TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Übungsaufgaben zur Klausurvorbereitung WS23/24 - Fragebogen

Die Aufgaben sind an eine Altklausur angelehnt, können aber stellenweise in Inhalt und Form abweichen.

Hinweis zur Bearbeitung:

Bei der Beantwortung der Fragen ist zu beachten, dass **ausschließlich** das Ankreuzen der dafür vorgesehenen Kästchen auf dem **Antwortbogen** als Antwort gewertet wird. Es ist immer nur **eine** Antwortmöglichkeit richtig. Markierungen von Formeln, Wörtern, Bildern, usw. auf dem Fragebogen werden nicht berücksichtigt, sondern nur die zugehörigen Kästchen auf dem Antwortbogen. Beachten Sie auch das gezeigte Beispiel zur Markierung und zur Korrektur auf dem Antwortbogen.

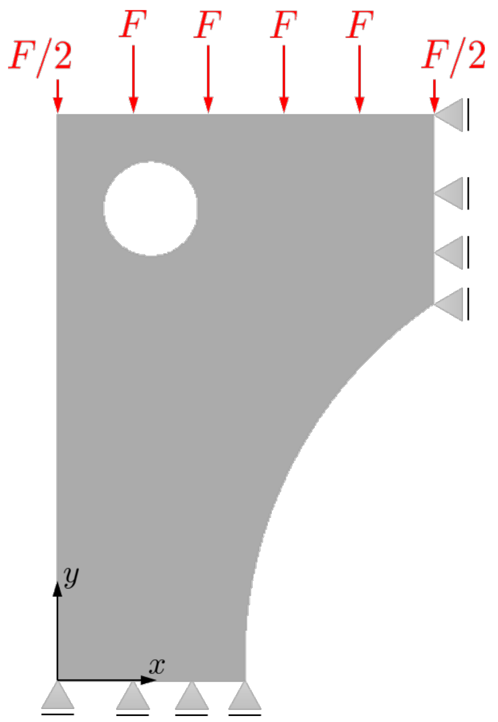
Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 1 - Computer-Simulationen

Mittels der Finite-Elemente-Methode (FEM) wurden u.a. die Reaktionskräfte des hier dargestellten Systems berechnet. Die Geometrie des Systems (z.B. Abmessungen, Position der Auflager und Kräfte) sei vollständig bekannt, ebenso der Wert für F. Welche Aussage ist in diesem Zusammenhang korrekt? (**1,0 Punkte**)



a) Die berechneten Auflagerkräfte können **allein** mit den Gleichgewichtsbedingungen aus der Statik auf Plausibilität geprüft werden.

b) Die Auflagerreaktionen können **allein** mit den Gleichgewichtsbedingungen aus der Statik **eindeutig** berechnet werden.

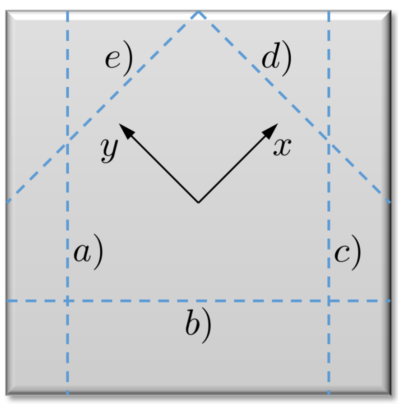
c) Das System ist statisch bestimmt.

d) Die Gleichgewichtsbedingungen aus der Statik gelten nur für linear elastisches Materialverhalten.

e) An jedem mit einem Lagersymbol versehenen Randpunkt wirkt jeweils eine Auflagerkraft in x- und y-Richtung.

Aufgabe 2 - Schnittprinzip

Für ein Blech wurde der Spannungszustand gemäß dem vorgegebenen Koordinatensystem in einem Punkt ermittelt. Die gezeigte Fläche stellt einen unendlich kleinen Bereich um diesen Punkt dar. Auf welcher der angedeuteten Schnittkanten a) bis e) sind die Spannungen σ_{xx} und τ_{yx} definiert? (**1,0 Punkte**)

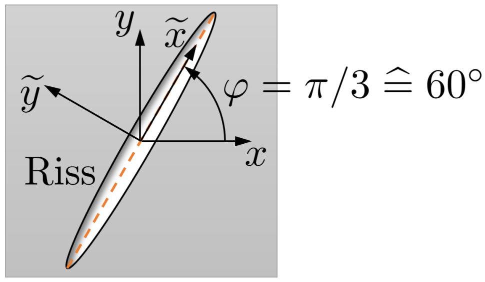


TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 3 - Mikroriss

Bei einer Routine-Untersuchung wurde an einer Stelle eines Flugzeug-Tragflügels ein Mikro-Riss entdeckt, welcher entlang der um $\pi/3$ gedrehten $\widetilde{x}$-Achse verläuft. Für die Gefahr einer Ausbreitung des Risses soll dabei die Normalspannung **senkrecht** zu dessen Orientierung als relevant gelten. Für die Beanspruchung des Tragflügels an dieser Position im Einsatz wurde der Spannungszustand



$$\boldsymbol{\sigma} = \begin{bmatrix} -50 & 100 \\ 100 & 250 \end{bmatrix} \text{ MPa}$$

bzgl. des x,y-Koordinatensystems ermittelt.

3.1

Welche der folgenden Spannungen ist hier relevant zur Einschätzung der Gefährdung einer weiteren Riss-Ausbreitung und welcher Zahlenwert ist für diese korrekt? (**2,0 Punkte**)

a) $\sigma_{\widetilde{x}\widetilde{x}} = 261{,}6030$ MPa
b) $\sigma_{\widetilde{y}\widetilde{y}} = 88{,}3975$ MPa
c) $\sigma_{\widetilde{x}\widetilde{y}} = 79{,}9038$ MPa
d) $\sigma_{\widetilde{y}\widetilde{y}} = -61{,}6025$ MPa
e) $\sigma_{\widetilde{x}\widetilde{y}} = 179{,}9040$ MPa
f) $\sigma_{\widetilde{x}\widetilde{x}} = -79{,}9038$ MPa

3.2

Welche Schlussfolgerung folgt aus den Vorgaben und der Lösung unter 3.1? Ich stufe die Gefährdung durch eine weitere Rissausbreitung als … (**1,0 Punkte**)

a) hoch ein, da die relevante Spannung eine Druckspannung ist.

b) niedrig ein, da die relevante Spannung eine Druckspannung ist.

c) hoch ein, da die relevante Spannung eine Zugspannung ist.

d) niedrig ein, da die relevante Spannung eine Zugspannung ist.

e) hoch ein, da die relevante Spannung eine Schubspannung ist.

f) niedrig ein, da die relevante Spannung eine Schubspannung ist.

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 4 - Ebener Spannungszustand

In welchem der folgenden Fälle darf **unter keinen Umständen** von einem Ebenen Spannungszustand (ESZ) in einem Punkt auf der Oberfläche der jeweils genannten Struktur ausgegangen werden? (**1,0 Punkte**)

a) Blech

b) dünnwandiger Druckbehälter

c) Tragflügel

d) Außenhülle eines Flugzeugs

e) massives Maschinenfundament

Aufgabe 5 - Mohrscher Spannungskreis

5.1

Welche der folgenden allgemeinen Aussagen ist **nicht** korrekt? (**1,0 Punkte**)

a) Ausgehend von einem gegebenen Spannungszustand repräsentiert der Mohrsche Kreis sämtliche Spannungszustände, die sich aus einer Drehung des zugrundeliegenden Koordinatensystems in der betrachteten Ebene ergeben.

b) Anhand des Mohrschen Kreises lassen sich ausgehend von einem gegebenen Spannungszustand die Hauptspannungen (zumindest approximativ) bestimmen.

c) Mit Hilfe des Mohrschen Kreises können die Spannungszustände in beliebigen Punkten einer beliebig belasteten und beliebig gelagerten Struktur berechnet werden.

d) Mit Hilfe des Mohrschen Kreises lassen sich ausgehend von einem gegebenen Spannungszustand extremale Schubspannungen (zumindest approximativ) bestimmen.

e) Die mathematisch hergeleiteten Formeln z.B. zur Berechnung der Hauptspannungen lassen sich anhand des Mohrschen Kreises auch intuitiv und rein grafisch nachvollziehen.

