

Applicant's number: Teilnehmernummer:	
--	--

Aptitude Assessment Exam Master Aerospace
Eignungsfeststellungsprüfung Master Aerospace

Material Science
Werkstoffkunde

Summer term 2023 / Sommersemester 2023
March 17th, 2023 / 17. März 2023

Please prepare your photo ID for inspection.
Bitte legen Sie Ihren Lichtbildausweis bereit.

You have 60 minutes for the exam.
Sie haben für die Bearbeitung der Prüfung 60 Minuten Zeit.

This exam contains 13 numbered pages incl. the title page
Diese Prüfung enthält 13 nummerierte Seiten inkl. Deckblatt

Please check your copy for completeness!
Bitte prüfen Sie die Vollständigkeit Ihres Exemplars!

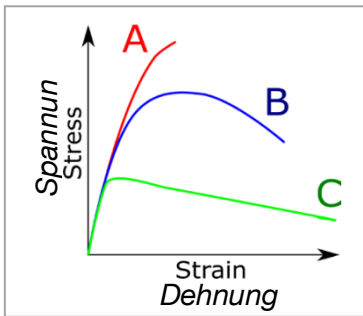
Please, do not write in red or green or with a pencil!
Bitte nicht mit rot oder grün schreibenden Stiften oder Bleistift ausfüllen! Please
answer all questions in the same language!
Bitte beantworten Sie alle Fragen in derselben Sprache!

Do not fill this part. *Diesen Teil nicht ausfüllen.*

Exercise / Aufgabe	Σ	Passed / Bestanden:	
achieved points erreichte Punkte		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Yes / Ja	No / Nein
	46		

1. Material Characterization (Stress-Strain Curve) / Materialcharakterisierung (Spannungs-Dehnungs-Diagramm)

Points / Punkte



With a tensile testing setup an output of tensile force vs. displacement can be generated and then normalized to stress and strain. This was performed for material A, B & C, see figure.

Mit dem Zugversuch kann die Zugkraft über Weg gemessen werden, die anschließend auf Spannung und Dehnung normiert wird. Dies wurde für die Materialien A, B und C durchgeführt, vgl. Abbildung.

- a) Which of the materials has the highest stiffness?
Welches der Materialien hat die höchste Steifigkeit?
- b) Which of the materials has the highest elongation to failure?
Welches der Materialien hat die höchste Bruchdehnung?
- c) Which of the materials has the highest ultimate strength σ_{ult} ?
Welches der Materialien hat die höchste Bruchfestigkeit?

/1

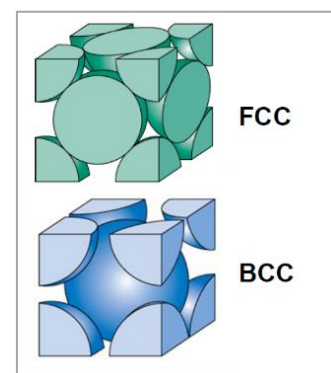
/1

/1

- a) A stiffer material will have a relative higher Young's Modulus. Since $E_A=E_B=E_C$, material A, B and C have the same stiffness.
Ein steifer Werkstoff hat einen relativ höheren Elastizitätsmodul. Da $E_A=E_B=E_C$ gilt, haben die Materialien A, B und C die gleiche Steifigkeit.
- b) Material C, since highest strain at break.
Material C, da höchste Dehnungswerte bei Bruch erreicht.
- c) Material A, since highest stress at break.
Material A, da die höchste Spannung bei Bruch vorliegt.

2. Crystal Structures and Phase Diagram / Kristallgitterstrukturen und Phasendiagramm

- a) You can see schematic illustrated lattice structures of Face Centered (FCC) and Body Centered Cubic (BCC) in the figure. The Atomic Packing Factor (APF) is 74 % for FCC and 68 % for BCC. The lattice structure of a material is depending on the temperature. Iron is a FCC above 912 °C and a BCC below 912 °C.



/1

In der Abbildung sind schematisch die Gitterstrukturen von kubisch-flächenzentrierten (FCC) und kubisch raumzentriertes (BCC) Kristallgitter dargestellt. Der atomare Packungsfaktor (APF) beträgt 74 % für FCC und 68 % für BCC. Die Gitterstruktur eines Materials ist von der Temperatur abhängig. Eisen ist oberhalb von 912 °C ein FCC und unterhalb von 912 °C ein BCC.

Will carbon likely diffuse more quickly in iron at 915 °C or 910 °C?
Wird Kohlenstoff in Eisen bei 915 °C oder 910 °C schneller diffundieren?

- b) What are the properties of a relative larger grain size?
Was sind die Eigenschaften einer verhältnismäßig größeren Korngröße?

