigenschaften ändern sich bei Elastomeren und amorphen Thermoplasten am Glasübergangspunkt?*
Elastomere sind nur oberhalb T_g elastisch verwendbar. Amorphe Thermoplaste sind nur unterhalb T_g formstabil, darüber wachs- bzw. honigartige Konsistenz.
- 14) *Warum wird Polyamid (PA) nur noch selten im medizinischen Bereich angewendet?*
Durch eine starke Aufnahme von Flüssigkeit kommt es zu einer starken Degradation mit folgender Instabilität.
- 15) *Polyethylenterephthalat (PET) wird häufig im medizinischen Bereich angewendet. Welche Eigenschaften hat es und in welcher Form wird es verwendet?*
PET hat eine sehr gute Langzeitstabilität bei guter Festigkeit und Kriechbeständigkeit. Der Glasübergang liegt mit 70°C relativ hoch. Es lässt sich gut zu Fasern verarbeiten aus denen dann vor allem Gefäßersatz und Nahtmaterial oder auch Kreuzbandersatz hergestellt wird.
- 16) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP).*
Gute Biokompatibilität und -stabilität, geringer Verschleiß, knickempfindlich, starkes Kriechen. Anwendung als Einmalartikel, Nahtmaterial, Netze und Oxygenierungsmembranen.
- 17) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von ultrahochmolekularem Polyethylen (UHMWPE)*
UHMWPE vereint die positiven Eigenschaften von PE (Gute Biokompatibilität und -stabilität, geringer Verschleiß) mit hoher chemischer Beständigkeit, Festigkeit und Dimensionsstabilität bei hohem kristallinen Anteil (85%). Anwendungsbereich sind z.B. Gelenkpfannen.
- 18) *Unter welchen Handelsnamen wird Polytetrafluorethylen (PTFE) angeboten? Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich.*
Teflon bzw. Gore-Tex, bioinert, hochkristallin, kriechanfällig. Angewendet für Gefäßprothesen $<6\text{mm}$ und als Katheter.
- 19) *Welche Eigenschaften hat Polyurethane, in welchen Produkten wird es angewendet?*
Die Härte und Dehnbarkeit sind einstellbar, ausgezeichnete Biokompatibilität jedoch nicht biostabil. Meist Elastomer mit Reißdehnung bis 600%. Anwendung als Einmalartikel, Hirnhautersatz oder Kondom.
- 20) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von Polycarbonat.*
Hartes und sprödes Material mit sehr hohem Schmelz- und Glasübergangspunkt. Weitgehend amorphe Struktur, transparent. Gute Biokompatibilität und -stabilität. Anwendung als Membran, Herzklappenstent, Gehäuse und Einmalartikel.
- 21) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von Polysiloxanen (Silikone).*
Mechanische Eigenschaften sind vom Materialtyp abhängig, allgemein geringe Festigkeit. Eigenschaften lassen sich durch Füllstoffe verbessern, dadurch aber Verschlechterung der Blutverträglichkeit. Verwendung vor allem in der plastischen Chirurgie, als Katheter oder Schlauchsystem.