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

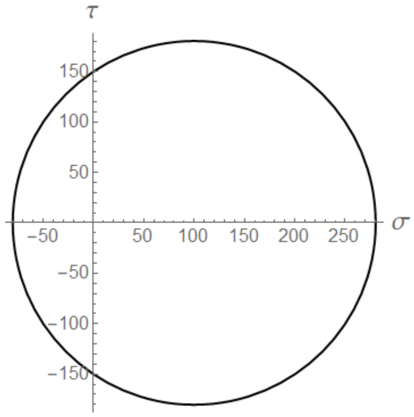
5.2

Welcher der nachfolgenden Mohrschen Spannungskreise repräsentiert den durch die Matrix

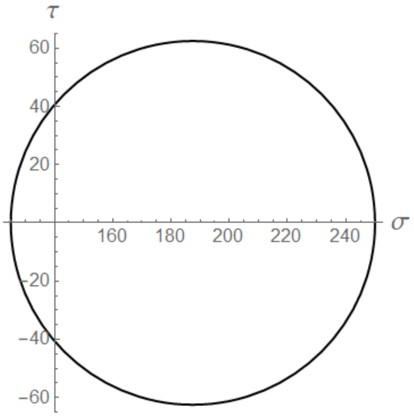
$$\boldsymbol{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{xy} \\ \tau_{xy} & \sigma_{yy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -50 & 100 \\ 100 & 250 \end{bmatrix} \text{ MPa}$$

in einem kartesischen Koordinatensystem gegebenen Spannungszustand? (**2,0 Punkte**)

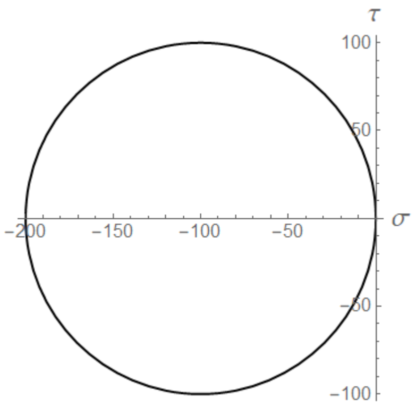
a)



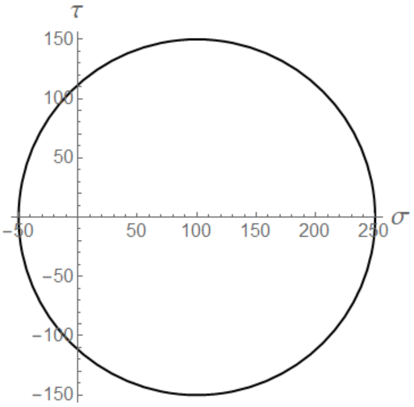
b)



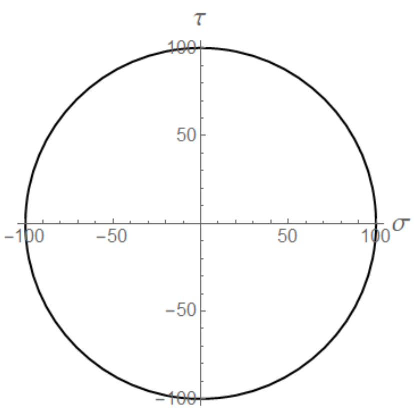
c)



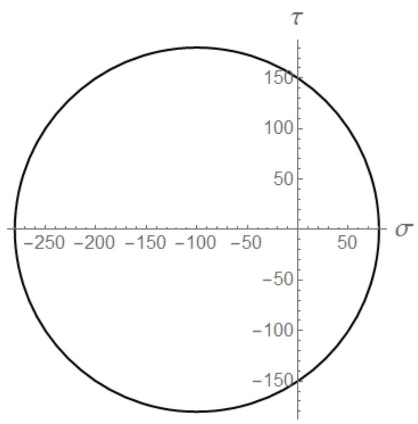
d)



e)



f)



TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

5.3

Welche der nachfolgenden Aussagen ist bezogen auf den unter 5.2 vorgegebenen Spannungstensor **nicht** korrekt? (**2,0 Punkte**)

a) Die Hauptspannungen haben ungefähr die Werte $\sigma_1 \approx 280$ MPa und $\sigma_2 \approx -80$ MPa.

b) Die maximale Schubspannung erhält man in diesem Fall ausgehend vom Hauptspannungszustand in der x,y-Ebene durch eine Rotation des Hauptachsensystems um die y-Achse.

c) Der Mittelpunkt des Mohrschen Kreises liegt bei $\sigma = 100$ MPa und $\tau = 0$ MPa.

d) Die maximale Schubspannung beträgt hier $\tau_{\max} \approx 180$ MPa

e) Das Koordinatensystem ist um $\approx 17°$ entgegen des Uhrzeigersinns zu drehen, um den Hauptspannungszustand zu erreichen.

TU Dortmund

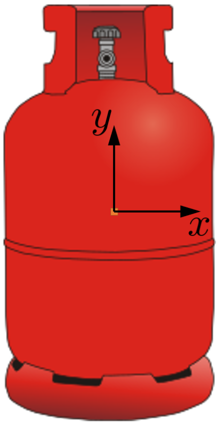
Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 6 - Druckbehälter

Die Wandstärke s des hier dargestellten Druckbehälters mit Innenradius $r = 75$ mm soll derart ausgelegt werden, dass der Behälter einem Innenüberdruck von

$$\Delta p = 25 \text{ MPa}$$

standhält. Prozessbedingt sind die herstellbaren Wandstärken dabei auf die nachfolgend genannten Werte beschränkt, die Produktionskosten sind als proportional zur gefertigten Wandstärke anzusehen. Als Material soll ein Grauguss mit $\sigma_{\text{zul}} = 225$ MPa verwendet werden.



Hinweis: Wählen Sie ein geeignetes Versagenskriterium für das zu verwendende Material.

Für welche Wandstärke entscheiden Sie sich? (**3,0 Punkte**)

a) 4,0 mm	b) 4,5 mm	c) 5,0 mm	d) 5,5 mm
e) 6,0 mm	f) 6,5 mm	g) 7,0 mm	h) 7,5 mm
i) 8,0 mm	j) 8,5 mm	k) 9,0 mm	l) 9,5 mm

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 7 - Dehnungen

Welche der nachfolgenden allgemeinen Aussagen zu Dehnungen ist korrekt? (**1,0 Punkte**)

a) Dehnungen können direkt durch geeignete Methoden ohne die Notwendigkeit weiterer Umrechnungen oder Annahmen gemessen werden.

b) Die exakte Verschiebung eines Systems lässt sich alleine aus den bekannten Dehnungen ohne Berücksichtigung der Lagerungsbedingungen berechnen.

c) Dehnungen eignen sich nicht zur Beurteilung der Verformung von Systemen.

d) Die Dehnung eines Stabs kann immer mit $\varepsilon = \Delta l / l_0$ berechnet werden.