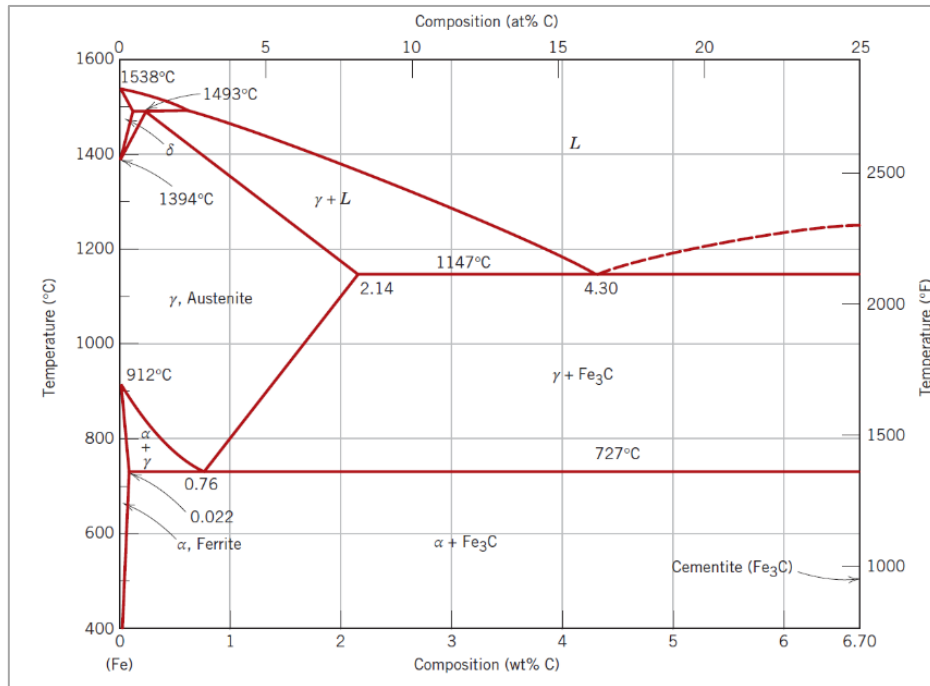
/1

c) The iron carbide (Fe_3C) diagram is given. Name the carbon contents (C) for:

- i. Iron
- ii. Steel
- iii. Cast iron

Gegeben ist das Eisenkohlenstoff- (Fe_3C)-Diagramm. Wie lauten die Kohlenstoffgehalte (C) für:

- i. Eisen
- ii. Stahl
- iii. Gusseisen



a) FCC is more tightly packed and thus has a greater APF, so it has less open space than BCC. The open space in BCC allows for easier and faster diffusion. Thus, carbon diffuses in iron faster at 910 °C than at 915 °C.

FCC ist dichter gepackt und hat daher einen höheren APF, d. h. es hat weniger offenen Raum als BCC. Der offene Raum in BCC ermöglicht eine leichtere und schnellere Diffusion. Daher diffundiert der Kohlenstoff bei 910 °C schneller in Eisen als bei 915 °C.

b) Higher melting temperature, higher elastic modulus, higher creep resistance
Höhere Schmelztemperatur, größerer E-Modul, höhere Kriechbeständigkeit

c) Fe_3C :

- i. $\text{C} < 0.008 \text{ wt\%}$
- ii. $0.008 \text{ wt\%} < \text{C} < 2.14 \text{ wt\%}$
- iii. $2.14 \text{ wt\%} < \text{C} < 6.7 \text{ wt\%}$

3. Metals and Ceramics / Metalle und Keramik

- a) Why is aluminum often preferred over magnesium for lightweight design?
Warum wird Aluminium im Leichtbau oft gegenüber Magnesium bevorzugt?

Pure Magnesium			Pure Aluminum		
Properties		Values	Properties		Values
Density	g/cm ³	1.74	Density	g/cm ³	2.7
Melting point	°C	651	Melting point	°C	660
Modulus of elasticity	GPa	45.0	Modulus of elasticity	GPa	66.6
Expansion coefficient	10 ⁻⁶ /K	25	Expansion coefficient	10 ⁻⁶ /K	25.0
Tensile strength ^a	MPa	80 – 180	Electrical conductivity	A/(V*m)	37.6*10 ⁶
Elongation at break ^a	%	1 – 12	Tensile strength ^a	MPa	40 – 180
			Elongation at break ^a	%	4 – 50

^a Values depending on state of editing

Typical Magnesium alloys: $\rho \approx 1.74 \text{ g/cm}^3$, $R_m \leq 250 \text{ MPa}$, $E = 45\,000 \text{ MPa}$

Typical Aluminum alloys: $\rho \approx 2.70 \text{ g/cm}^3$, $R_m \leq 410 \text{ MPa}$, $E = 70\,000 \text{ MPa}$

- b) Why are turbine engine parts with high temperature requirements typically not made from massive ceramic materials? How could ceramics be used instead for turbine parts?
Warum werden Turbinentriebwerksteile mit hohen Temperaturanforderungen normalerweise nicht aus massiven keramischen Werkstoffen hergestellt? Wie könnten stattdessen keramische Werkstoffe für Turbinenteile verwendet werden?

