

Nenne drei Faktoren für methodisches Konstruieren

- Lebenszyklus eines Produktes
- Verlauf von Einsparpotential und Änderungsaufwand im Konstruktionsprozeß (Grafik 1.1 im Skript)
- Einfluß der Konstruktion auf die Herstellkosten (75% Entwicklung und Konstruktion, 13% Fertigungsverfahren und AV, 6% Einkauf, 6% Produktion)

Nenne die Lebenszyklen eines Produktes

- Einführung
- Wachstum/Reife
- Sättigung
- Verfall

Nenne die Ziele des methodischen Konstruierens

- Ergänzung des intuitiv geprägten Konstruierens durch Methoden der Lösungsfindung und Konzeption
- Vermeidung der Zufälligkeit optimaler Lösungen durch gezielte Arbeitsweise

Nenne drei Lösungsansätze für methodisches Konstruieren

- Einführung effizienter Sach- und Ident-Nummer-Systeme
- neue Methoden zur Ideenfindung
- Einsatz computergestützter Arbeitsmethoden

Nenne die Zwischenschritte des Black-Box Systemmodells

- Planen
- Konzipieren
- Entwerfen
- Ausarbeiten
- Fertigung

Beschreibe den Ablauf der Analysephase

- Auswählen der Aufgabe (Trendstudien, Marktanalyse, Patentlage usw.)
- Festlegen des Entwicklungsauftrags
- Klären der Aufgabenstellung
- Ausarbeiten der Anforderungsliste

Nennen sie mehrere Empfehlungen zur Erstellung einer Anforderungsliste

- Sinnvolle Gliederung einführen (z.B.: Energieversorgung, Antriebstechnik usw.)
- Möglichst präzise Formulierungen der einzelnen Anforderungen, z.B. Zahlenwerte
- Einteilung in Forderung (F) und Wunsch(W)
F: unbedingt notwendig zur Funktionserfüllung
W: Erhöhung des Produktwertes ohne großen finanz. Aufwand
- Keine Funktionsabläufe
- Stetige Aktualisierung notwendig

Nenne die drei Kenndokumente der Konzeptionsphase

- Funktionsstruktur
- Morphologisches Schema
- Bewertung

Erkläre die Arbeitsschritte der Funktionsstruktur

- Festlegen der Systemgrenzen
- Auflösung der Gesamtfunktion in Teilfunktionen
- Variation und Optimierung der Hauptfunktionsstruktur z.B. durch – Änderung der Reihenfolge, - Schaltungsart (parallel, Reihe, mehrfache Anordnung),
- Steuerungs bzw. Regelungsstruktur

Nenne die Lösungsfindungsmöglichkeiten im morphologischen Schema

- Studium der entspr. Medien
- Analogie-Vergleiche
- Vorbereitende Experimente oder Messungen
- Gruppen – Diskussion > „Brainstorming“

Nenne die drei Regeln des morphologischen Schemas

- alle denkbaren Lösungen der Teilfkt. Erfassen
- objektive Eingrenzung anhand entspr. Kriterien
- Ableitung von Gesamtlösungsfktn. Durch Kombination miteinander kompatibler Teillösungen

Nenne die Arbeitsschritte der Bewertung

- Analyse der Eigenschaften der Lösungsvarianten
- Aufstellen von Bewertungskriterien, welche eine qualitative Bewertung ermöglichen
- Techn. + wirtsch. Bewertung (Stärke-Diagr., Profil-Diagr.)
- Schwachstellenanalyse, Schwachstellenbeseitigung

Was versteht man unter Einzelkosten bei der Kalkulation

- projektbezogene Kosten z.B. Material, Zusatzteile

Was versteht man unter Gemeinkosten bei der Kalkulation

- sie sind nicht projektbezogen und beziehen sich auf die Infrastruktur wie z.B. Lager, Vertrieb, und Personalwesen

Was versteht man unter einer Zuschlagskalkulation?

