

Aufgabe I

1. Technische Mechanik und Produktentwicklung

Die baden-württembergische Firma ScoolScoot möchte einen Elektro-Scooter auf den Markt bringen. Dieser soll in allen Belangen höchsten Ansprüchen gerecht werden. Er soll für ein Gewicht von 150 kg zugelassen sein und eine Gesamtlänge von 90,0 cm haben. Um eine hohe Flexibilität beim Transport zu erreichen, soll er zusammenklappbar sein.

- a) Bei der Dimensionierung des Trittbretts wird der Vorschlag gemacht, eine Aluminiumplatte mit den Maßen 700 mm x 100 mm x 20 mm einzubauen. **(5 VP)**
- Stellen Sie rechnerisch dar, dass das Flächenträgheitsmoment I $66,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$ beträgt.
 - Berechnen Sie die maximale Durchbiegung unter folgenden Annahmen:
 - Auftretende dynamische Kräfte beim Fahren müssen durch eine Verdopplung der maximalen Traglast berücksichtigt werden.
 - Zur Vereinfachung sei das Trittbrett als einfacher Träger mit einer in der Mitte angreifenden Punktlast dargestellt (siehe **Abb. 1**).

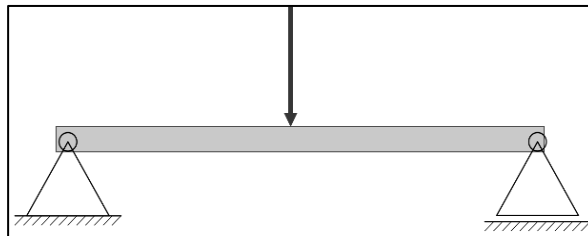


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung des Trittbretts als Träger

Aufgabe I

b) In einem zweiten Entwurf entscheidet man sich bei der Konstruktion des Trittbretts anstelle des Rechteck-Vollprofils für ein nach unten geöffnetes U-Profil (siehe **Abb. 2**). Dies reduziert die Durchbiegung des Profils auf ein Zehntel. **(5 VP)**

- Erklären Sie diesen Effekt.
- Begründen Sie die nach unten geöffnete Ausrichtung des U-Profils im Vergleich zum Rechteck-Vollprofil.

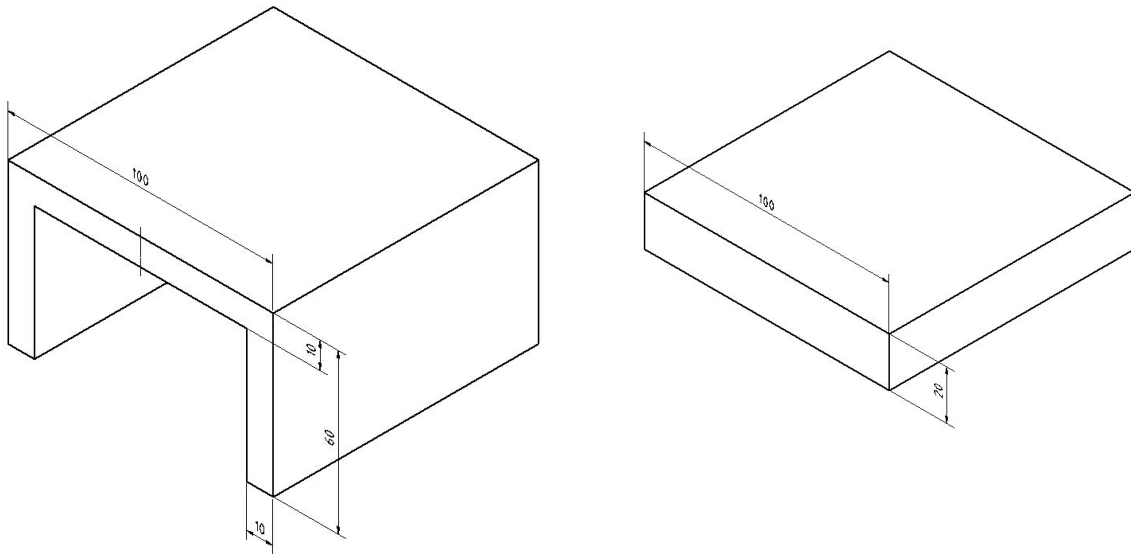


Abbildung 2: Profilvarianten für das Trittbrett

Aufgabe I

Trittläche, Gabel und Lenker bestehen aus Aluminium. In einem Zugversuch wurde der Werkstoff überprüft und Kennwerte aufgenommen (siehe **Abb. 3**).