- a) Superior mechanical properties, better formability than Mg, lower material costs than Mg, higher corrosion resistance than Mg
Hervorragende mechanische Eigenschaften, bessere Umformbarkeit als Mg, niedrigere Materialkosten als Mg, höhere Korrosionsbeständigkeit als Mg
- b) Even though Ceramics show excellent thermal stability, their disposition to brittle fracture, high scattering of mechanical properties and decrease of strength at static load make this material unsuitable for massive parts. Instead, ceramic coatings are used to increase thermal stability of nickel alloy parts.
Obwohl Keramiken eine ausgezeichnete thermische Belastbarkeit aufweisen, machen ihre Anfälligkeit für Sprödbrüche, die starke Streuung der mechanischen Eigenschaften und die Abnahme der Festigkeit bei statischer Belastung diesen Werkstoff für massive Teile ungeeignet. Stattdessen werden Keramikbeschichtungen verwendet, um die thermische Stabilität von Teilen mit Nickellegierungen zu erhöhen.

Points /
Punkte

/2

/2

4. Material Properties / Materialeigenschaften

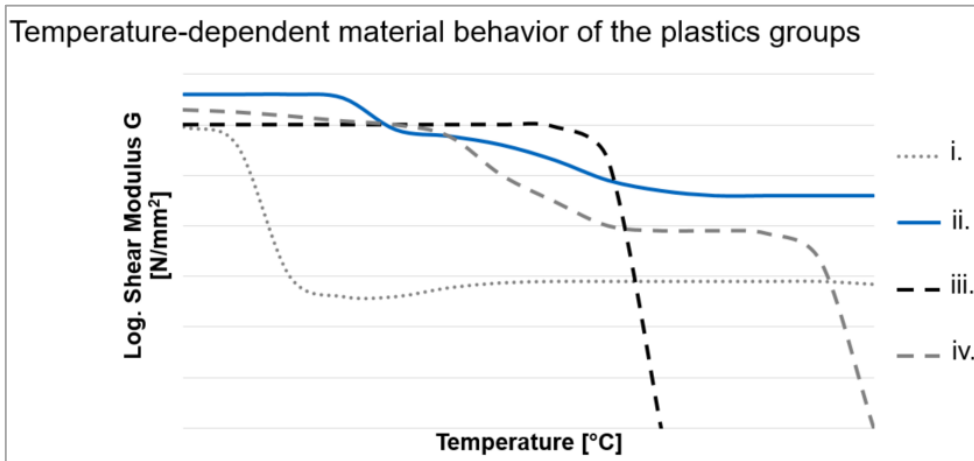
- a) A unique property of thermoplastics is the ability of their polymer chains to be amorphous or crystalline. Amorphous polymers consist of long chains that are randomly shaped and disordered along their length. Each chain twists and turns along its length without order, and there is no pattern with the other chains. In comparison, crystalline polymers consist of chains with a well-ordered structure. Thermosets and elastomers always occur in the amorphous condition.

Eine einzigartige Eigenschaft von Thermoplasten ist, dass die Polymerketten amorph oder kristallin vorliegen können. Amorphe Polymere bestehen aus langen Ketten, die zufällig geformt und ungeordnet entlang ihrer Länge sind. Jede Kette dreht und wendet sich entlang ihrer Länge ohne Ordnung, und es gibt kein Muster mit den anderen Ketten. Im Vergleich dazu bestehen kristalline Polymere aus Ketten mit einer geordneten Struktur. Duroplaste und Elastomere liegen immer im amorphen Zustand vor.