- Die Gemeinkosten werden durch Aufschlagfaktoren berücksichtigt

Nennen sie die Kalkulationsschritte zur Bestimmung der Herstellungskosten

- Die Bestimmung des sog. Nettovolumens der Einzelteile V_N
- Ermittlung des Bruttovolumens $V_B = F_V * V_N$
- Aufstellen einer Kostenrelation mit Bezugskostenfaktor und Relativkostenfaktor
- Preise für Zukaufteile bestimmen
- Berücksichtigung der Gemeinkosten mit entsprechenden Faktoren

Was drückt der Faktor F_V aus ?

- Er berücksichtigt Verschnitt oder Spanvolumen
- Größenordnung 1,1 – 1,2

Was gibt der Betriebskostenfaktor k_{vo} an ?

- er gibt einen Preis in EUR/ mm³ für den Bezugswerkstoff ST 37/ 2 als Rundmaterial an.

Was sagt der Relativkostenfaktor k^*_v aus ?

- gibt das Verhältnis von aktuellem Werkstoff zu ST 37/ 2 an.

Welche Faktoren fließen bei der Berechnung der Materialkosten ein ?

- f_m : Gemeinkostenzuschlagfaktor auf Material
- Z : Preis für das Zukaufteil
- F_z : Gemeinkostenzuschlagfaktor auf Kaufteile

Nenne die Formel zur Berechnung der Herstellkosten

- $H_k = M + F + SEK$
 - M: Materialkosten
 - F: Fertigungskosten
 - SEK: Sondereinzelkosten

Erkläre die Begriffe Funktionstrennung und Funktionsvereinigung jeweils an einem Beispiel !

- Funktionstrennung: jedes Bauteil erfüllt nur eine Funktion.
 Bsp. Antriebsriemen: Leder überträgt Umfangskräfte
 Polyamidbänder leiten Zugkräfte
- Funktionsvereinigung: Mehrere Teilfunktionen werden von einem Bauteil erfüllt.
 Bsp. Anlaufkupplung: nur komplettes Bauteil überträgt alle Kräfte

Welche Vor- bzw. Nachteile haben Funktionstrennung und Funktionsvereinigung?

- **Funktionstrennung:**
 - Vorteil: Bauteil ist einfacher auszulegen, höhere Sicherheit gegen Versagen, i.a. höhere Leistungsfähigkeit
 - Nachteil: höherer Fertigungsaufwand
- **Funktionsvereinigung:**
 - Vorteil: Kostengünstiger, i.a. weniger Bauraum
 - Nachteil: schwierigere Auslegung, versagensanfälliger, Gesamtleistungsfähigkeit ist ein Kompromiß aus der Erfüllung der Einzel-Funktionen

Was versteht man unter Integral- bzw. Differentialbauweise?

- Integralbauweise: (gestaltmäßige) Zusammenfassung von Einzelteilen
- Differentialbauweise: Bauweise aus vielen Einzelteilen hergestellt.

Welche Vor- bzw. Nachteile haben Integral- bzw. Differentialbauweise?

- **Integralbauweise:**
 - Vorteil: Gut für hohe Stückzahlen, kostengünstig
 - Nachteil: höheres Fertigungsrisiko, unflexibel bei Änderungen
- **Differentialbauweise:**
 - Vorteil: Geringes Fertigungsrisiko, gut für Kleinserien
 - Nachteil: Hohe Montagekosten, für Serienfertigung mit hohen Stückkosten ungeeignet.

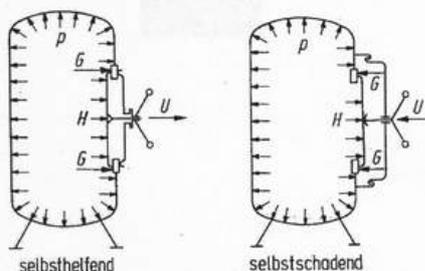
Was unterscheidet die Integralbauweise von der Funktionsvereinigung?

- Grundsätzliche Funktionsprinzipien bleiben.
- Bei der Funktionsvereinigung können sich in Folge der (logischen) Zusammenfassung von Teilfunktionen die Wirkflächen ändern, bei der Integral-Bauweise bleiben diese dagegen erhalten, es entsteht ein homogenes Bauteil (d.h. Werkstoff).