- 22) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendung von Polyetherketone (PEEK).*
 Sehr hohe Festigkeit, geringe Reibungsbeiwerte, hochtemperaturbeständig, sterilisierbar, hohe Biokompatibilität und Stabilität. Anwendung als Implantat (Wirbelsäule, Dental) oder Gehäuse.
- 23) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von Polysulfon (PSU).*
 Amorpher Thermoplast, sehr hohe Festigkeit, geringe Reibungsbeiwerte, hochtemperaturbeständig, sterilisierbar, hohe Biokompatibilität und Stabilität. Anwendung als Dialysemembran oder Gehäuse
- 24) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereich von Polymethylmetacrylat (PMMA).*
 Zweikomponentenmaterial aus Binder und Härter, gute Biokompatibilität und Stabilität. Probleme: Monomere sind toxisch, Polymerisation ist exothermer Prozess mit Gewebeerwärmung bis 100°C. Anwendung als Knochenzement, in der plastischen Chirurgie oder als Schädelabdeckung.
- 25) *Nennen Sie Eigenschaften und Anwendungsbereiche von Poly-Hydroxyethylmethacrylat (Poly-HEMA).*
 Sehr hydrophiles Hydrogel, Wasseranteil <40%, geringe Proteinbindung bei geringer Luftdurchlässigkeit. Anwendung als Kontaktlinse oder Zahnfüllstoff.
- 26) *Definieren Sie Degradation.*
 Degradation ist der Verlust der chemischen Integrität und damit mechanischen Stabilität durch Spaltung von Molekülketten und/oder Abnahme der Molekülmasse ausgelöst durch Oxidation oder Hydrolyse. Dabei kann die äußere Gestalt unverändert bleiben.
- 27) *Welche Größen beeinflussen die Degradationsgeschwindigkeit?*
 Temperatur, Strahlung, Ionenkonzentrationen, Mikroorganismen
- 28) *Definieren Sie Resorption.*
 Resorption beschreibt einen Volumenverlust mit Abbau von Material unter Verlust der äußeren Form und Ausscheidung der Abbauprodukte über den Stoffwechsel. Resorption schließt Degradationsprozesse ein.
- 29) *Definieren Sie biologische Abbaubarkeit.*
 Beschreibt die Abbaubarkeit in vivo durch Mikroorganismen, Hydrolyse, Enzyme oder Macrophagen.
- 30) *Nennen Sie zwei synthetische resorbierbare Polymere.*
 Polylactid (PLA), Polyglycolsäure (PGA), Polydioxanon (PDS), Copolymere mit E-Caprolacton (PCL)
- 31) *Nennen Sie je ein resorbierbares natürliches Protein und Polysaccharid.*
 Proteine: Collagen, Gelatine, Fibrin
 Polysaccharide: Cellulose, Chitosan, Alginat
- 32) *Polymere sind viskoelastisch. Wodurch kommt das zustande und durch welche Größen wird die Viskoelastizität beeinflusst?*
 Die Viskoelastizität beruht auf der Verschlaufung der einzelnen Ketten und auf Entropieeffekten. Sie ist abhängig von Zeit, Frequenz und Temperatur.
- 33) *Welche Auswirkungen hat die Viskoelastizität auf den Produktionsprozess und die Materialeigenschaften eines Polymers?*
 Nach dem Spritzen eines Querschnitts weitet sich dieser wieder auf. Außerdem kommt es beim fertigen Werkstoff dann zur Spannungsrelaxation und zum Kriechen.