- c) Beschreiben Sie das in Abbildung 3 dargestellte Verhalten des Werkstoffs in den unterschiedlichen Bereichen. **(4 VP)**

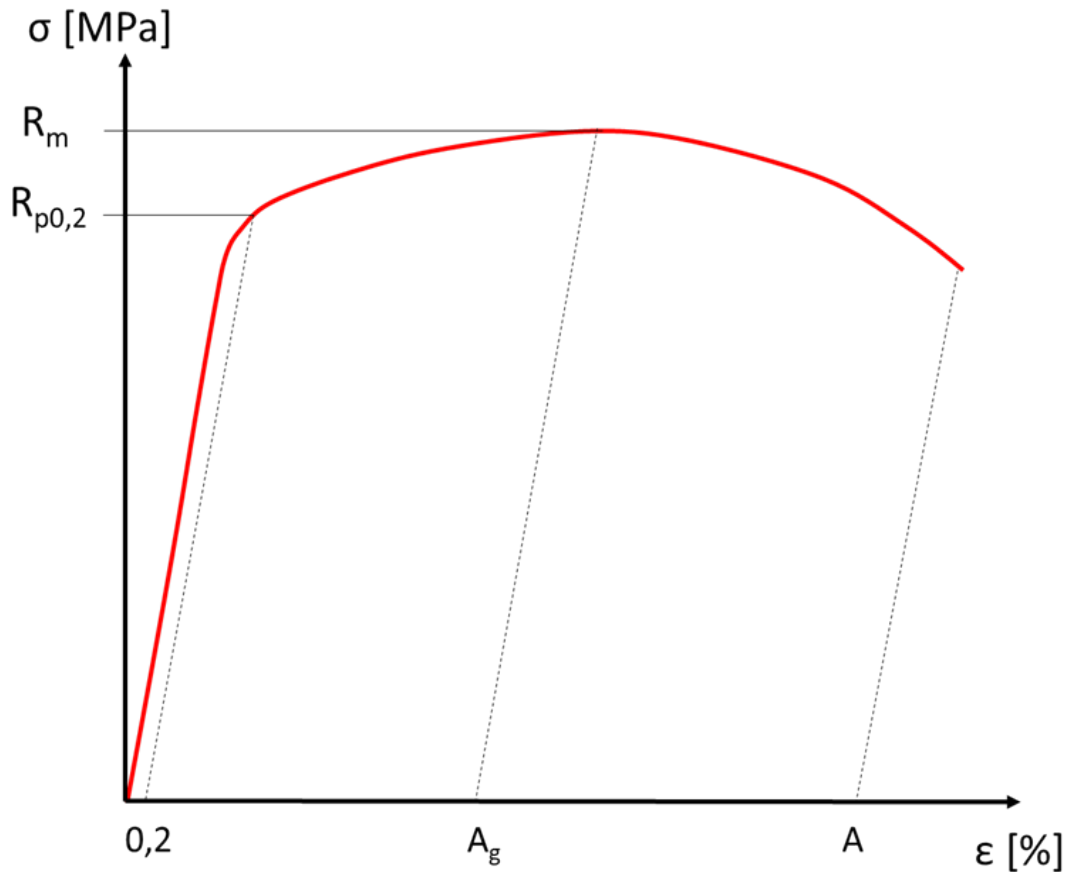


Abbildung 3: Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Aluminium

Durch die hohen mechanischen Kräfte, die auf den Klappmechanismus mit Arretierung wirken, wird diesem eine besondere Aufmerksamkeit während der Produktentwicklung gewidmet.

- d) Nennen Sie die Grundregeln der Gestaltung und die daraus resultierenden Anforderungen an den Klappmechanismus aus Anwendersicht. **(3 VP)**
- e) Beschreiben Sie Einsatzmöglichkeiten von CAD-Programmen bei der Produktentstehung. **(3 VP)**

Aufgabe I

2. Antrieb, Energie und Regelung

Der E-Scooter soll eine erwachsene Person auf eine maximale Geschwindigkeit von 20 km/h beschleunigen können. Dazu muss der Antrieb und die Energieversorgung passend entwickelt und die Maximalgeschwindigkeit exakt gehalten werden. Für einen gehobenen Fahrkomfort wird ein Lufrad mit 20 cm Durchmesser verwendet.