/2

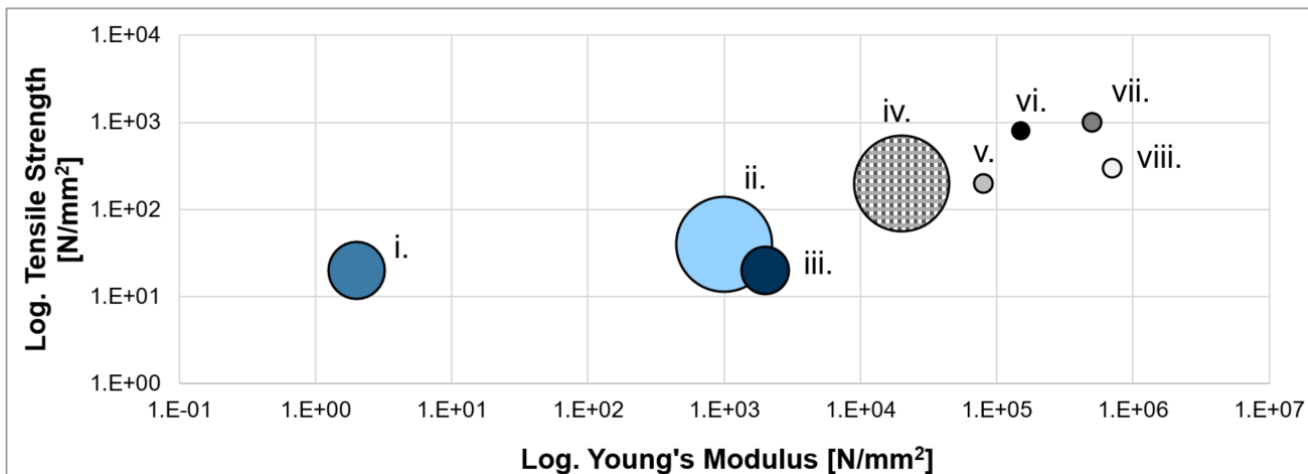
Assign the plastic groups **amorphous** and **semi-crystalline thermoplastics**, **thermosets** and **elastomers** to the curves i.-iv.

Ordne die Kunststoffgruppen **amorphe** und **teilkristalline Thermoplaste**, **Duroplaste** und **Elastomere** den Kurven i.-iv. zu.



- b) Assign the following materials to the dot graphics i.-viii in the diagram: **Composite, Elastomers, Thermosets, Thermoplastics, Iron, Steel, Aluminum and Ceramics**.
Ordne die folgenden Materialien zu den Blasengrafiken i.-viii. im Diagramm zu: **Composite/ Faserverbundwerkstoffe, Elastomere, Duroplaste, Thermoplaste, Stahl, Eisen, Aluminium und Keramiken**.

/4



- a)
- i. Elastomers / *Elastomere*
 - ii. Thermosets / *Duroplaste*
 - iii. Amorphous Thermoplastics / *Amorphe Thermoplaste*
 - iv. Semi-Crystalline Thermoplastics / *Teilkristalline Thermoplaste*
- b) Plastics compared to metals & ceramics / *Kunststoffe im Vergleich zu Metallen u Keramiken:*
- i. Elastomers / *Elastomere*
 - ii. Thermoplastics / *Thermoplaste*
 - iii. Thermosets / *Duroplaste*
 - iv. Composites / *Faserverbundwerkstoffe*
 - v. Aluminum / *Aluminium*
 - vi. Iron / *Eisen*
 - vii. Stahl / *Steel*
 - viii. Ceramics / *Keramiken*

5. Plastics: Thermosets vs. Thermoplastics / *Duroplaste vs. Thermoplaste*

- a) When thermosets reach their (1)___, they don't melt like other polymers. Instead they (2)___ because of their (3)___.

/2

Wenn Duroplaste ihre (1)___, dann schmelzen sie nicht wie andere Polymere. Stattdessen (2)___ sie aufgrund ihres (3)___.

- b) Which type of molecular structure is present in thermosets and explain the structure?

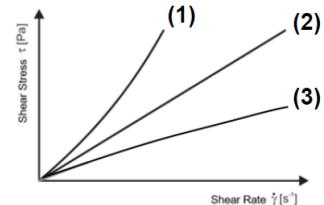
/2

Welche Molekülstruktur liegt bei Duroplaste vor und erkläre diese?

- c) Label the viscosity curves. Which shear behavior show thermoplastics?

/2

Beschrifte die Viskositätskurven. Welches Scherverhalten weisen Thermoplaste auf?