- 34) *Nennen Sie zwei Polyreaktionsverfahren.*
 Massepolymerisation in eigener Schmelze, Lösungspolymerisation, Fällungspolymerisation, Suspensionspolymerisation, Emulsionspolymerisation, Gasphasenpolymerisation.
- 35) *Nennen Sie zwei Reaktionstypen zur Herstellung von Polymeren.*
 Polymerisation (radikalisch, anionisch, koordinativ, ringöffnend), Polykondensation, Polyaddition
- 36) *Welche Monomere werden radikalisch polymerisiert und wie kann die Reaktion abgebrochen werden?*
 Ungesättigte Monomere, meist mit Doppelbindung, z.B. Ethylen. Abbruch der Reaktion durch Rekombination, Disproportionierung oder Telomerisation.
- 37) *Nennen Sie zwei Besonderheiten der anionischen Polymerisation. Welche Polymere werden so hergestellt?*
 Ohne Abbruchreaktion verläuft sie bis zum vollständigen Verbrauch der Monomere. Abbruch durch Wasser oder Alkohol möglich. Wenn verschiedene Monomere zugegeben werden ist eine Multiblock-Copolymerisation möglich (AAABBAACCC). Synthesekautschuk, Styrol-Butadien-Copolymere werden so hergestellt, auch die Aushärtung von Sekundenkleber (Cyanacrylat) läuft so.
- 38) *Wieso ist Koordinationspolymerisation bei der Faserherstellung nötig? Wie ist der Ablauf?*
 Fasern (z.B. aus Polypropylen) können nur aus regulären, isotaktischen (sprich Anordnung der Kettenreste immer gleich) Polymeren gewonnen werden. Um dies sicherzustellen kommen hochspezifische Katalysatorsysteme zum Einsatz, an denen sich die Monomere sterisch spezifisch binden und dann zwischen Kette und Kondensator eingelagert werden.
- 39) *Geben Sie zwei Besonderheiten der Polykondensation an.*
 Es werden kleine Moleküle, meist Wasser, abgespalten. Die Monomere müssen mindestens zwei funktionelle Gruppen haben. Die stöchiometrischen Verhältnisse müssen exakt stimmen um hohe Molekulargewichte zu erzielen.
- 40) *Nennen Sie drei typische Polykondensate.*
 Polyamide, Polyethylenterephthalat (PET), Polyester- und Phenolharze (Bakelit, Duroplast), Silikone, Amylose
- 41) *Nennen Sie zwei Besonderheiten der Polyaddition.*
 Prozess ist nucleophil, Monomere müssen mindestens zwei funktionelle Gruppen mit Doppelbindung haben, dient vor Allem der Herstellung von Polyurethan.
- 42) *Wie lassen sich Polyurethanschäume herstellen?*
 Wenn zum Monomermix bei Polyaddition Wasser zugegeben wird bildet sich CO_2 , das zum Aufschäumen führt.
- 43) *Wie lassen sich die Eigenschaften eines Polymers im Fertigungsprozess beeinflussen?*
 Copolymerisationen, Mischen verschiedener Polymere, Einarbeiten von Füllstoffen und Additiven (Compound, Composit), Oberflächenmodifikation mittels Plasma
- 44) *Welche Probleme treten beim Abbau von Polylactid auf?*
 Polylactid wird über den Milchsäurestoffwechsel abgebaut. Dabei spielt der Zitronensäurezyklus eine entscheidende Rolle. Dadurch entsteht bei großen Mengen Polylactid viel Säure, die zu Gewebsschädigungen führen kann.
- 45) *Welche Monomere eignen sich allgemein zur Synthese resorbierbarer Polymere? Wie findet die Verkettung statt?*
 Cyclische Ester (Lactone, Dimere der Säuren) oder Carbonate dienen als Ausgangsstoff. Die Polymerisation erfolgt meist koordinativ in Verbindung mit einer Ringöffnung.