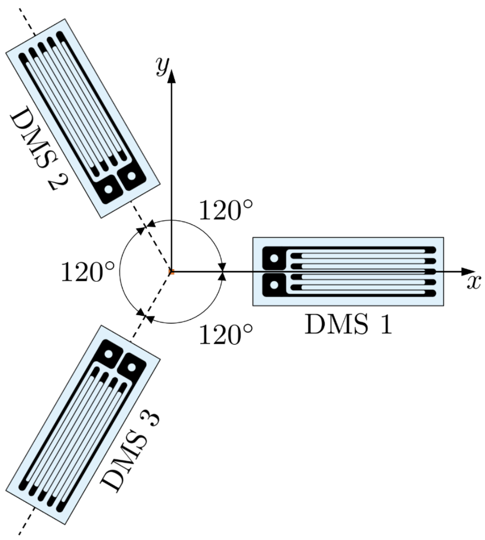
e) Dehnungen können nicht direkt gemessen und müssen aus anderen gemessenen Größen abgeleitet werden.

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 8 - Dehnungsmessstreifen

Auf der Oberfläche eines dünnen Bauteils wurde bei vernachlässigbarer Belastung in z-Richtung mit Hilfe der hier dargestellten Anordnung von Dehnungsmessstreifen der Dehnungszustand bestimmt. Aus den Analysen sind noch folgende Daten bekannt:



- $\varepsilon_{\mathrm{DMS1}} = 0{,}002000$
- $\varepsilon_{\mathrm{DMS2}} = -0{,}000750$
- $\varepsilon_{xy} = 0{,}000350$

Die Daten sollen später für einen Spannungsnachweis verwendet werden, allerdings sind die Dehnungen ε_{xx}, ε_{yy} und $\varepsilon_{\mathrm{DMS3}}$ nicht mehr auffindbar.

8.1

Berechnen Sie den Wert, der sich aus der Messung für ε_{xx} ergibt. (**1,0 Punkte**)

a)	0,003894	b)	−0,002000	c)	−0,000750
d)	0,001053	e)	0,000350	f)	0,002000

8.2

Berechnen Sie den Wert, der sich aus der Messung für ε_{yy} ergibt. (**2,0 Punkte**)

a)	0,002000	b)	−0,000947	c)	0,000350
d)	−0,001263	e)	−0,000750	f)	−0,001894

8.3

Welcher Wert müsste sich für $\varepsilon_{\mathrm{DMS3}}$ aus den Messungen von DMS 3 ergeben haben? (**2,0 Punkte**)

a)	0,000350	b)	−0,000144	c)	0,001356
d)	0,000241	e)	0,002000	f)	0,001066

TU Dortmund

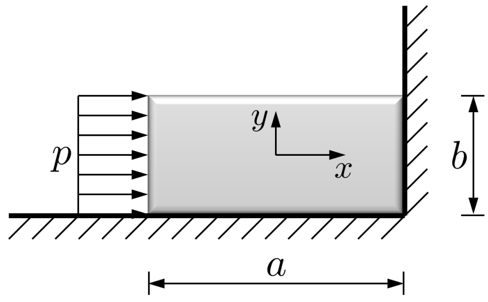
Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 9 - Materialmodell

Der dargestellte Block besteht aus einem linear elastischen Material (Elastizitätsmodul $E = 205.000$ MPa) und wird seitlich durch eine Presse mit der äußeren Spannung

$$p = 350 \text{ MPa}$$

belastet. Zwischen dem Block und dem Boden bzw. der Wand herrscht keine Reibung, sodass sich der Block homogen verformen kann. Die Abmessungen des Blocks betragen $a = 1{,}25$ m und $b = 0{,}75$ m. Es wirken keine äußeren Lasten in z-Richtung, in welche sich der Block zudem frei verformen kann.



9.1

Wie lautet hier die korrekte Lösung für die Dehnung ε_{xx} in symbolischer Form? **(1,0 Punkte)**

a) $\varepsilon_{xx} = -\nu \dfrac{p}{E}$ b) $\varepsilon_{xx} = \dfrac{p}{E}$ c) $\varepsilon_{xx} = \dfrac{p}{a}$

d) $\varepsilon_{xx} = \nu \dfrac{p}{E}$ e) $\varepsilon_{xx} = \dfrac{p}{E}(1-\nu)$ f) $\varepsilon_{xx} = -\dfrac{p}{E}$

9.2

Wie lautet hier die Randbedingung, welche zur eindeutigen Berechnung der Verschiebung $u(x)$ des Blocks in x-Richtung benötigt wird? **(1,0 Punkte)**

a) $u(x = a/2) = 0$ b) $u(y = b/2) = 0$ c) $u(y = -b/2) = 0$

d) $u(x = a/2) = -0{,}002134$ m e) $u(x = -a/2) = 0$ f) $u(x = a) = 0$

9.3

Um welchen Wert verschiebt sich die linke belastete Kante ($x = -a/2$) des Blocks in x-Richtung? **(1,0 Punkte)**

a) 0,001280 m b) 0,003201 m c) 0,002134 m

d) 0,000000 m e) −0,001067 m f) 0,001067 m

9.4

Eine Messung ergibt, dass sich die obere Kante des Blocks ($y = b/2$) nach aufgebrachter Belastung um den Wert 0,00045 m in y-Richtung anhebt. Was folgt daraus für die Querkontraktionszahl ν des verwendeten Materials? **(3,0 Punkte)**

a) $\nu = 0$ b) $\nu \approx 0{,}351$ c) $\nu \approx 0{,}649$

d) $\nu \approx -0{,}219$ e) $\nu = 0{,}5$ f) $\nu \approx 0{,}187$

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 10 - Dynamik

Welche Aussage zum Themengebiet „Dynamik“ ist **nicht** korrekt? (**1,0 Punkte**)

a) Die (resultierende) Kraft, die auf einen Körper wirkt, ist allgemein gleich der Zeitableitung des Impulses.

b) Die Grundgleichungen der Statik lassen sich als Sonderfall der Dynamik herleiten.

c) Es ist grundsätzlich möglich, Systeme mit veränderlicher Masse (also $\dot{m} \neq 0$) zu berücksichtigen.

d) Für die „rechte Seite“ der Grundgleichungen der Kinetik benötigt man in der Regel die Kinematik.

e) Die Kinematik beschreibt die allgemeinen Zusammenhänge zwischen Kräften und der Bewegung.

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 11 - Kinematik I

Auf der nächsten Seite sind drei Diagramme dargestellt: Oben ist die Weg-Zeit-Funktion $x(t)$ einer Punktmasse dargestellt, die aus Messungen bekannt ist. Darunter befinden sich die grafischen Darstellungen von Geschwindigkeitsverläufen $v(t)$ sowie Beschleunigungsverläufen $a(t)$.