- a) Der Hersteller hat einen bürstenlosen Gleichstrommotor in Form eines Nabenmotors mit Planetengetriebe entwickelt und das Rad mit einem luftgefüllten Reifen ausgestattet (siehe **Abb. 4**).

Beschreiben Sie, wie die Vorderrad-Komponenten den E-Scooter antreiben. Gehen Sie dabei auch auf die Aspekte Drehmoment und Drehzahl ein. **(5 VP)**

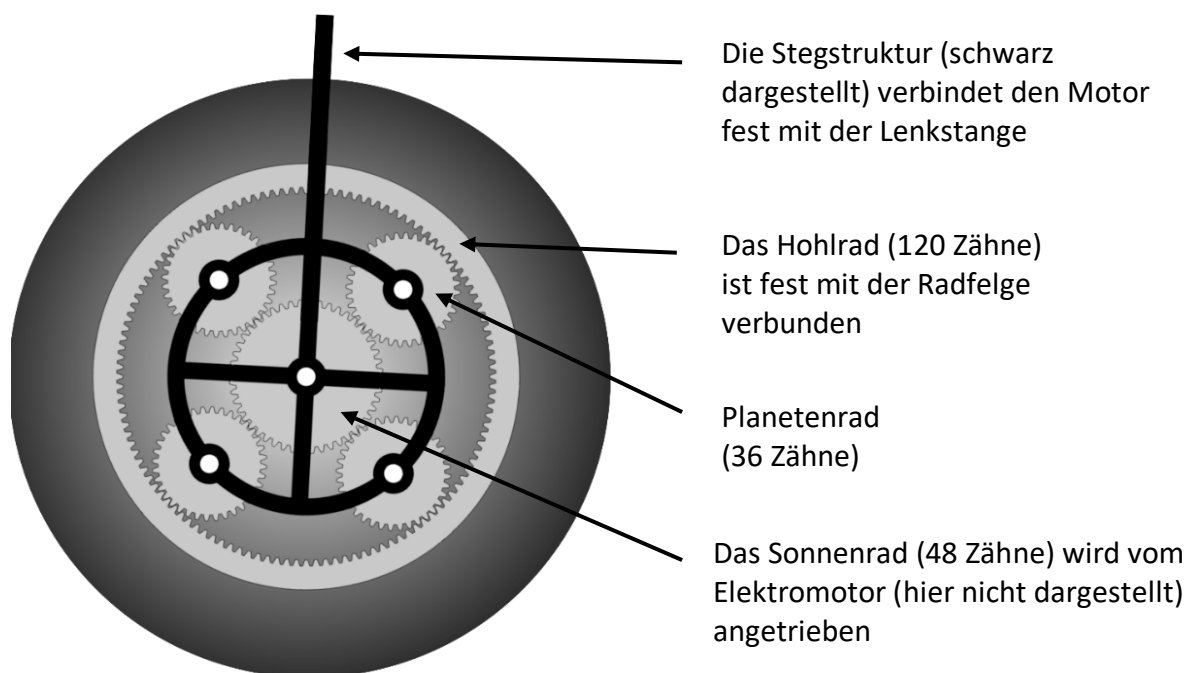


Abbildung 4: Wesentliche Komponenten des Vorderrads

Aufgabe I

Für den Antrieb des E-Scooters wird ein Motor des Typs SYM-36-202N genutzt (Kenndaten siehe **Abb. 5**). Die Energieversorgung soll über einen modernen Lithium-Polymer-Akku, welchen es in den Ausführungen 24V, 36V und 48V gibt, realisiert werden.