Was versteht man unter dem Prinzip der Selbstverstärkung (oder auch Selbsthilfe)? Erklärung anhand eines Beispieles!

- Durch die konstruktive Ausbildung des Systems wird eine Hilfwirkung erzeugt, die die Ursprungswirkung unterstützt.

Beispiel: Mannloch-Öffnung im Behälterbau
 U: Ursprungswirkung, H: Hilfwirkung, G: Gesamtwirkung



Erkläre den Begriff Makrokraftfluß anhand eines Beispiels!

- Betrachtung des Gesamtsystems (geschlossener Kraftfluß)

Beispiel:

- Symetrische Presse an der der Kraftfluß durch die gesamte Maschine betrachtet wird (großflächiger Kräfteverlauf)

Wo liegen die Vorteile dieser Betrachtungsweise (Makrokraftfluß)?

Vorteile:

- Konstruktive Optimierung (Vermeidung scharfer Umlenkungen, bzw. schroffer Querschnittsübergänge)
- Kostenoptimierung (Materialeinsparung, Materialersatz)
- Dynamische Optimierung (Erkennung von Problemzonen)

Durch welche Maßnahmen kann man bei der Konstruktion eines Bauteils ohne unnötigen Materialeinsatz die Verformungen klein halten?

- Werkstoff mit möglichst hohem E – Modul
- Möglichst geringe „Schlankheit“ l/A
- Biegebelastung möglichst vermeiden bzw. konstruktiv weitgehend „entschärfen“ (möglichst kleine Biege-Hebelarme, symetrische Bauteilform)

Wodurch kann die Kerbempfindlichkeit an der Oberfläche eines Bauteils verringert werden? Nenne Beispiele!

Entlastungskernen:

- Gestaltung der Kerbe (möglichst großer Radius)

Nut:

- Muss nahe an der Hauptkerbe (hohe Spannung, z.B. Nut für Sicherungsring) liegen und die gleiche Tiefe, aber einen größeren Radius haben

Wie kann man trotz Leichtbauweise z.B. bei der Profilgestaltung eine möglichst hohe Biege- und Torsionssteifigkeit erreichen?

- Runde Querschnitte → Dünnwandige Rohre
- Geschlossene Profile
- Werkstoffverlagerung von innen nach außen

Was versteht man unter Form- bzw. Stoff-Leichtbau?

Formleichtbau:

- Erhöhung der Bauteilsteifigkeit durch Optimierung der Gestalt

Stoffleichtbau:

- Substitution schwerer Werkstoffe

Warum wird man bei einer Leichtbaukonstruktion immer beide Prinzipien anwenden müssen?

- Minimierung des Eigengewichtes einer Konstruktion unter Beibehaltung oder Verbesserung der Tragfähigkeit

Nennen und erklären Sie 3 Leichtbau-Konstruktionsprinzipien!

Stützkonstruktion

- Versteifungsprinzip eines Seerosenblattes
- Struktur eines Schmetterlingsflügels
- Struktur der Eischale eines Insekts

Sandwichkonstruktionen

- Schädel eines Säugetieres
- Blatt einer Alge
- Sandwichwabelement

Faserverbundkonstruktionen

- Bruchfläche eines Seeigelzahnes
- Bruchfläche eines GFK- Werkstoffes

Erkläre, warum durch das Einbringen von Sicken in Blechkonstruktionen eine Strukturversteifung erreicht wird!

- Erhöhung des Flächenmoments (Änderung der Querschnittsform)
- Zusätzlicher Steiner – Anteil durch die Verlagerung der Schwerlinie relativ zur Mittellinie des ungesickten Bleches
- Erhöhung des Beulwiderstands

Welcher Nachteil entsteht bei der Ersetzung von Stahl durch Al- oder Ti- Legierungen?