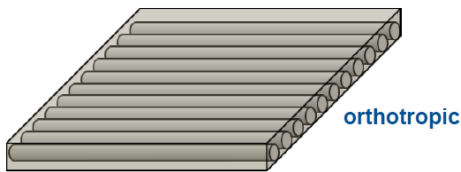
- a) (1): decomposition temperature / *Zersetzungstemperatur*
 (2): degrade / *degradieren, zersetzen*
 (3): closed-mesh network / *engmaschigen Netzwerks, Struktur*
- b) Thermosets are cross-linked polymers with adjacent linear chains that are brought one to another at several locations by covalent bonds. Cross linking is completed by a non-reversible chemical reaction. Often, cross-linking is finished by additive atoms which are covalently bonded to the chains in the thermosetting polymers.
Duroplaste sind stark vernetzte Polymere mit benachbarte linearen Ketten, die an mehreren Stellen durch kovalente Bindungen miteinander verbunden sind. Die Vernetzung wird durch eine nicht umkehrbare chemische Reaktion abgeschlossen. Häufig wird die Vernetzung durch Additivatome abgeschlossen, die kovalent an die Ketten der duroplastischen Polymere gebunden sind.
- c) (1) Shear Thickening / *strukturviskos (scherverdünnend)*
 (2) Newtonian / *Newtonsches*
 (3) Shear Thinning / *dilatant (scherverdickend)*
Thermoplastic behaves shear thinning. / Thermoplaste verhalten sich strukturdilatant.

6. Composites

The material properties of a composite lamina/ply can be approximated by micromechanical models. The matrix material is an epoxy resin ($E_m = 3.6 \text{ GPa}$, $\nu_m = 0.35$). Reinforcing unidirectional T300 carbon fibres ($E_{f11} = 230 \text{ GPa}$, $E_{f22} = 40 \text{ GPa}$, $\nu_{f12} = 0.25$, $G_{f12} = 17 \text{ GPa}$) are given. You can see the schematic approach of the lamina in the figure.

Die Materialeigenschaften eines Composites/Verbundwerkstoffs Laminats können durch mikromechanische Modelle angenähert werden. Das Matrixmaterial ist ein Epoxidharz ($E_m = 3,6 \text{ GPa}$, $\nu_m = 0,35$). Verstärkende unidirektionale T300-Kohlenstofffasern ($E_{f11} = 230 \text{ GPa}$, $E_{f22} = 40 \text{ GPa}$, $\nu_{f12} = 0,25$, $G_{f12} = 17 \text{ GPa}$) sind gegeben. In der Abbildung ist der schematische Ansatz der Lamelle zu sehen.

/3



$$E_1 = E_{f,1} \cdot \varphi_f + E_m \cdot (1 - \varphi_f)$$

Apply micromechanical modelling to derive the longitudinal stiffness of the composite E_1 .

Wenden Sie die mikromechanische Modellierung an, um die Steifigkeit des Verbundstoffs in Faserrichtung E_1 abzuleiten.

$$E_1 = E_{f,1} \cdot \varphi_f + E_m \cdot (1 - \varphi_f)$$

φ_m

$$E_1 = \underbrace{230 \cdot 0.6}_{138 \text{ GPa}} + \underbrace{3.6 \cdot 0.4}_{1.4 \text{ GPa}} = 139.4 \text{ GPa}$$

ROM

Longitudinal stiffness of the composite mixture: E_1

Analogy: "parallel springs"

7. Additional Properties / Zusätzliche Eigenschaften

a) Thermal properties / Thermische Eigenschaften

Considering the thermal expansion of of a T-beam structure made from a TiAl alloy ($TiAl_{48}Cr_2$, $\rho = 4 \text{ g/cm}^3$, $CLTE = 9.54 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, $E = 175 \text{ GPa}$) at $287.778 \text{ }^\circ\text{C}$, determine the absolute length of the beam. The length of the beam at $20 \text{ }^\circ\text{C}$ is 2.348 m . Assume that the beam is stress free at room temperature and the expansion only occurs in the longitudinal direction.

Bestimmen Sie unter Berücksichtigung der Wärmeausdehnung einer T-Trägerstruktur aus einer TiAl-Legierung ($TiAl_{48}Cr_2$, $\rho = 4 \text{ g/cm}^3$, $CLTE = 9,54 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, $E = 175 \text{ GPa}$) bei $287,778 \text{ }^\circ\text{C}$ die absolute Länge des Trägers. Die Länge des Balkens bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ beträgt $2,348 \text{ m}$. Nehmen Sie an, dass der Träger bei Raumtemperatur spannungsfrei ist und die Ausdehnung nur in Längsrichtung erfolgt.

/3

b) Degradation of Polymers / Abbau von Polymeren

Name 3 mechanisms in which polymers degrade.

Nennen Sie 3 Mechanismen, durch die Polymere abgebaut werden.

/1

c) Corrosion / Korrosion

Name three corrosion types.

Nennen Sie 3 Korrosionstypen.