- 46) *Wie ausgeprägt ist die Biodegradation von Polylactid? Wie wird es angewendet?*
 10% Gewichtsverlust nach 6 Monaten, steuerbar über Molekulargewicht und Kristallinität.
 Anwendung als textiles Implantat für Bänder, Faserverbundwerkstoff zur Osteosynthese, kleine Platten und Stifte im nicht-lasttragenden Bereich.
- 47) *Wie ausgeprägt ist die Biodegradation von Polyglycolid? Wie wird es angewendet?*
 Nach 26-28 Tagen keine mechanische Festigkeit mehr. Erhöhung der Kristallinität führt zu längerer Degradationszeit. Anwendung als polyphiles Nahtmaterial, Herniennetz
- 48) *Nennen Sie zwei charakteristische Eigenschaften von Polydioxanon. Wie wird es verwendet?*
 Degradationszeit: 50% nach 6-8 Wochen. Große elastische Dehnungen möglich, Festigkeit kleiner als bei Polyglycolid. Anwendung als Nahtmaterial, Netze oder Folien zur Rekonstruktion von Nase oder Orbitalboden.
- 49) *Nennen Sie zwei Eigenschaften von Poly-ε-Caprolacton. Wie wird es angewendet?*
 Teilkristalliner Thermoplast, geringer Schmelzpunkt, Abbau über mehrere Jahre.
 Anwendung bei Drug Delivery, Wurzelkanalfüllungen, Nahtmaterial, Tissue Engineering
- 50) *Nennen Sie zwei Eigenschaften von statischen, resorbierbaren Copolymeren.*
 Zusammensetzung ist abhängig von Reaktivität und Konzentration der Monomere.
 Glasumwandlungspunkt liegt zwischen dem der Monomere. Mit steigendem Comonomeranteil sinkt die Kristallinität, bei Zusammensetzungen A-B zwischen 80-20 und 20-80 meist vollständig amorph.
- 51) *Wie lässt sich ein hochfestes und hochflexibles Polymer herstellen?*
 Blockpolymerisation eines amorphen Weichsegments mit sehr geringer Glasübergangstemperatur und eines Hartsegmentmonomers wie Lactid.
- 52) *Was ist eine Polymeranaloge Reaktion? Nennen Sie ein Beispiel.*
 Eine Polymeranaloge Reaktion verändert die Zusammensetzung eines Makromoleküls, dessen Hauptkette meist unverändert bleibt. In der Regel werden funktionelle Gruppen verändert oder hinzugefügt. Polyvinylalkohol und Pfropfcopolymere werden so hergestellt.
- 53) *Nennen Sie Vorteile und Probleme von Polymermischungen.*
 Es können Eigenschaften zweier Polymere kombiniert werden. Zum Erreichen eines bestimmten Eigenschaftsprofils ist es günstiger zwei Polymere zu mischen als ein neues zu entwickeln. Außerdem kann die Prozessierbarkeit verbessert werden.
 Probleme: Die meisten Polymerkombinationen sind nicht einphasig mischbar. Dadurch wird die Vorhersage der mechanischen Eigenschaften erschwert.
- 54) *Wie lassen sich Polymermischungen klassifizieren?*
 Einphasig mischbar: selten, mit singulärem Glasübergangspunkt.
 Phasenseparation: separate Glasübergangspunkte, Unterscheidung compatible/incompatible (makroskopisch einheitlich/uneinheitlich)
- 55) *Was sind Compounds, was wird bei der Compoundierung gemacht?*
 Ein Compound ist eine verarbeitungsfertige Mischung aus Polymer und Additiven. Die Compoundierung ist somit ein Prozess der Kunststoffveredelung, bei dem Füllstoffe und Additive in ein Thermoplast eingearbeitet werden. Fertigungstechnisch wird sichergestellt, dass sich keine größeren Agglomerate der Additive bilden. (Doppelschneckenextruder)
- 56) *Nennen Sie je zwei technische und in der Medizintechnik angewandte Additive.*
 technisch: Antioxidantien, UV-Stabilisatoren, Antistatika, Flammenschutzmittel, Farbstoffe, Füllstoffe, Weichmacher, Verstärkungsstoffe (Glasfaser, Kohlefaser)
 MedTech: Bariumsulfat zur Röntgensichtbarkeit, HAp oder Tricalciumphosphat in resorbierbaren Knochenersatzimplantaten, Nanosilber (antibakteriell), Antibiotika, Gestagen als Langzeit Kontrazeptivum.

57) *Definieren Sie Composites.*

Composites sind Verbundwerkstoffe aus mindestens zwei Materialien mit stark unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften. Diese bestehen aus einer Matrix- und einer Faserkomponente zur Verstärkung. Im Gegensatz zu Compounds besteht der polymere Anteil meist aus Duroplasten. Hohe Steifigkeit und Festigkeit bei geringem Gewicht sind das Ziel.

58) *Nennen Sie zwei Verstärkungsmaterialien zur Herstellung von Composites.*

Glas-, Carbon-, Keramik-, Aramid-(Kevlar), Nylon- oder Naturfasern (Flachs, Hanf)
Glas- oder Keramikpartikel in Teilchenverbundwerkstoffen.