Nachteil Al:

- Geringere Festigkeit

Nachteil Ti:

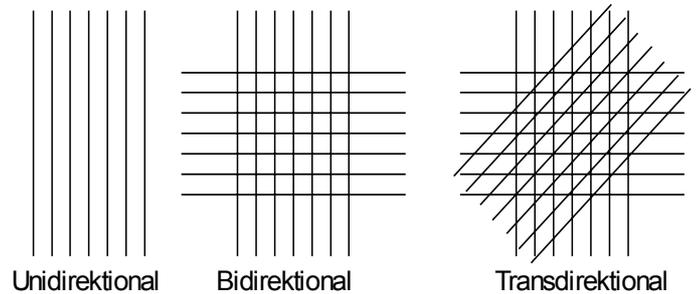
- Teuer
- Sehr kerbempfindlich

Wodurch muß dieser Nachteil ausgeglichen werden, um die Tragfähigkeit eines Bauteils bei gleicher zulässiger Verformung zu erhalten?

Festigkeitserhöhung (bei Al-Leg) durch:

- Zulegieren von Cu, Mo, Mg, Si
- Wärmebehandlung (Aushärten) für aushärtbare Leg.
- Kaltverfestigen bei nichtaushärtbaren Legierungen

Welche Arten von Faserverbundwerkstoffen gibt es (Faser- Orientierung!)?



Nennen Sie die Komponenten eines Faserverbundwerkstoffes

- zusammengesetzt aus hochfesten Fasern und elastischer Matrix
- Faser besteht aus:
 - Glas Festigkeit
 - Kohlenstoff Steifigkeit
 - Aramid Bruchdehnung
- Matrix Epoxydharz:
 - Umweltbeständigkeit
 - Rissempfindlichkeit

Erklären Sie, warum die Tragfähigkeit der Fasern nicht voll ausgeschöpft werden kann.

- Bei Konstruktion muss mögliche Instabilität beachtet werden: global, lokal.

Wovon hängt die Tragfähigkeit von Faserverbundwerkstoffen in erster Näherung ab?

- von Art, Menge und Anordnung des Verstärkungsmaterials

Welchen Vorteil bieten SAP- Legierungen gegenüber normalen Al- Legierungen?

- hohe Warmfestigkeit
- Eignung für Strangpressverfahren
- Bauteilherstellung durch Sintervorgang

Wovon hängt der erzielbare Effekt ab?

- Pulverförmiger Ausgangsstoff aus Al mit Legierungselementen in unterschiedlicher Körnung

Erkläre den Aufbau von homogenen und strukturierten Sandwich-Verbund-Strukturen!

Kernstruktur:

- *Homogener Kern* mit Schaumstofffüllung evtl. mit Stegen
- *Strukturierter Kern* mit Bienenwaben-, Tubus-, Wellenstruktur

Welche Werkstoffe kommen für die verschiedenen Struktur-Teile in Frage?

Unstrukturiert:

- Schaum

Strukturiert:

- Stahl, Aluminium

Erkläre den Begriff „Mikrokräftfluß“.

- Lokale quantitative Betrachtung des Kraftflusses an Spannungskonzentrationsstellen (z.B. an Kerben)

Erläutere den Begriff des Kraftflussmodells. Was versteht man unter Makro und Mikrokräftfluß ?

- Zur Veranschaulichung werden die wirkenden Kraftlinien in die Baugruppen/ Maschinenskizze eingezeichnet. Man unterscheidet hierbei zwischen Zug- Druck, Biegungs- und Torsionskräften.
- Unter Makrokräftfluß versteht man den Verlauf der Kraftlinien auf eine Baugruppe oder Maschine wirkenden Kräfte.
- Unter Mikrofluß versteht man den Kraftfluß auf einzelne Bauteile. Dabei werden vor allem Kerbwirkungen im Bauteil berücksichtigt.

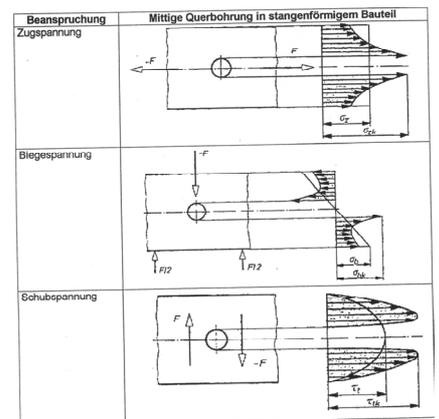
Auf einen Zugstab, ein Ringelement und ein Sichelträger wirke dieselbe Kraft F . Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Wanddicke d des Bauteils und dem Abstand x von der Wirkungslinie der Kraft F ?