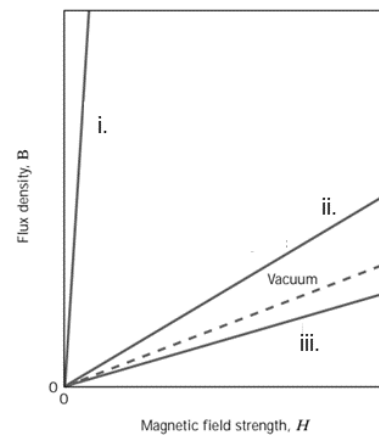
/1

d) Magnetic properties / Magnetische Eigenschaften

Assign the magnetism types (diamagnetism, paramagnetism ferromagnetism) to the following flux density-magnetic field strength graph.

Ordnen Sie die Magnetismusarten (Diamagnetismus, Paramagnetismus, Ferromagnetismus) dem folgenden Flussdichte-Magnetfeldstärke-Diagramm zu.

/1



$$a) \quad \alpha_l = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T} = \frac{l_1 - l_0}{l_0 (T_f - T_0)} \quad \rightarrow \quad l_1 = l_0 + \alpha_l l_0 (T_f - T_0)$$

$$l_1 = 2.348 \text{ m} + 9.54 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \times 2.348 \text{ m} \times (287.778 - 20) \text{ K}$$

$$l_1 = 2.354 \text{ m}$$

b) Thermal oxidation, ultraviolet radiation, chain scission, hydrolysis

Thermische Oxidation, ultraviolette Strahlung, Kettenspaltung, Hydrolyse

c) General surface corrosion, stress-cracking, pitting, crevice, intergranular, fretting

Gleichmäßige Flächenkorrosion, Spannungsrisskorrosion, Lochfraßkorrosion,

Spaltkorrosion, interkristalline Korrosion, Reibkorrosion

d) i. Ferromagnetism / Ferromagnetismus

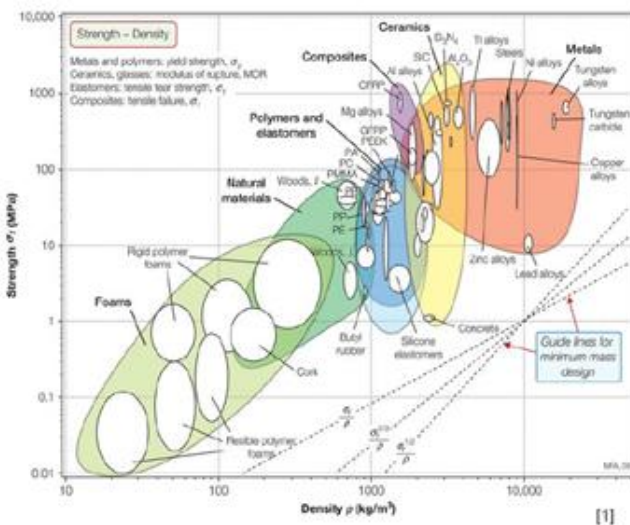
ii. Paramagnetism / Paramagnetismus

iii. Diamagnetism / Diamagnetismus

8. Material Selection / Materialauswahl

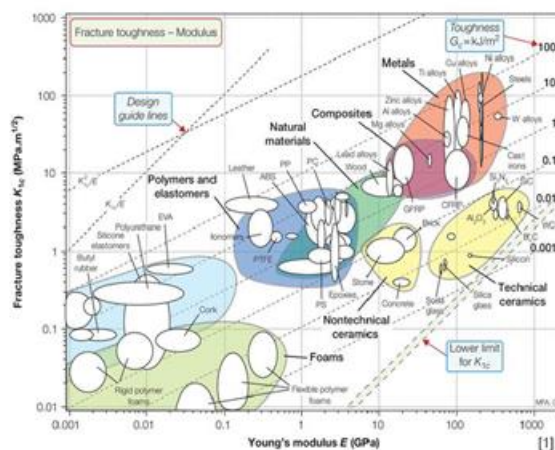
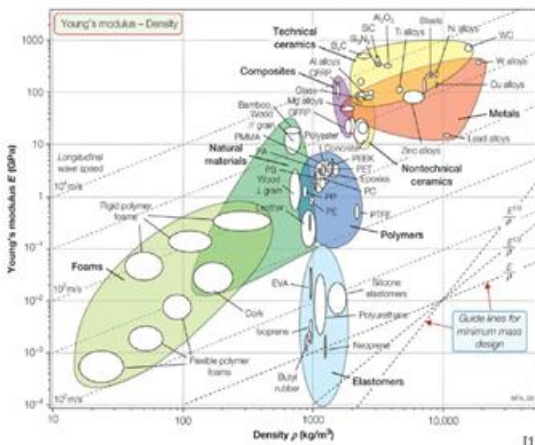
Using the Ashby plots provided below, propose a material to manufacture the wing structure of a new jet inspired by the Grumman X-29. The wings are dominated by the bending loads and the deflection should be limited. Since the plane will carry optical instruments for scientific research, the wing must not exceed a density of 2000 kg/m³. Additionally, the material requires a minimal fracture toughness of 0.4 MPa·m^{1/2}.