59) *Nennen Sie zwei Fertigungsmethoden zur Herstellung von Composites.*

Pultrusion (Strangziehen), Spritzguss mit Kurzfasern, Spritzpressen, Laminatverfahren

60) *Nennen Sie je zwei technische und zwei medizintechnische Anwendungsgebiete von Composites.*

technisch: Flugzeug-, Fahrzeug- und Schiffsbau, Sportartikel, Rohre
MedTech: Kohlefasercomposites als Implantat, Zahnaufbau (Stifte), Osteosyntheseplatten, Zahnfüllung

61) *Was ist Plasma? Wie wird es erzeugt und welche zwei Methoden können zur Oberflächenmodifizierung verwendet werden?*

Plasma ist ein Gas, dessen Atome vollständig ionisiert sind. Dadurch ist es elektrisch leitend. Plasma wird durch Anlage von starken elektromagnetischen Wechselfeldern erzeugt. Es wird zwischen Atmosphärendruckplasma und Niederdruckplasma unterschieden.

62) *Was ist Gasphasenabscheidung?*

Ein Substrat wird in eine gasförmige Phase überführt und bildet auf einem Trägermaterial eine Deckschicht aus.

63) *Geben Sie den Ablauf einer Entzündungsreaktion wieder.*

Ein Reiz schädigt Gewebe oder Zellen. Dadurch werden Mediatoren freigesetzt, die zur Aktivierung von Immunzellen (Makrophagen) führen. Diese führt wiederum entweder zur Eliminierung des Fremdkörpers durch Phagozytose oder zur Isolierung dessen durch Verkapselung und Ausbildung von Narbengewebe.

64) *Geben Sie Beispiele an, bei denen Zelladhäsion am Implantat erwünscht und unerwünscht sind.*

erwünscht: Fixation im Gewebe, Vaskularisierung, Ausbildung von Endothel
unerwünscht: Nahtmaterial, Gefäßprothesen

65) *Nennen Sie drei Einflussfaktoren auf die Ausprägung der Zelladhäsion.*

Bindung von Proteinen wie Albumin, Laminin, Fibronectin oder Kollagen;
Oberflächenrauigkeit, Porosität, Kontaktwinkel, Kristallinität, Ladung, Mediatoren bzw. Wachstumsfaktoren.

66) *Erläutern Sie wie die Adhäsion einer Zelle an extrazelluläre Matrix abläuft.*

Die Zelle bildet punktförmige Focal Adhesion Points aus. Diese besitzen einen im Cytoskelett verankertes Membranprotein, das Integrin. Dieses bindet über ein Brückenmolekül (Fibronectin oder Laminin) an die ECM.

67) *Erklären Sie wie sich eine Allergie manifestiert und wie eine allergische Reaktion ausbricht.*

Bei Erstkontakt mit einem Allergen aktivieren diese Langerhanszellen (dendritische Zellen). Diese wandern in Lymphknoten ein und aktivieren T-Lymphozyten, die die Proliferation von B-Lymphozyten anregen, welche allergenspezifische IgE-Antikörper bilden. Die Antikörper bilden an histamingefüllte Mastzellen. Bei Wiederkontakt mit dem Allergen binden die Allergene an den IgE-Antikörpern und das Histamin der Mastzellen wird freigesetzt.