- b) Erstellen Sie die $n(M)$ -Kennlinien des Motors und begründen Sie anhand dieser, welchen Akku Sie für ihren E-Scooter empfehlen. **(7 VP)**
- c) Schätzen Sie die benötigte Kapazität des Akkus ab. **(2 VP)**

Datenblatt: Motor Typ SYM-36-202N	
Leerlaufdrehzahl bei 48V	2064
Nenndrehzahl	1900
Nennmoment	4,3 Nm
max. Wirkungsgrad	85%
Drehzahlkonstante	$43 \frac{1}{\text{min} \cdot \text{V}}$
Kennliniensteigung	$38 \frac{1}{\text{min} \cdot \text{Nm}}$

Abbildung 5: Kenndaten des verwendeten Elektromotors

- d) Handelsübliche E-Scooter verfügen über einen Tempomat. Dieser beschleunigt ihn auf eine bestimmte Geschwindigkeit und hält diese dann bei. Mit einem Mikrocontroller soll dies nun für oben beschriebenen Scooter und seine Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h realisiert werden. Als Sensor für die Geschwindigkeitsmessung steht ein Reed-Kontakt zur Verfügung. **(6 VP)**
- Entwickeln Sie einen möglichen Programmablaufplan für eine 2-Punkt-Regelung.
 - In der Praxis kommen 2-Punkt-Regler für einen solchen Zweck nicht zum Einsatz.
Wählen Sie einen passenden stetigen Regler aus und begründen Sie ihre Wahl.

Aufgabe I

3. Forschen und Technikethik

Als potentieller Käufer eines E-Scooters ist die Angabe der maximalen Reichweite ein zentrales Kaufkriterium. Für eine spätere gute Bewertung eines E-Scooters sollte diese Angabe unbedingt mit den realen Werten übereinstimmen.

Sie werden beauftragt, die Angaben zur maximalen Reichweite der am Markt befindlichen E-Scooter mit einer Studie zu überprüfen. Ziel dieser Studie soll eine möglichst realistische Angabe sein, um diese mit den Herstellerangaben zu vergleichen.

a) Beschreiben Sie die Gütekriterien einer wissenschaftlichen Studie. **(3 VP)**

b) Planen Sie als Teil einer solchen Studie eine Untersuchung zu einem Parameter, der die maximale Reichweite maßgeblich beeinflusst. **(7 VP)**

Nicht selten stellen Konsumenten bei der Nutzung einen deutlichen Unterschied zwischen Herstellerangaben und den realen Werten z. B. zur Leistungsfähigkeit oder des Energiebedarfs von technischen Produkten fest. Neben den gesetzlichen Bestimmungen stellt sich generell auch eine ethisch ausgerichtete Frage: „Sollen die Hersteller technischer Produkte in Haftung genommen werden, wenn die technischen Angaben nicht unter realen Nutzungsbedingungen eingehalten werden?“.

c) Stellen Sie mit Hilfe von Material **M1** die Ziele, Interessen und Mittel der beteiligten Akteure dar.

Als zu beachtende Akteure werden Konsumenten, Hersteller und die Bundesregierung als Gesetzgeber festgelegt.

(6 VP)

d) Beschreiben Sie die sich abzeichnenden Wertekonflikte. **(4 VP)**

Aufgabe I

M1: Überblick über Werte technischen Handelns nach VDI-Norm sowie Darstellung des Werteoktogens mit häufig förderlichen und konkurrierenden Beziehungen