Schlagen Sie anhand der nachstehenden Ashby-Diagramme ein Material für die Herstellung der Flügelstruktur eines neuen Flugzeugs nach dem Vorbild der Grumman X-29 vor. Die Tragflächen werden durch die Biegebelastung dominiert und die Durchbiegung sollte begrenzt sein. Da das Flugzeug optische Instrumente für die wissenschaftliche Forschung tragen wird, darf der Flügel eine Dichte von 2000 kg/m³ nicht überschreiten. Außerdem muss das Material eine Mindestbruchzähigkeit von 0,4 MPa·m^{1/2} aufweisen.

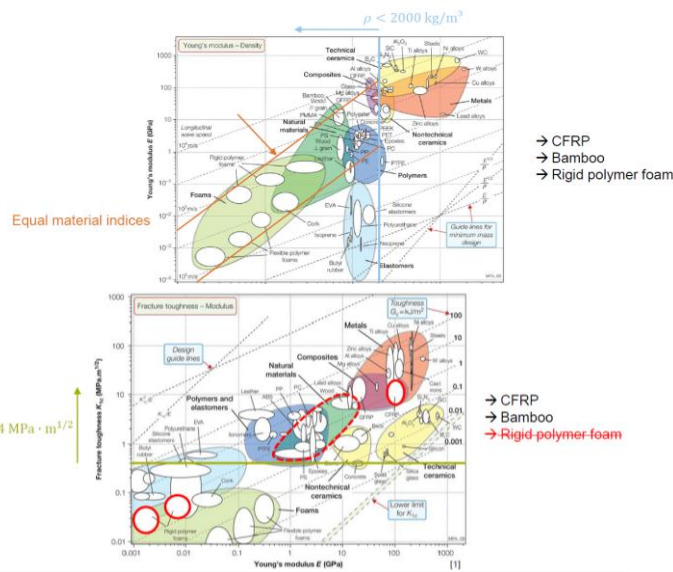


Design objective	Design shape	Minimum mass index
Stiffness-limited design	Tie	ρ/E
	Beam	$\rho/E^{1/2}$
	Panel	$\rho/E^{2/3}$
Strength-limited design	Shaft	$\rho/G^{1/2}$
	Cylinder	ρ/E
	Tie	ρ/σ_y
	Beam	$\rho/\sigma_y^{2/3}$
	Panel	$\rho/\sigma_y^{1/2}$
	Shaft	$\rho/\tau_y^{2/3}$
	Cylinder	ρ/σ_y

[2] Mouritz, A.P., 2012, Introduction to aerospace materials, Woodhead Pub, Cambridge, UK.



[1] Ashby, M.F., 2011, Materials selection in mechanical design, 4th edn., Butterworth-Heinemann, Burlington, MA.



CFRP would be the most suitable material for these specifications. Using bamboo is difficult to produce a rigid wing structure. Additionally, natural materials underlay a very high scatter compared to other materials.
 CFK wäre das am besten geeignete Material für diese Anforderungen. Mit Bambus ist es schwierig, eine steife Flügelstruktur herzustellen. Außerdem weisen natürliche Materialien im Vergleich zu anderen Werkstoffen eine sehr hohe Streuung auf.

9. Introduction to Material Processes / Einführung in der Materialprozesstechnik

Match the different processes to their definition based on material cohesion according to the standard DIN8580.

/3

Ordnen Sie die verschiedenen Verfahren ihrer Definition zu, die auf der Materialkohäsion gemäß der Norm DIN8580 basiert.

- i. Primary shaping / Urformen
- ii. Forming / Umformen
- iii. Separating / Trennen
- iv. Joining / Fügen
- v. Coating / Beschichten

- () Local increase of cohesion / Zusammenhalt vermehren
- () Reducing cohesion / Zusammenhalt vermindern
- () Maintaining cohesion / Zusammenhalt beibehalten
- () Local increase of cohesion / Zusammenhalt vermehren
- () Creating cohesion from shapeless materials / Zusammenhalt schaffen

- (iv) Local increase of cohesion / *Zusammenhalt vermehren*
- (iii) Reducing cohesion / *Zusammenhalt vermindern*
- (ii) Maintaining cohesion / *Zusammenhalt beibehalten*
- (v) Local increase of cohesion / *Zusammenhalt vermehren*
- (i) Creating cohesion from shapeless materials / *Zusammenhalt schaffen*

Points /
Punkte

10. Life Cycle Assessment (LCA) / *Lebenszyklusanalyse*

Select all the correct statements regarding the LCA phases according to the ISO 14040 norm.