- Wanddicke des Zugstabes: $d = 0,2 * x$
- Ringelement: $d = 0,5 * x$
- Sichelträger: $d = 2 * x$

Erkläre, wie sich die Kerbwirkung auf die Gestaltfestigkeit eines Bauteils auswirkt. Welche Rolle spielt dabei der Kerbradius ?

- Ist der Kerbradius $R = 0$ (spitzer Einstich in das Bauteil) so ist die Kerbspannung σ_K maximal
- Mit zunehmendem Kerbradius verkleinert sich die Kerbspannung σ_K

Skizziere die Spannungsverteilung an einem Bauteil mit Querbohrung und unterschiedlichen Belastungsformen



Wie lassen sich die Kerbspannungsverhältnisse bei Gewinden und Querbohrungen verbessern ?

- Gewinde: Erzeugung von Druckeigenspannung durch Kaltrollen
- Querbohrung: Erzeugung von Druckeigenspannung durch Aufweiten

Wie verhalten sich runde Profile bzgl. der Biege und Torsionssteifigkeit ? Bei welchem Querschnitt ist die Biege- bzw. Torsionssteifigkeit am kleinsten, bei welchen am Größten ?

- Ein Rundstab ist bzgl. der Biege und Torsionssteifigkeit am Ungünstigsten. Daher ist ein Hohlquerschnitt anzustreben, wobei mit zunehmendem Durchmesser und mit abnehmender Wandstärke die Biege bzw. Torsionssteifigkeit ansteigt.

Was ist zu beachten, wenn man die Beige und Torsionssteifigkeit von Bauteilen erhöhen will ?

- Geschlossene Profile und Werkstoffverlagerung von innen nach außen anstreben.

Erkläre die Lastverteilung im Bolzen bei Schraubenverbindungen. Wie ist die Mutter auszuführen, damit die Lastverteilung am Günstigsten ist ?

- Druckmutter: ungünstig, da hohe Belastung im ersten Gewindegang
- Zugmutter: günstiger, da gleichmäßigere Kräfteeinleitung

Wie kann man die Kantenpressung bei Lagerungen reduzieren ?

- Abstimmung der Verformbarkeit der Lagerelemente.

Welche in der Natur vorkommenden Leichtbaustrategien gibt es ?
 Nenne mindestens ein Beispiel für jede in der Natur vorkommende Leichtbaustrategie.

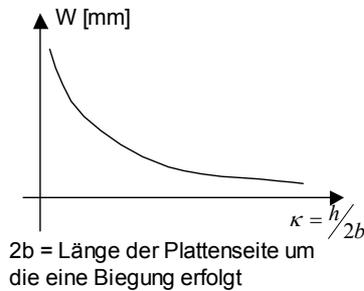
- a) Stützkonstruktion
 - Versteifungsprinzip eines Seerosenblattes
 - Struktur eines Schmetterlingsflügels
 - Struktur der Eischale eines Insekts
- b) Sandwichkonstruktionen
 - Schädel eines Säugetieres
 - Blatt einer Alge
 - Sandwichwabelement
- c) Faserverbundkonstruktionen
 - Bruchfläche eines Seeigelzahnes
 - Bruchfläche eines GFK- Werkstoffes

Nenne alle Prinzipien der Struktur-Optimierung bei der Bauteilgestaltung.

- a) Einfach gebogene Teile
- b) Gekrümmte Profile
- c) Ungleichmäßig abgekantete Teile
- d) Doppelt gekrümmte Teile

Erkläre die Strukturversteifung durch Krümmung am Beispiel einer ebenen Platte. Erkläre den Zusammenhang der Durchbiegung und der Überhöhung h der Platte anhand einer Skizze.

- bei zunehmender Höhe durch Krümmung der Platte nimmt die Durchbiegung ab.



Welche verschiedenen Formen von Sicken kennst du ? Nenne mindestens 3 !