11.1

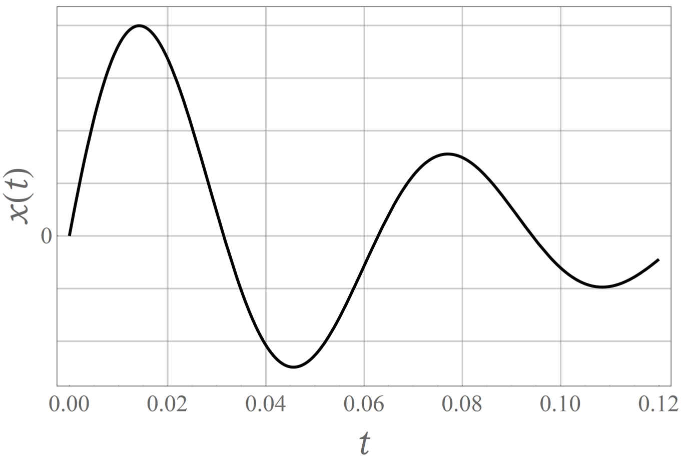
Welche der im mittleren Diagramm dargestellten Kurven a) bis d) entspricht dem zu $x(t)$ passenden Verlauf der Geschwindigkeit $v(t)$ der Punktmasse? (**2,0 Punkte**)

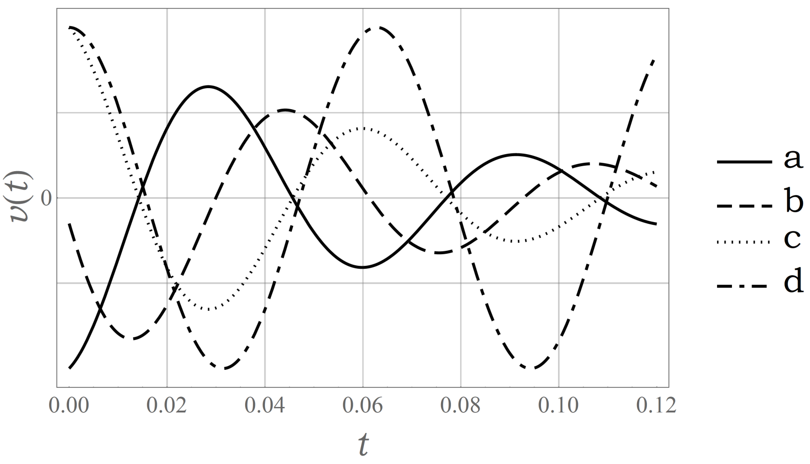
11.2

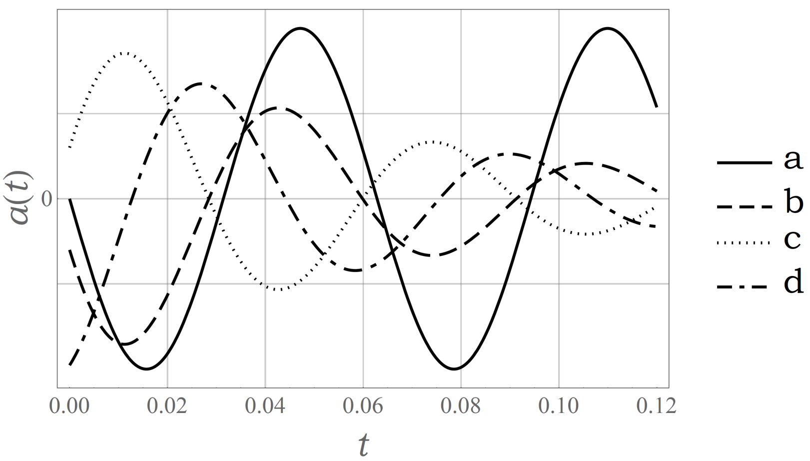
Welche der im unteren Diagramm dargestellten Kurven a) bis d) entspricht dem zu $x(t)$ passenden Verlauf der Beschleunigung $a(t)$ der Punktmasse? (**2,0 Punkte**)

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler







TU Dortmund
Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 12 - Kinematik II

Bei einem Verkehrsunfall ist ein Fahrzeug auf gerader Strecke auf ein anderes, stehendes Fahrzeug gefahren. Vor dem Zusammenstoß wurde noch ein Bremsvorgang eingeleitet. Es kann dabei davon ausgegangen werden, dass der Bremsvorgang mit der Beschleunigungs-Funktion

$$a(t) = -\mu\, g$$

ausreichend genau beschrieben werden kann, wobei μ den Gleitreibungskoeffizienten und g die Erdbeschleunigung darstellen. Die Geschwindigkeit zu Beginn des Bremsvorgangs ($t_0 = 0$, $x_0 = 0$) sei mit $v_0 > 0$ bezeichnet.

12.1

Welche Funktion $x(t)$ ergibt sich daraus für das bremsende Fahrzeug während des Bremsvorgangs? (**1,0 Punkte**)

a) $x(t) = \mu\, t^2 - v_0$
b) $x(t) = -\frac{1}{2}\,\mu\, g\, t^2 + v_0\, t$
c) $x(t) = v_0\, t - \mu$
d) $x(t) = -\frac{1}{2}\,\mu\, g\, t^2$
e) $x(t) = [-\mu\, g + v_0]\; t$
f) $x(t) = \frac{1}{2}\,\mu\, g\, t^2 + v_0\, t$

12.2

Die unfallverursachende Person steht zudem unter Verdacht, zu schnell gefahren zu sein. Um dies zu prüfen wird die Länge der Bremsspur l_B gemessen. Es gilt dabei die Annahme, dass diese Länge der während des Bremsvorgangs zurückgelegten Strecke entspricht. Wie lautet die korrekte Lösung für die Anfangsgeschwindigkeit v_0 zu Beginn des Bremsvorgangs? (**3,0 Punkte**)

a) $v_0 = \sqrt{\frac{1}{2}\,\mu\, g\, l_B}$
b) $v_0 = \sqrt{g\, l_B}$
c) $v_0 = \mu\, g\, l_B$
d) $v_0 = 0$
e) $v_0 = \sqrt{\frac{\mu\, g}{m}\, l_B}$
f) $v_0 = \sqrt{2\,\mu\, g\, l_B}$

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 13 - Kinematik III

Bei der Planung eines Dragster-Rennens soll die Länge der Auslaufzone geplant werden. Die Fahrzeuge werden mittels eines Schirms gebremst, der nach Erreichen der Ziellinie ($t = t_0 = 0$, $x = x_0 = 0$, $v = v_0 \neq 0$) automatisch aktiviert wird. Während des Bremsvorgangs gilt der Zusammenhang

$$a(v) = -k\sqrt{v}$$

zwischen der Geschwindigkeit v und der Beschleunigung a, wobei k eine Konstante darstellt, deren physikalische Einheit entsprechend $\sqrt{\mathrm{m/s^3}}$ ist.

13.1

Wie lautet die korrekte Funktion $t(v)$ der Zeit t in Abhängigkeit der Geschwindigkeit v während des Bremsvorgangs? **(2,0 Punkte)**

Hinweis: Es gilt

$$\int x^{\frac{1}{a}}\,\mathrm{d}x = \frac{a}{1+a}\,x^{\frac{1+a}{a}}$$

mit $a \in \mathbb{R}\backslash\{-1, 0\}$.

a) $t(v) = \dfrac{2}{k}\,[v_0^2 - v^2]$ b) $t(v) = \dfrac{2}{3}\,k\,\left[v^{3/2} - v_0^{3/2}\right]$ c) $t(v) = -\dfrac{k}{2}\,[\sqrt{v} - \sqrt{v_0}]$
d) $t(v) = -\dfrac{1}{k}\,\sqrt{v - v_0}$ e) $t(v) = -\dfrac{2}{k}\,[\sqrt{v} - \sqrt{v_0}]$ f) $t(v) = -\dfrac{1}{k}\,\left[v^{-3/2} - v_0^{-3/2}\right]$

13.2

Im vorliegenden Fall lässt sich die Weg-Zeit-Funktion

$$x(t) = v_0\,t - \frac{1}{2}\,k\,\sqrt{v_0}\,t^2 + \frac{1}{12}\,k^2\,t^3$$

herleiten. Es soll nun vom Zahlenwert $v_0 = 100$ m/s $\widehat{=}$ 360 km/h für die Geschwindigkeit beim Erreichen der Ziellinie ausgegangen werden und $k = 1{,}25\ \sqrt{\mathrm{m/s^3}}$ gelten. Wie lautet die korrekte Lösung für den Bremsweg l_B und damit die Mindestlänge der Auslaufzone? **(2,0 Punkte)**