- 68) *Wie lässt sich eine optimale Haemokompatibilität erreichen?*
Durch Ausbildung einer körpereigenen Endothelzellschicht auf der Implantatoberfläche.
- 69) *Welche Ursachen kann die Toxizität eines Implantats haben?*
Lösungsmittel, Additive wie Weichmacher, Sterilisation, bakterielle Toxine, Degradationsprodukte.
- 70) *Was will ein Entwickler durch die Funktionalisierung einer Oberfläche in der Medizintechnik erreichen?*
Geweberreaktion beeinflussen, Zelladhäsion steuern, Infektionen vermeiden, Heilungs- und Regenerationsprozesse steuern, Drugdelivery, integrierte Sensorik
- 71) *Was sind Gele?*
Gele sind die physikalische Form eines organischen Polymers und haben einen Zustand zwischen fest und flüssig. Sie bestehen aus einem quervernetzten Molekülnetzwerk und können große Mengen eines Lösungsmittels (Wasser, Gas, Öl) aufnehmen. Durch die Flüssigkeitsaufnahme lassen sich die Molekülketten gegeneinander verschieben -> Elastizität mit Formgedächtniseigenschaften.
- 72) *Nennen Sie zwei Anwendungsgebiete von Hydrogelen in der Medizintechnik.*
Hygiene: Superabsorber in Windeln oder Tamponaden, weiche Kontaktlinsen, Wundverbände, Knorpelimplantat, Matrixstimulation im Tissue Engineering, Drug Delivery
- 73) *Nennen Sie Gründe warum sich textile Werkstoffe als Implantat besonders eignen.*
Sehnen, Bänder und auch Muskeln haben einen textilähnlichen Aufbau aus Fasern. Ein textiles Grundgerüst lässt Hohlräume für die Einwanderung von Zellen, etwa beim Tissue Engineering oder bei Gefäßprothesen. Außerdem haben textile Fasern dem biologischen Gewebe sehr ähnliche mechanische Eigenschaften. (Spannungsrelaxation)
- 74) *Nennen Sie drei Methoden zur Herstellung textiler Werkstoffe.*
Weben, Wirken, Stricken, Sticken, Flechten, Vliesherstellung
- 75) *Was ist ein Titer?*
Ein Titer ist eine Einheit zur Angabe der Faserfeinheit, angegeben in Gewicht je Faserlänge.
 $1 \text{ tex} = 1 \text{ g}/1.000\text{m}$; $1 \text{ dtex} = 1\text{g}/10.000\text{m}$
- 76) *Wie lässt sich die textile in die mechanische Festigkeit umrechnen?*
 $\sigma_{\text{mech}} = 10 * \rho * \sigma_{\text{tex}}$
- 77) *Nennen Sie zwei Methoden zur textilen Faserherstellung.*
Schmelzspinnen (Mono- und Multifil), Trockenspinnen (aus Polymerlösung im Heizschacht), Nass- bzw. Gelspinnen (aus Polymerlösung im Koagulationsbad)
- 78) *Wodurch entsteht die hohe Festigkeit von Fasern?*
Alle Moleküle haben die gleiche Orientierung im Filament.
- 79) *Nahtmaterial kann monofil oder als geflochtenes Multifilament vorliegen. Nennen Sie jeweils Vor- und Nachteile.*
Multifilament: + geringe Biegesteifigkeit, gut knotbar
- Kapillarität -> Bakterienmigration
Monofilament: + keine Kapillarität, sehr kleine Durchmesser möglich
- hohe Biegesteifigkeit, schlecht knotbar
- 80) *Nennen Sie Beispiele für textile Implantate.*
gewebte Gefäßprothesen, geflochtenes Nahtmaterial, Stents, Gurtungen, gewirkte Herniennetze und Gefäßprothesen, Vliespatches (Dura mater), Tissue Engineering Scaffolds (Grundformen) aus Vlies, Trachea- oder Herzklappenprothesen aus Vlies