- halbrunde Sicken
- Formsicken
- Kastensicken
- Trapezsicken
- Dreiecksicke

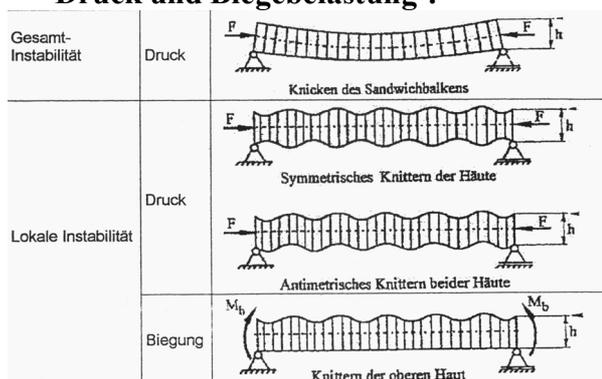
Welchen Einfluss hat die Sickenform auf das Flächenträgheitsmoment ? Zähle vier Sicken-formen in der Reihenfolge vom niedrigsten bis zum höchsten Flächenträgheitsmoment auf !

- Dreiecksicke
- halbrunde Sicke mit gerundeten Kanten
- halbrunde Sicke mit eckigen Kanten
- Kastensicke

Beschreibe das Aufbauprinzip von Verbundstrukturen und ihren Kernstrukturen

- Aufbau aus Zug- und schubfest verklebter Außenhaut und Kern.
- Material:
 - Haut: Al, Stahl, Verbundwerkstoff
 - Kern: Schaum (unstrukturiert), Waben (Strukturiert)
- spezielle Verbindungstechniken:
 - Kleben (dyn. Belastung eher gering)
 - Mech. Verbinden

Wie verhält sich der Sandwichbalken bei Druck und Biegebelastung ?



Stabilitätsfälle an Sandwichbalken

Nenne die Auswahlkriterien für Aluminium-Knetlegierungen.

- Zugfestigkeit in stranggepresstem Al-Pulver in Abhängigkeit vom Durchmesser der Al_2O_3 - Teilchen.
- Zugfestigkeit und Streckgrenze von stranggepresstem Al- Pulver in Abhängigkeit von der Temperatur.

Durch Zugabe welcher Materialien lassen sich die Materialeigenschaften von Verbundwerkstoffen verbessern ? Welchen Effekt hat die Zugabe dieser Materialien und welche Werkstoffkennwerte werden durch die Zusatzstoffmenge verbessert ?

- Thermoplaste:
($R_m = 80$ [Mpa]; $E = 3 \cdot 10^3$ [Mpa])

- Duomere:
($R_m = 90$ [Mpa]; $E = 3,5 \cdot 10^3$ [Mpa])

• **+30% Kreide**
→ $R_m = 80$ [Mpa]
→ E- Modul ca. $3 \cdot 10^3$ [Mpa]

• **+30% Glasfasern ungerichtet:**
→ $R_m = 110$ [Mpa]
→ E- Modul ca. $14 \cdot 10^3$ [Mpa]

• **+30% Talkum**
→ $R_m = 80$ [Mpa]
→ E- Modul ca. $7 \cdot 10^3$ [Mpa]

• **+60% Glasfasern, unidir.:**
→ $R_m = 60- 1300$ [Mpa]
→ E- Modul ca. $9 \cdot 10^3$ [Mpa]- $39 \cdot 10^3$ [Mpa]

• **+30% Kunstglasfasern:**
→ $R_m = 110- 180$ [Mpa]
→ E-Modul ca. $4 \cdot 10^3$ [Mpa]- $8 \cdot 10^3$ [Mpa]

• **+60% Kohlenstofffasern endl. unidir.:**
→ $R_m = 60- 1800$ [Mpa]
→ E-Modul ca. $8 \cdot 10^3$ [Mpa]- $140 \cdot 10^3$ [Mpa]

• **+30% Kohlenstoffkurzfasern:**
→ $R_m = 100- 210$ [Mpa]
→ E-Modul ca. $7 \cdot 10^3$ [Mpa]- $18 \cdot 10^3$ [Mpa]

Nenne mindestens 5 Blech-Verbindungstechniken!