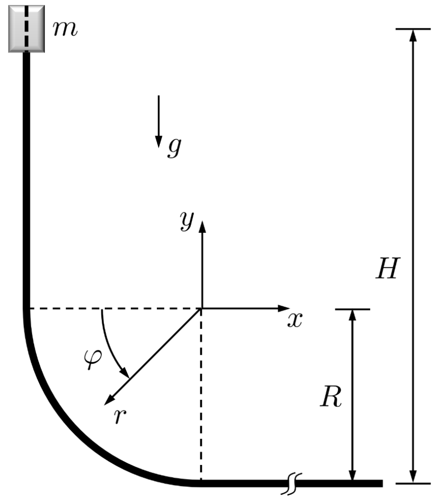
a) $l_\mathrm{B} \approx 76{,}248$ m b) $l_\mathrm{B} \approx 472{,}912$ m c) $l_\mathrm{B} \approx 507{,}180$ m
d) $l_\mathrm{B} \approx 533{,}333$ m e) $l_\mathrm{B} \approx 100{,}000$ m f) $l_\mathrm{B} \approx 1475{,}960$ m

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 14 - Kinetik des Massenpunktes

Bei der Gestaltung einer neuen „Achterbahn“ sollen einzelne Wagen (Punktmasse m) beim Start in eine senkrechte Position gebracht und aus der Ruhelage (Höhe H) losgelassen werden. Die zunächst als reibungslos anzunehmende Schiene der Bahn ist durch die dicke schwarze Linie dargestellt. Die Bahn geht nach einer bestimmten Strecke in einen Viertelkreis (Radius R) über und verläuft anschließend zunächst horizontal.



14.1

Wie lautet die Geschwindigkeit v_0 des Wagens beim Eintritt in die Kreisbahn? (**1,5 Punkte**)

a) $v_0 = \sqrt{g\,R}$ b) $v_0 = \sqrt{2\,g\,[H-R]}$ c) $v_0 = 2\,g\,H$

d) $v_0 = \sqrt{2\,g\,H}$ e) $v_0 = \sqrt{2\,g\,[H+R]}$ f) $v_0 = -\sqrt{2\,g\,H}$

14.2

Welche Winkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi}_0$ ergibt sich daraus für diesen Zeitpunkt? (**0,5 Punkte**)

a) $\dot{\varphi}_0 = \frac{1}{R}\sqrt{2\,g\,[H-R]}$ b) $\dot{\varphi}_0 = \sqrt{\frac{g}{R}}$ c) $\dot{\varphi}_0 = 2\,g\,\frac{H}{R}$

d) $\dot{\varphi}_0 = 2\,g\,H\,R$ e) $\dot{\varphi}_0 = \sqrt{2\,g\,R^2\,[H-R]}$ f) $\dot{\varphi}_0 = \frac{1}{R}\sqrt{2\,g\,H}$

14.3

Wie lautet die Lösung für die radiale Beschleunigung $a_r(\varphi)$ der Wagen auf dem kreisförmigen Bahnabschnitt bezüglich der vorgegebenen Koordinate r und des zugehörigen Einheitsvektors $\boldsymbol{e}_r$ (nicht eingezeichnet)? (**3,0 Punkte**)

a) $a_r = g\,\cos(\varphi)$ b) $a_r = \sqrt{\frac{2\,g}{R}\,\sin(\varphi)}$ c) $a_r = 2\,g\left[\cos(\varphi) + \frac{H}{R}\right]$

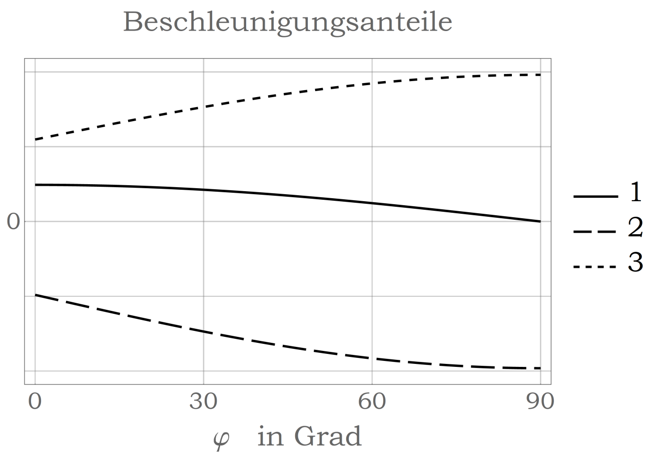
d) $a_r = -2\,g\left[\sin(\varphi) + \frac{H-R}{R}\right]$ e) $a_r = g\,\left[2\,\sin(\varphi) - \sqrt{2}\right]$ f) $a_r = -2\,g\,R\,\cos(\varphi)$

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Für bestimmte aber hier nicht genannte Zahlenwerte der Systemparameter wurde unter der Bedingung $R < H$ das rechts dargestellte Diagramm erstellt. Es enthält die zeitlichen Verläufe der absoluten, radialen und tangentialen Beschleunigung in Abhängigkeit des Winkels φ, allerdings nicht unbedingt in dieser Reihenfolge. Für die tangentiale Beschleunigung gilt

$$a_\varphi = g\,\cos(\varphi)\ .$$



14.4

Ordnen Sie zunächst die verschiedenen Beschleunigungsanteile $|a_{\text{abs}}|$, a_r und a_φ den im Diagramm dargestellten Kurven 1, 2, 3 zu. (**0,5 Punkte**)

a) 1: a_r, 2: $|a_{\text{abs}}|$, 3: a_φ
b) 1: $|a_{\text{abs}}|$, 2: a_φ, 3: a_r
c) 1: a_φ, 2: $|a_{\text{abs}}|$, 3: a_r
d) 1: a_r, 2: a_φ, 3: $|a_{\text{abs}}|$
e) 1: a_φ, 2: a_r, 3: $|a_{\text{abs}}|$
f) 1: $|a_{\text{abs}}|$, 2: a_r, 3: a_φ

14.5

Berechnen Sie nun auf Grundlage der Diagramme die Bedingung für den Radius R des kreisförmigen Abschnitts der Bahn, sodass der Betrag der absoluten Beschleunigung den Grenzwert von $|a_{\text{zul}}| = 3\,g$ an keiner Stelle des kreisförmigen Bahnabschnitts überschreitet. (**2,5 Punkte**)

Hinweis: Überlegen Sie zuvor, welcher Wert für φ zur Lösung dieser Aufgabe maßgebend ist.

a) R beliebig, Bedingung wird stets erfüllt
b) keine Lösung, Bedingung wird stets verletzt
c) $R > 2\,H$
d) $R < \dfrac{5}{2}\,H$
e) $R > \dfrac{2}{5}\,H$
f) $R > \dfrac{2}{3}\,H$

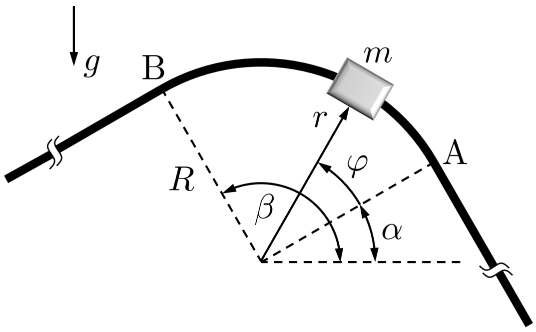
TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Im weiteren Streckenverlauf erreicht der Wagen Punkt A mit einer Geschwindigkeit v_0 und geht erneut in eine kreisförmige Bahn über. Für die Winkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi}$ des Wagens im Bereich zwischen den Punkten A und B wurde bereits der Zusammenhang

$$\dot{\varphi}^2 = \frac{2\,g}{R}\,[\sin(\alpha) - \sin(\alpha+\varphi)] + \left(\frac{v_0}{R}\right)^2$$

bestimmt.