Funktionsfähigkeit

Brauchbarkeit, Machbarkeit

Wirksamkeit

Perfektion

- Einfachheit
- Robustheit
- Genauigkeit
- Zuverlässigkeit
- Lebensdauer

Technische Effizienz

- Wirkungsgrad
- Stoffausnutzung
- Produktivität

Wirtschaftlichkeit

Kostenminimierung

Gewinnmaximierung

Unternehmenssicherung

Unternehmenswachstum

Wohlstand

Bedarfsdeckung

quant. / qual. Wachstum

Internationale

Konkurrenzfähigkeit

Vollbeschäftigung

Verteilungsgerechtigkeit

Persönlichkeitsentfaltung und

Gesellschaftsqualität

Handlungsfreiheit

Informations- und Meinungsfreiheit

Kreativität

Privatheit und informationelle

Selbstbestimmung

Beteiligungschancen

Soziale Kontakte und soziale Anerkennung

Solidarität und Kooperation

Kulturelle Identität

Minimalkonsens

Ordnung, Stabilität und Regelmäßigkeit

Transparenz und Öffentlichkeit

Gerechtigkeit

Gesundheit

Körperliches Wohlbefinden

Psychisches Wohlbefinden

Steigerung der Lebenserwartung

Minimierung von unmittelbaren

und mittelbaren

gesundheitlichen Belastungen

- in der Berufsarbeit

- in der privaten Lebensführung

- durch umweltbelastende

Produkte und

Produktionsprozesse

Umweltqualität

Landschaftsschutz

Artenschutz

Ressourcenschonung

Minimierung von

Emissionen,

Immissionen und

Deponaten

Sicherheit

Körperliche Unversehrtheit

Lebenserhaltung des Einzelnen / der

Menschheit

Minimierung des Risikos

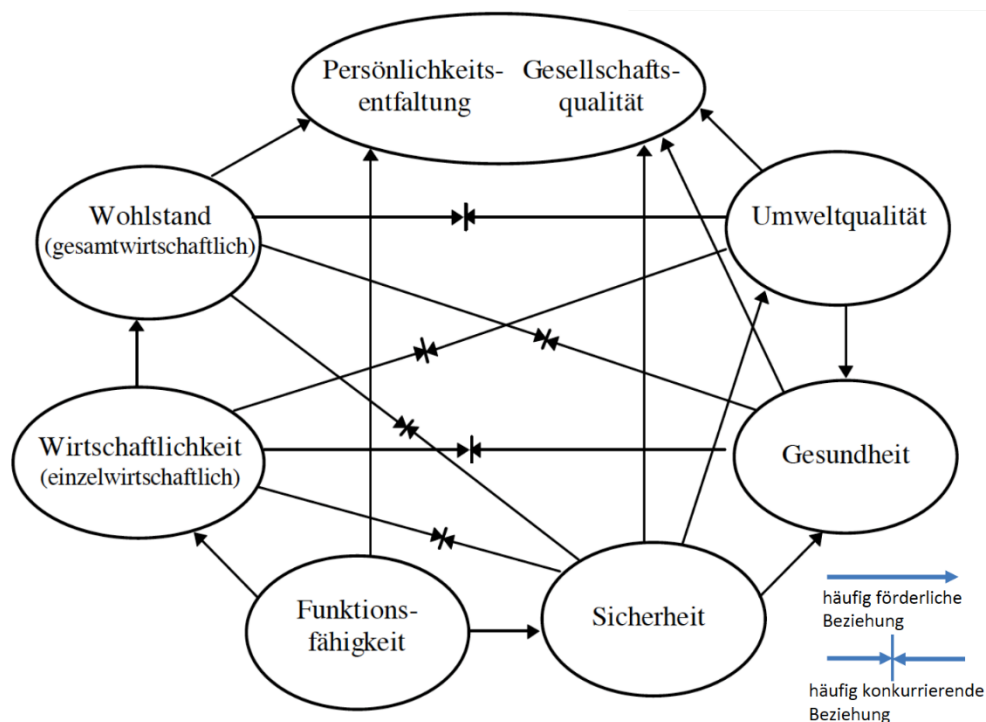
(Schadensumfang und

Eintrittswahrscheinlichkeit)

- des Betriebsrisikos

- des Versagensrisikos

- des Missbrauchsrisikos



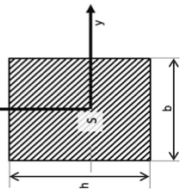
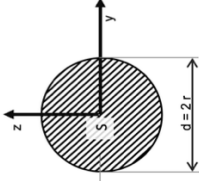
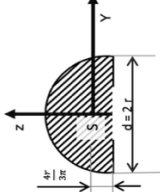
Aufgabe I

M2: Werkstoffkennwerte

Werkstoff	Elastizitätsmodul E kN/mm ² = GPa	Poissonzahl	Längen- ausdehnungs- koeffizient 10 ⁻⁶ /K	Dichte Kg/dm ³	Zugfestigkeit R _m N/mm ² = MPa
Metall					
Aluminium	72,2	0,34	23,9	2,7	40...160
Al-Legierungen	59 ... 78	0,33 ...0,34	18,5...24,0	2,6...2,9	300...700
Blei	16	0,44	29,1	11,34	10...20
Bronze	108	0,35	16,8...18,8	7,2...8,9	300...320
Eisen	206	0,28	11,7	7,86	300
Gold	79	0,42	14,2	19,3	130...300
Gusseisen	64 ... 81	0,24 ...0,29	9 ...12	7,1...7,4	140...490
Kupfer	125	0,35	16,86	8,93	200...230
Magnesium	44	0,33	26,0	1,74	150...200
Messing	78 ... 123	0,35	17,5...19,1	8,3...8,7	140...780
Messing (60% Cu)	100	0,36	18	8,5	200...740
Nickel	167	0,31	13,3	8,86	370...800
Ni-Legierungen	158 ... 213	0,31	11 ...14	7,8...9,2	540...1275
Platin	170	0,22	9,0	21,5	220...380
Silber	80	0,38	19,7	10,5	180...350
Stahl, unlegiert	210	0,3	12	7,85	300...700
Stahl, legiert	186 ... 216	0,2 ...0,3	9 ...19	7,8...7,86	500...1500
X5CrNi18-10	190	0,27	16	7,9	500...700
100Cr6, gehärtet	208	0,30	12	7,85	2000...2400
Titan	105	0,33	8,35	4,5	300...740
Zink	94	0,25	29	7,14	100...150
Zinn	55	0,33	21,4	7,29	15...30