- Falzen
- Schnappverbindung
- Verlappen
- Durchsetzfugen
- Rollen
- Nieten
- Stanznieten
- Blindnieten
- Nietmuttern und Bolzen
- Stanzmuttern und Bolzen

Nenne die Auswahlkriterien für moderne Konstruktionswerkstoffe.

- Gewicht
- Mech. Eigenschaften
- Kosten
- Lebensdauer

Nenne die Kenngrößen für die Werkstoffauswahl

- lineare Wärmeausdehnung
- linear- elast. Eigenschaften
- Streckgrenzenverhältnis
- Eigenschaften von Verbunden
z.B. unidirektionaler Verbund, es gilt $\epsilon_F \gg \epsilon_M$
z.B. Faser Volumen Anteil:

$$\phi_F = \frac{V_F}{V} = \frac{A_F \cdot l}{A \cdot l}$$

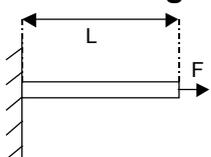
A_F = Querschnittsfläche ohne Faseranteil

A = Gesamtquerschnitt

Nenne eine Bewertungsmöglichkeit der Belastungsart bei Leichtbauwerkstoffen

- Einführung der Leichtbaukennziffer
- $LBK = \frac{\text{Tragfähigkeit}}{\text{Eigengewicht}}$ für jeden Belastungsfall

Wie errechnet man die Leichtbaukennziffer an einem Zugstab ?



$$LBK = \frac{\text{Tragfähigkeit}}{\text{Eigengewicht}}$$

$$\text{Eigengewicht} = \rho \cdot g \cdot A \cdot L$$

$$\text{Tragfähigkeit} : \sigma = \frac{F}{A} \leq R_{p0,2} \Rightarrow F = A \cdot R_{p0,2}$$

$$LBK_{\text{Zug}} = \frac{A \cdot R_{p0,2}}{\rho \cdot g \cdot A \cdot L}$$

$$\Rightarrow LBK_{\text{Zug}} = \frac{R_{p0,2}}{\rho \cdot (g \cdot L)}$$

Nenne 3 Beispiele für moderne Werkstoffe

- Al- Legierungen
- Sinter- Aluminium (SAP)
- Titan Legierungen
- Super Leicht Legierungen
- Verbundwerkstoffe

Beschreibe die Eigenschaften von Al- Legierungen.

- $\rho = 2700 \frac{kg}{m^3}$
- $\nu = 0,34$ (Querdehnzahl)
- $\varepsilon = 70000 \frac{N}{mm^2}$
- $\alpha = 23,5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K}$

Welche Vorteile bietet die Verwendung von Al- Legierungen ?

- gute Formbarkeit
- Festigkeitskennwerte von Stahl durch geeignete Behandlung erreichbar
- Hohe Zähigkeit
- Sehr gute Korrosionsbeständigkeit
- Gute Schweißbarkeit

Welche Manipulationsmöglichkeiten gibt es bei der Verwendung von Al- Legierungen ?

- Zulegieren von z.B. Cu, Mn, Mg, Si,... erhöht die Festigkeit
- Wärmebehandlung („Aushärten“) für aushärtbare Legierungen erhöht die Festigkeit
- Kaltverfestigung für nicht aushärtbare Legierungen erhöht die Festigkeit

Wie wird Sinter- Aluminium (SAP) hergestellt und welche Vorteile bietet die Verwendung dieses Werkstoffes ?

- pulverförmiger Ausgangsstoff aus Al mit Legierungselementen in unterschiedlicher Körnung
- Bauteil- Herstellung durch Sinter- Vorgang
- Hohe Warmfestigkeit
- Eignung für Strangpressverfahren

Beschreibe die Eigenschaften von Titan- Legierungen

- $\rho = 4300 \frac{kg}{m^3}$
- $\nu = 0,33$ (Querdehnzahl)
- $\varepsilon = 106000 \frac{N}{mm^2}$
- $\alpha = 8,3 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K}$

Welche Vorteile bietet die Verwendung von Titan- Legierungen ?