14.6

Wie lautet die Lösung für die Reaktionskraft $N(\varphi)$, die zwischen Wagen und Bahn wechselwirkt, falls diese im Teilsystem des Wagens entgegengesetzt zur Koordinate r angetragen wird? (**2,0 Punkte**)

a) $N(\varphi) = -m\,g\,\sin(\varphi) + m\,\dfrac{v_0^2}{R}$

b) $N(\varphi) = 5\,m\,g\,\sin(\varphi) - m\,\dfrac{v_0^2}{R}$

c) $N(\varphi) = -3\,m\,g\,\sin(\alpha+\varphi) + 2\,m\,g\,\sin(\alpha) + m\,\dfrac{v_0^2}{R}$

d) $N(\varphi) = -m\,g\,\sin(\alpha+\varphi)$

e) $N(\varphi) = m\,g\,\cos(\varphi) - m\,\dfrac{v_0^2}{R}$

f) $N(\varphi) = m\,g\,\sin(\alpha) - 2\,m\,g\,\sin(\varphi)$

14.7

Im Betrieb der Achterbahn wird im Ziel, dessen Höhe 20 m unterhalb des Startpunktes liegt, für einen Wagen mit $m = 200$ kg eine reale Geschwindigkeit von $v^* = 19$ m/s bestimmt. Für die Erdbeschleunigung soll der Wert $g = 9{,}81$ m/s^2 verwendet werden. Wie lautet der Wert für die entlang der Strecke durch nicht-konservative Kräfte (z.B. Reibkräfte und Luftwiderstand) verrichtete Arbeit W_R? (**1,0 Punkte**)

a) $W_\mathrm{R} = -\ 37.340$ Nm
b) $W_\mathrm{R} = -\ 3.140$ Nm
c) $W_\mathrm{R} = 36.100$ Nm
d) $W_\mathrm{R} = 0$ Nm
e) $W_\mathrm{R} = -\ 39.240$ Nm
f) $W_\mathrm{R} = 38.879$ Nm

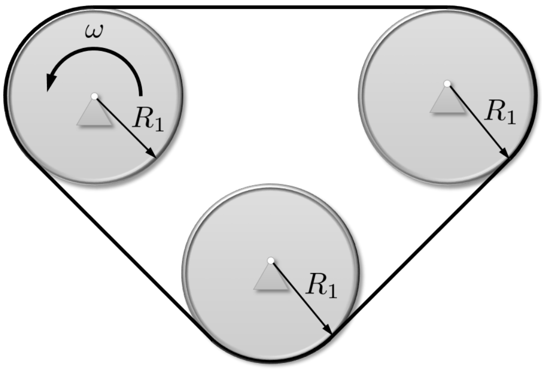
TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

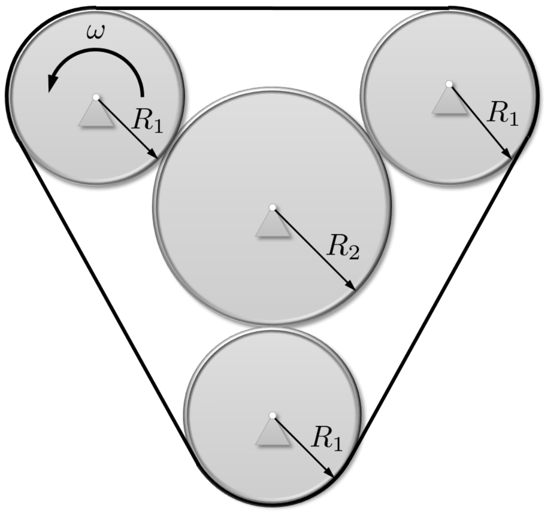
Aufgabe 15 - Riementrieb

Welcher der folgenden Riementriebe ist nicht zielführend ausgelegt, da er sich selber in der Bewegung hemmt? **(2,0 Punkte)**

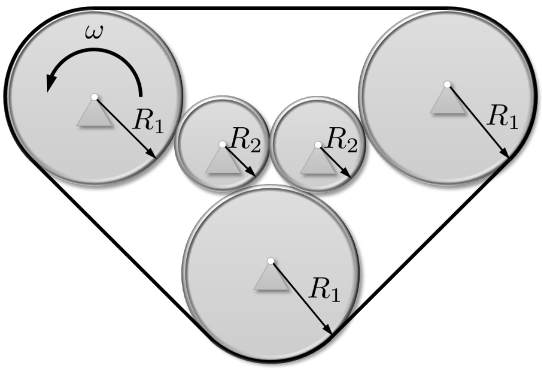
a)



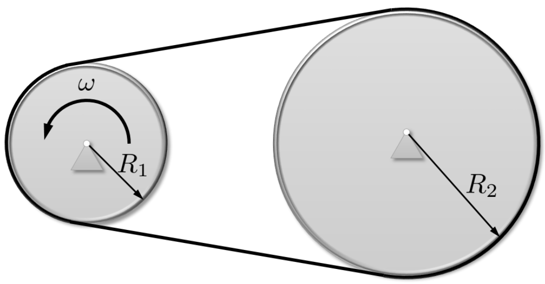
b)



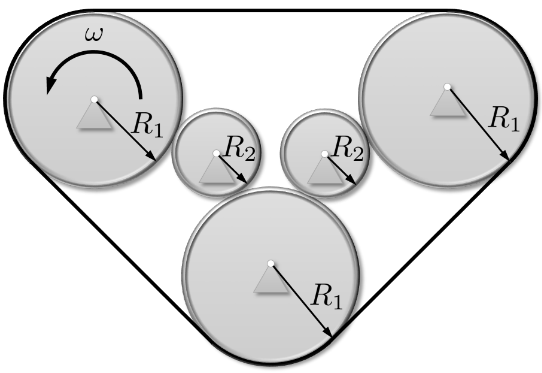
c)



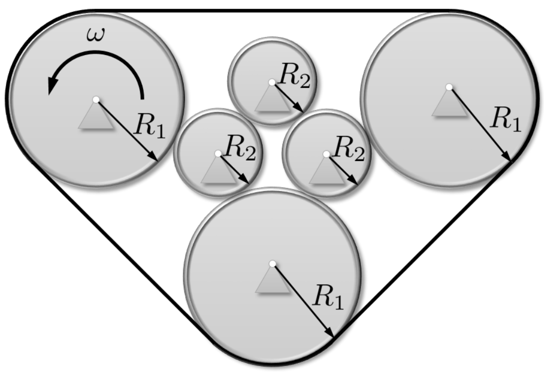
d)



e)



f)

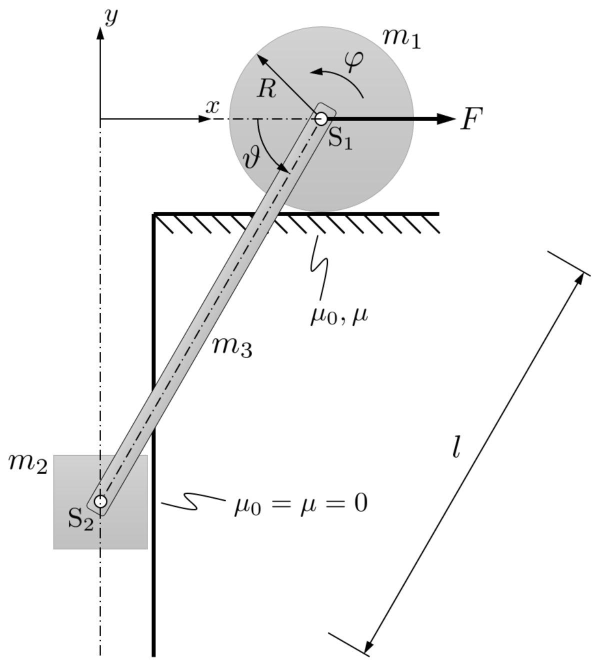


TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

Aufgabe 16 - Starrkörper-Kinematik/ Kinetik

In der rechts dargestellten Förderanlage ist eine Rolle (Masse m_1, Radius R) über eine gelenkig verbundene Stange (Masse m_3) mit einem Behälter (Gesamtmasse m_2) verbunden. Auf die Rolle, welche schlupffrei auf dem reibungsbehafteten Boden abrollt, wirkt eine horizontale Kraft F. Der Behälter gleitet vertikal entlang der als reibungslos anzunehmenden Wand. Der Winkel φ beschreibt die Rotation der Rolle, der Winkel ϑ gibt die Neigung des Stabs bezogen auf die Orientierung der x-Achse an.