Aufgabe I

M3: Festigkeitsberechnung und Flächenmomente

Axiale Flächen- und Widerstandsmomente	Axiale Flächenmomente 2. Grades und Widerstandsmomente werden berechnet mit:	
Rechteck 	$I_y = \frac{b h^3}{12} = A \frac{h^2}{12}$ $I_z = \frac{h b^3}{12} = A \frac{b^2}{12}$	$W_y = \frac{b h^2}{6} = A \frac{h}{6}$ $W_z = \frac{h b^2}{6} = A \frac{b}{6}$
Kreis 	$I_y = I_z = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{A r^2}{4}$	$W_y = W_z = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi r^3}{4} = \frac{A r}{4}$
Halbkreis 	$I_y = \left(\frac{\pi}{6} - \frac{8}{9\pi}\right) r^4$ $I_z = \frac{\pi r^4}{8} = \frac{A r^2}{4}$	$W_y = 0,1902 r^3$ $W_z = \frac{\pi r^3}{8} = \frac{A r}{4}$

Gleichung der elastischen Biegelinie

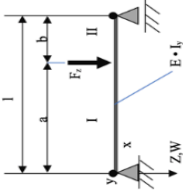
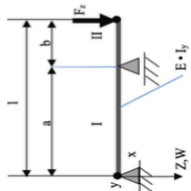
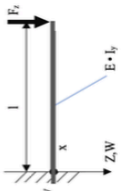
Für die Gleichungen $w(x)$ der elastischen Biegelinie gilt:

$$w''(x) = - \frac{M_{by}(x)}{E \cdot I_y(x)}$$

und:

$$I_y(x) = \text{const.}$$

Hiermit erhält man:

System	Gleichung der elastischen Linie $w(x)$	$w_{\max}$
	$w_I = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(2 \frac{a \cdot x}{l^2} - 3 \frac{a^2 \cdot x}{l^3} + \frac{a^3 \cdot x}{l^4} + \frac{a \cdot x^3}{l^4} - \frac{x^3}{l^3} \right)$ $w_{II} = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(-\frac{a^3}{l^3} + 2 \frac{a \cdot x}{l^2} + \frac{a^3 \cdot x}{l^4} - \frac{a \cdot x^2}{l^3} + \frac{a \cdot x^3}{l^4} \right)$	$w(a) = \frac{F_z \cdot a^2 \cdot b^2}{3 E \cdot I_y \cdot l}$ a>b $w_{I,\max}$ bei $x = \sqrt{\frac{2a}{3l} - \frac{a^2}{3l^2}}$ a<b $w_{II,\max}$ bei $x = l - \sqrt{\frac{l}{3} - \frac{a^2}{3l^2}}$
	$w_I = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(\frac{a \cdot x}{l^2} - \frac{a^2 \cdot x}{l^3} - \frac{x^3}{a \cdot l^2} + \frac{x^3}{l^3} \right)$ $w_{II} = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(\frac{a^2}{l^2} - 4 \frac{a \cdot x}{l^2} + \frac{a^2 \cdot x}{l^3} + 3 \frac{x^2}{l^2} - \frac{x^3}{l^3} \right)$	$w_{I,\max} = \frac{\sqrt{3} \cdot F_z \cdot a^2 \cdot b}{27 E \cdot I_y}$ $w_{II,\max} = \frac{F_z \cdot l \cdot b^2}{3 E \cdot I_y}$
	$w = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(3 \frac{x^2}{l^2} - \frac{x^3}{l^3} \right)$	$w_{\max} = \frac{F_z \cdot l^3}{3 E \cdot I_y}$