- relativ geringe Dichte
- sehr hohe Festigkeitswerte
- sehr gute chemische Beständigkeit
- sehr gute Korrosionsbeständigkeit
- geringe Wärmedehnung

Welche Nachteile bietet die Verwendung von Titan- Legierungen ?

- Teuer
- sehr kerbempfindlich

Woraus bestehen Super- Leicht- Legierungen und welche Vorteile bieten sie ?

- Zulegierung von Lithium (Li, $\rho \approx 530 \frac{kg}{m^3}$) und Magnesium zum Grundwerkstoff Al
- Bruchzähigkeit wird stark erhöht
- Erhöhung des E- Moduls auf ca. $83000 \frac{N}{mm^2}$

Woraus setzen sich Verbundwerkstoffe zusammen ?

- Zusammensetzung aus hochfesten Fasern und elastischer Matrix
- Als Faserkomponente verwendete Werkstoffe:
 - Glas (G) → Festigkeit
 - Kohlenstoff (C) → Steifigkeit
 - Aramid → Bruchdehnung
- elastische Matrix:
 - Matrix- Epoxyd- Harz → Umweltbeständigkeit, Rissempfindlichkeit

Was muss bei der Konstruktion mit Verbundwerkstoffen beachtet werden ?

- mögliche Instabilität (global, lokal)
- Krafteinleitung nur über entsprechende Verstärkungen

Erklären Sie in groben Zügen das Prinzip der Finite-Elemente- Methode !

Verschiebungsvektor in Abhängigkeit von x, y, z an jedem Punkt des Körpers für die aktuellen Systembedingungen (Geometrie, Material) und Randbedingungen (Kräfte, Lager)

Was versteht man unter Ansatzfunktionen?

- unter Ansatzfunktion versteht man eine Funktion, die den Verformungszustand im Element möglichst genau beschreibt

Welche Bedeutung hat die Gesamtsteifigkeitsmatrix [K]?

- die Steifigkeitsmatrix beschreibt die elastischen Eigenschaften des Körpers

Welche Informationen werden zur Berechnung der Gesamtsteifigkeitsmatrix benötigt?

- Körpergeometrie
- Material

Welche Möglichkeiten hat man, die Genauigkeit der FE-Berechnung eines Bauteils zu Erhöhen?

- 1. Möglichkeit:
Unterteilung in kleinere Elemente, d.h. mehr Knoten (h- Methode) → Ansys
- 2. Möglichkeit:
Genauere Ansatzfunktionen mit höherem Polynomgrad (p- Methode) → Pro Mechanica

Beschreibe die bei der FE- Methode angewandten Lösungswege

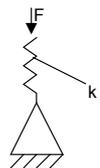
- Idealisierung (z.B. Stabfachwerke, Balken, usw.)
- Numerische (diskrete) Methoden
- Unterteilung des Körpers in viele kleine, durch Knoten verbundene Teile („finite Elemente“)
- Berechnung der Verschiebungen $\vec{u}_d(x, y, z)$ an den Knotenpunkten.
- Wählen einer Ansatzfunktion $\vec{u} = [\phi] \vec{u}_d$, die den Verformungszustand im Element möglichst gut beschreibt.

Welche Lösungsergebnisse erhält man durch die FE- Methode ?

- Theorie liefert analytische Funktionen für $\vec{v}(x, y, z)$ (z.B. Biegelinie für Balken)
- Numerik liefert diskrete Werte an vorher definierten Stützstellen 1 bis i ($x, y, z = \text{konst.}$)

Wodurch werden elastische Eigenschaften eines Körpers beschrieben ?

- Eindimensionaler Fall:



- Analog zum eindimensionalen Fall gilt allgemein: $\vec{F} = [k] \cdot \vec{v}$, wobei k abhängig von Körpergeometrie und Material ist.

**Wie kann man die
Berechnungsgenauigkeit bei der FE-
Methode verbessern ?**

- 1. Möglichkeit: Unterteilung in kleinere Elemente, d.h. mehr Knoten (h-Methode)
→ Ansys
- 2. Möglichkeit: Genauere Ansatzfunktionen mit höherem Polynomgrad (p-Methode)
→ Pro Mechanica