/3

Wählen Sie alle richtigen Aussagen zu den LCA-Phasen gemäß der ISO 14040-Norm aus.

- The LCA is composed of four main phases: goal and scope definition, Life Cycle Inventory, Life Cycle Impact Assessment, and interpretation.
Die Ökobilanz besteht aus vier Hauptphasen: Ziel- und Umfangsdefinition, Lebenszyklusinventur, Bewertung der Auswirkungen auf den Lebenszyklus und Interpretation.
- The goal and scope definition phase consists of describing the product system, define the system boundaries and reference the inputs and outputs to the functional unit.
Die Phase der Ziel- und Umfangsdefinition besteht aus der Beschreibung des Produktsystems, der Festlegung der Systemgrenzen und der Zuordnung der Inputs und Outputs zur Funktionseinheit.
- Handling data gaps is a main part of the goal and scope definition stage.
Die Behandlung von Datenlücken ist ein wesentlicher Bestandteil der Phase der Ziel- und Umfangsdefinition.
- The result of a Life Cycle Inventory includes the different gas emissions and quantities of them.
Das Ergebnis einer Sachbilanz umfasst die verschiedenen Gasemissionen und deren Mengen.
- The Life Cycle Inventory quantifies environmental consequences of the product by aggregating and translating inventory into impact.
Die Sachbilanz quantifiziert die Umweltauswirkungen des Produkts, indem sie das Inventar zusammenfasst und in Auswirkungen umwandelt.
- Photochemical ozone formation, land use, water scarcity and acidification are examples of impact categories according to the European Commission.
Photochemische Ozonbildung, Landnutzung, Wasserknappheit und Versauerung sind Beispiele für Wirkungskategorien nach Angaben der Europäischen Kommission.

- ✘ The LCA is composed of four main phases: goal and scope definition, Life Cycle Inventory, Life Cycle Impact Assessment, and interpretation.
Die Ökobilanz besteht aus vier Hauptphasen: Ziel- und Umfangsdefinition, Lebenszyklusinventur, Bewertung der Auswirkungen auf den Lebenszyklus und Interpretation.
- ✘ The goal and scope definition phase consists of describing the product system, define the system boundaries and reference the inputs and outputs to the functional unit.
Die Phase der Ziel- und Umfangsdefinition besteht aus der Beschreibung des Produktsystems, der Festlegung der Systemgrenzen und der Zuordnung der Inputs und Outputs zur Funktionseinheit.
 - Handling data gaps is a main part of the goal and scope definition stage.
Die Behandlung von Datenlücken ist ein wesentlicher Bestandteil der Phase der Ziel- und Umfangsdefinition.
- ✘ The result of a Life Cycle Inventory includes the different gas emissions and quantities of them.
Das Ergebnis einer Sachbilanz umfasst die verschiedenen Gasemissionen und deren Mengen.
 - The Life Cycle Inventory quantifies environmental consequences of the product by aggregating and translating inventory into impact.
Die Sachbilanz quantifiziert die Umweltauswirkungen des Produkts, indem sie das Inventar zusammenfasst und in Auswirkungen umwandelt.
- ✘ Photochemical ozone formation, land use, water scarcity and acidification are examples of impact categories according to the European Commission.
Photochemische Ozonbildung, Landnutzung, Wasserknappheit und Versauerung sind Beispiele für Wirkungskategorien nach Angaben der Europäischen Kommission.

11. Recycling

Points /
Punkte

- a) From the following CFRP recycling techniques, write a "T" if the process is thermal, "C" if it is chemical, and "M" if it is mechanical.

Schreiben Sie von den folgenden CFK-Recyclingverfahren ein "T", wenn es sich um ein thermisches Verfahren handelt, ein "C", wenn es sich um ein chemisches Verfahren handelt, und ein "M", wenn es sich um ein mechanisches Verfahren handelt.

___ Shredding / Zerschreddern

___ Solvolysis / Solvolyse

___ Pyrolysis / Pyrolyse

___ Induction / Induktion

___ Hydration / Hydrierung

___ Grinding / Zermahlen

/3

- b) Which of these previous processes are suitable for the fiber-matrix separation?

Welche der vorgenannten Verfahren sind für die Faser-Matrix-Trennung geeignet?

/1

a)

M Shredding / Zerschreddern

C Solvolysis / Solvolyse

T Pyrolysis / Pyrolyse

T Induction / Induktion

C Hydration / Hydrierung

M Grinding / Zermahlen

b)

Solvolysis / Solvolyse

Pyrolysis / Pyrolyse

Induction / Induktion

Hydration / Hydrierung