16.1

Wie lautet der kinematische Zusammenhang zwischen der Beschleunigung $\ddot{x}_{S_1}$ des Mittelpunktes der Rolle und deren Winkelbeschleunigung $\ddot{\varphi}$? (**1,0 Punkte**)

a) $\ddot{x}_{S_1} = -\ddot{\varphi}\, R$ b) $\ddot{x}_{S_1} = \ddot{\varphi}/R$ c) $\ddot{x}_{S_1} = -\dot{\varphi}^2\, R$
d) $\ddot{x}_{S_1} = -\ddot{\varphi}/R$ e) $\ddot{x}_{S_1} = \ddot{\varphi}\, R$ f) $\ddot{x}_{S_1} = \dot{\varphi}^2\, R - \ddot{\varphi}\, R$

16.2

Wie lautet der Beschleunigungsanteil $\ddot{y}_{S_2}$ des Schwerpunktes S_2 des Behälters gemäß des vorgegebenen kartesischen Koordinatensystems? (**2,0 Punkte**)

a) $\ddot{y}_{S_2} = -\dot{\vartheta}^2\, l\, \cos(\vartheta) + \ddot{\vartheta}\, l\, \sin(\vartheta)$ b) $\ddot{y}_{S_2} = \ddot{\vartheta}\, l$ c) $\ddot{y}_{S_2} = \dot{\vartheta}^2\, l\, \sin(\vartheta) - \ddot{\vartheta}\, l\, \cos(\vartheta)$
d) $\ddot{y}_{S_2} = -\ddot{\vartheta}\, l\, \sin(\vartheta)$ e) $\ddot{y}_{S_2} = -\dot{\vartheta}^2\, l\, \cos(\vartheta)$ f) $\ddot{y}_{S_2} = \dot{\vartheta}^2\, l$

TU Dortmund

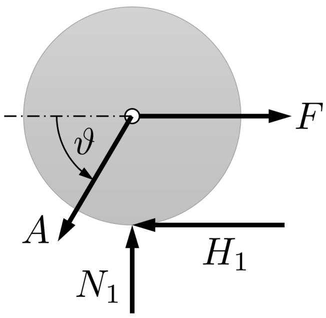
Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

16.3

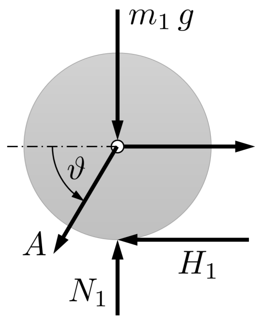
Welches Freikörperbild ist für das Teilsystem der Rolle unter der Voraussetzung korrekt, dass der Behälter angehoben wird?

Hinweis: Alle eingezeichneten Kräfte gelten als unabhängig. Zudem sollen die Kontaktkräfte jeweils in deren tatsächlicher Wirkungsrichtung eingetragen sein. (**1,0 Punkte**)

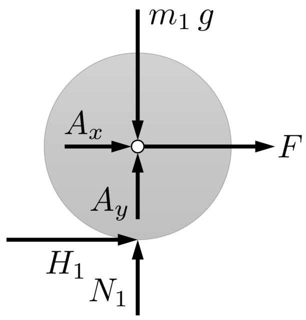
a)



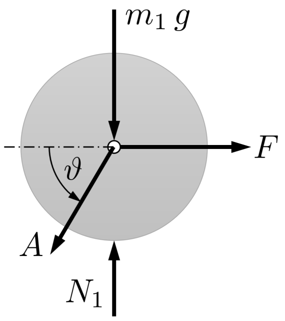
b)



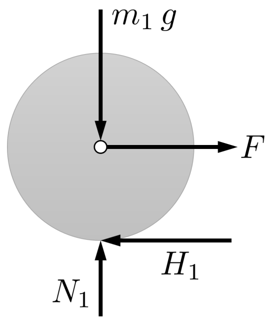
c)



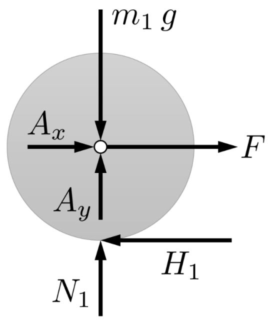
d)



e)



f)



TU Dortmund

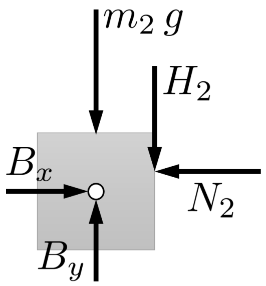
Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

16.4

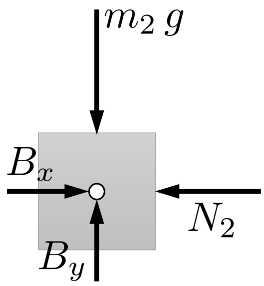
Welches Freikörperbild ist für das Teilsystem des Behälters unter der Voraussetzung korrekt, dass der Behälter angehoben wird?

Hinweis: Alle eingezeichneten Kräfte gelten als unabhängig. Zudem sollen die Kontaktkräfte jeweils in deren tatsächlicher Wirkungsrichtung eingetragen sein. (**1,0 Punkte**)

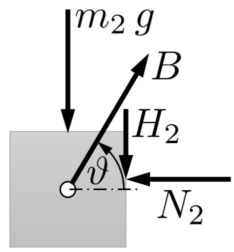
a)



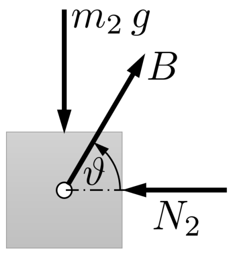
b)



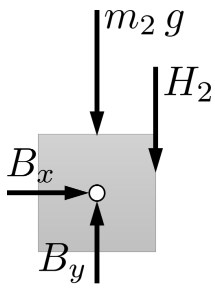
c)



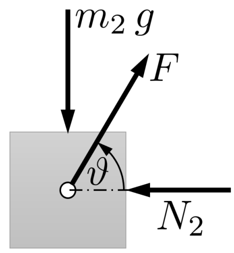
d)



e)



f)



16.5

Wie lautet der Kräftesatz in x-Richtung für das Teilsystem des Behälters (Bezeichnungen der Kräfte entsprechend Teilaufgabe 16.4) unter der Voraussetzung, dass der Behälter stets Kontakt zur Wand aufweist?