- 81) *Nennen Sie zwei Beispiele für vaskuläre Endoprothesen.*
 Endovaskulärer Stent: stützt ein Gefäß von innen
 Gefäßprothese: röhrenförmiges Implantat zur Überbrückung eines Gefäßabschnitts
Stentgraft: minimalinvasiv implantierbare, beschichtete Gefäßprothese mit Metallgerüst
 Gefäßpatch: Implantat zum „Flicken“ eines Gefäßes
 Gefäßfilter: Dehnbares „Gitter“ um große Thromben in der vena cava abzufangen.
- 82) *Nennen Sie zwei Therapiemethoden eines Aneurysmas.*
 Clipping: Abklemmen der Aussackung an deren Hals
 Platin-Coils: Ausfüllen der Aussackung durch Platinspirale
 Stenting: Überbrücken des Eingangs der Aussackung z.B. durch Stentgraft
- 83) *Nennen Sie drei Anforderungen an Gefäßprothesen.*
 Ausreichende Dauerfestigkeit, abgestimmtes Kraft-Dehnungs-Verhältnis (Compliance),
 Biostabilität, Nahtausreißfestigkeit, Biokompatibilität (Einwachsen von Bindegewebe,
 Ausbilden von Neointima)
- 84) *Was ist Compliance, wie wird sie gemessen? Vergleichen Sie Venen und Arterien.*
 Compliance ist das Kraft-Dehnungs-Verhältnis eines Werkstoffs und charakterisiert dessen
 Dehnbarkeit. Die Compliance der Venen ist 25-mal größer als die der Arterien.
- 85) *Gewirkte Gefäßprothesen haben hervorragende Eigenschaften. Wann werden trotzdem gewebte Prothesen eingesetzt?*
 Gewebte Prothesen haben eine geringere Dilatationsneigung und werden deshalb im
 Hochdruckbereich des Aortenbogens eingesetzt. Auf Grund der geringeren Porosität kommt
 es bei der Implantation zu einem geringeren Blutverlust. (Patienten mit Gerinnungsstörung)
- 86) *Welche Nachbehandlungen werden an einer Gefäßprothese nach Wirken/Weben durchgeführt?*
 Reinigungsprozesse zur Entfernung von Hilfsstoffen, Schrumpfprozess zur Verringerung der
 Porosität. Beschichten zum Abdichten der porösen Struktur. (Gelatine oder Kollagen)
- 87) *Nennen Sie zwei Probleme die nach der Implantation einer Gefäßprothese auftreten können.*
 Material nicht langzeitstabil, Bildung einer Neointima ohne Endothelzellen ->
 Thrombosebildung, mangelnde Haemo- und Histokompatibilität, Infektionen, Dilatationen
- 88) *Nennen Sie Ziele von Tissue Engineering. Welche Zellen werden verwendet?*
 Ziel ist die Regeneration von Gewebe bzw. die Überbrückung von Organfunktionen bei deren
 Beschädigung. Es werden autologe, differenzierte oder autologe adulte Stammzellen
 eingesetzt. Auch xenogene differenzierte Zellen von Leber und Pankreas möglich.
- 89) *Nennen Sie Ziele der Regenerationsmedizin.*
 Ziel ist die körpereigene Gewebsregeneration zu steuern. Dafür werden technische
 Materialien mit lebenden, differenzierten Zellen und/oder Signalmolekülen kombiniert.
- 90) *Nennen Sie vier Arten wie Polymere als Drug Delivery System genutzt werden können.*
 a) Diffusion aus dem Polymer (nach Aufnahme von Flüssigkeit, die vorher entzogen wurde,
 diffundiert Wirkstoff durch das Polymer in ein flüssiges System, z.B. Blut)
 b) Auflösung / Degradation des Polymers (klappt mit allen degradierbaren Polymeren)
 c) Schrumpfen des Polymers
 d) Quellen des Polymers (Quellen vergrößert die Poren und lockert das Polymernetzwerk
 → Durchlässig für Wirkstoff, Quellen kann durch Umgebung gut gesteuert werden,
 typisch: Hydrogel als Quellmaterial)
 verwendete Polymere: PEG, Polyacrylsäure, natürliche Polymere: Alginat, Fibrin,
 Cyclodextrin, Polyacrylamide, PVA.
 Auch transdermales Drug-Delivery (über die Haut, z.B. Pflaster → Wundheilung, Abgabe von
 Hormonen oder Nikotin o.ä., Schmerzbehandlung)