Hinweis: Sofern kinematische Größen explizit durch allgemeine Ausdrücke (z.B. $\ddot{x}_{S_2}$) genannt werden, so sind diese nicht für alle Zeitpunkte gleich Null. (**1,0 Punkte**)

a) $B\,\cos(\vartheta) - N_2 = 0$

b) $B_x = 0$

c) $F\,\sin(\vartheta) - N_2 = 0$

d) $B_x - N_2 = 0$

e) $B\,\sin(\vartheta) - m_2\,g = 0$

f) $B\,\cos(\vartheta) = 0$

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

16.6

Welche der hier angegebenen Gleichungen entspricht einer korrekten Anwendung des Drallsatzes für die Stange (Masse m_3)?

Hinweis: Sofern kinematische Größen explizit durch allgemeine Ausdrücke (z.B. $\ddot{x}_{S_2}$) genannt werden, so sind diese nicht für alle Zeitpunkte gleich Null. (**2,0 Punkte**)

a) $(A_x - B_x)\,\frac{l}{2}\,\sin(\vartheta) + (B_y - A_y)\,\frac{l}{2}\,\cos(\vartheta) = \frac{1}{12}\,m_3\,l^2\,\ddot{\vartheta}$

b) $-m_3\,g\,\frac{l}{2}\,\cos(\vartheta) + A_x\,l\,\sin(\vartheta) - A_y\,l\,\cos(\vartheta) = \frac{1}{3}\,m_3\,l^2\,\ddot{\vartheta}$

c) $A_x\,l\,\cos(\vartheta) + A_y\,l\,\sin(\vartheta) - m_3\,g\,\frac{l}{2}\,\sin(\vartheta) = \frac{1}{12}\,m_3\,l^2\,\ddot{\vartheta}$

d) $(B_x - A_x)\,l\,\sin(\vartheta) + (B_y - A_y)\,l\,\cos(\vartheta) = \frac{1}{3}\,m_3\,l^2\,\ddot{\vartheta}$

e) $(A_x - B_x)\,\frac{l}{2}\,\sin(\vartheta) + (B_y - A_y)\,\frac{l}{2}\,\cos(\vartheta) = 0$

f) $A_x\,\frac{l}{2}\,\sin(\vartheta) - A_y\,\frac{l}{2}\,\cos(\vartheta) = 0$

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

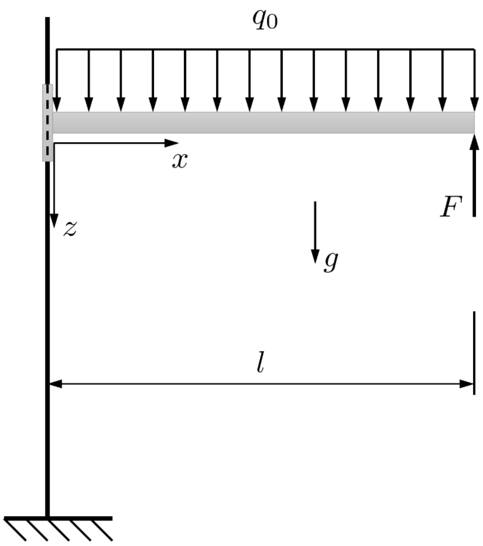
Aufgabe 17 - Schnittgrößen/ Spannungsnachweis

$\ast\ast\ast$ **Bonus-Aufgabe** $\ast\ast\ast$ **Bonus-Aufgabe** $\ast\ast\ast$ **Bonus-Aufgabe** $\ast\ast\ast$

Der dargestellte und als Starrkörper anzunehmende Balken (homogen verteilte Masse m) ist Bestandteil einer Hebevorrichtung. Am linken Ende ist der Balken mit einer Schiebehülse verbunden und kann reibungsfrei entlang einer Stütze gleiten. Am rechten Ende wird durch ein steuerbares hydraulisches Element eine (beliebige) Kraft F eingeleitet, um den Balken kontrolliert anheben oder absenken zu können. Das Eigengewicht des Balkens wurde durch die Streckenlast

$$q_0 = \frac{m}{l}\,g$$

berücksichtigt.



17.1

Wie lautet die Beschleunigung $\ddot{z}$ des Balkens in Abhängigkeit der gegebenen Größen? (**1,0 Punkte**)

a) $\ddot{z} = g$ b) $\ddot{z} = 0$ c) $\ddot{z} = \frac{F}{m}$

d) $\ddot{z} = g - \frac{F}{m}$ e) $\ddot{z} = -g$ f) $\ddot{z} = -\frac{F}{m}$

17.2

Wie lautet das Auflagermoment M^{W} an der Wand entgegen des Uhrzeigersinns? (**1,5 Punkte**)

a) $M^{\mathrm{W}} = \frac{1}{2}\,m\,g\,l - F\,l$ b) $M^{\mathrm{W}} = 0$ c) $M^{\mathrm{W}} = F\,l$

d) $M^{\mathrm{W}} = \frac{5}{2}\,m\,g\,l - 2\,F\,l$ e) $M^{\mathrm{W}} = -F\,\frac{l}{2}$ f) $M^{\mathrm{W}} = \frac{1}{2}\,m\,g\,l$

TU Dortmund

Fakultät Maschinenbau
Institut für Mechanik
Prof. Dr.-Ing. A. Menzel
Prof. Dr.-Ing. J. Mosler

17.3

Wie lautet die Funktion des Biegemomentes $M(x)$? **(3,0 Punkte)**

a) $M(x) = \frac{1}{2}\,m\,g\,\frac{x^2}{l} - F\,\frac{l}{2}$ b) $M(x) = F\,x$ c) $M(x) = \frac{F}{2}\left(l - \frac{x^2}{l}\right)$

d) $M(x) = F\,l - \frac{1}{2}\,m\,g\,l$ e) $M(x) = F\,l - \frac{1}{2}\,m\,g\,\frac{x^2}{l}$ f) $M(x) = 0$

Beim Design des Systems stehen die unten angegebenen Profile für den Balken zur Verfügung. Die Profile sind alle symmetrisch, sodass $z_{\max} = h/2$ gilt. Das verwendete Material soll identisches Verhalten im Zug- und Druckbereich aufweisen. Die im Balken wirkenden Normalspannungen lassen sich über die Gleichung

$$\sigma = \frac{M}{I_y}\,z$$

berechnen (vgl. Technische Mechanik 1). Für die Systemparameter sollen folgende Zahlenwerte gelten:

F =10.000 N, l = 10.000 mm, σ_{zul} = 500 N/mm^2, g = 9,81 m/s^2, m = 125 kg

Lösung	Profil	Höhe h	Flächenträgheitsmoment I_y
a)	IPE 200	200 mm	19.430.000 mm^4
b)	HE 100 A	96 mm	3.492.000 mm^4
c)	HE 100 B	100 mm	4.495.000 mm^4
d)	HE 100 C	110 mm	7.587.000 mm^4
e)	HE 100 M	120 mm	11.430.000 mm^4
f)	HE 100 AA	91 mm	2.365.000 mm^4

17.4

Wie lautet der Zahlenwert des betragsmäßig maximalen und für den Spannungsnachweis relevanten Biegemomentes? **(1,0 Punkte)**

a) $|M|_{\max} = 6.131.250$ b) $|M|_{\max} = 50.000$ Nm c) $|M|_{\max} = 10.000$ Nm
d) $|M|_{\max} = 93.868.800$ Nm e) $|M|_{\max} = 0$ Nm f) $|M|_{\max} = 100.000$ Nm

17.5

Welches der oben vorgegebenen Balken-Profile würden Sie wählen, damit die maximal zulässige Spannung σ_{zul} möglichst optimal ausgenutzt wird, also die Tragreserven des Materials maximal ausgenutzt werden. Die Kosten für die Träger sollen hier **nicht** berücksichtigt werden. **(3,5 Punkte)**