



<u>Lehrgang / Seminar:</u>	B-IV
<u>Ausbildungseinheit:</u>	Physik (Übungsaufgaben)
<u>Ausgabe:</u>	12.08.2026
<u>Zuständig:</u>	Herr Reitz
<u>Literaturhinweis:</u>	Das neue Tafelwerk, Verlag Volk und Wissen

Inhalt

1	Zehnerpotenzen	4
1.1	Strahlenbunker	4
2	Vektorrechnung	4
2.1	Strömungsgeschwindigkeit.....	4
2.2	Flussschwimmen.....	4
2.3	Ölsperre	5
3	Gleichförmige Bewegung.....	5
3.1	Nachforderung	5
4	Beschleunigte Bewegung	5
4.1	Vollbremsung	5
4.2	Rüstzeit	6
4.3	Fallzeit.....	6
4.4	Sprungpolster	6
5	Masse	6
5.1	Betonplatte	6
5.2	Stahlträger.....	7
6	Kräfte	7
6.1	Kräfte im Straßenverkehr	7
6.2	Abschätzen von Lasten	8
7	Anschlagen von Lasten.....	9
7.1	Die Kunst des Ziehens	9
7.2	Neigungswinkel	10
7.3	Mehrzweckzug	11
8	Reibung	12
8.1	Ladungssicherung	12
9	Drehmoment	13
9.1	Drehmomentschlüssel.....	13
10	Hebel.....	14
10.1	Kesselwagen.....	14
11	Auflagekräfte.....	15
11.1	Krankentrage.....	15
12	Rollen	16
12.1	Pferd in Grube	16
12.2	Rollgliss.....	17
13	Erdanker	18
13.1	Erdanker.....	18
14	Aufrichten von Fahrzeugen	19

Physik (Übungsaufgaben)

14.1	Aufrichten eines Tankwagen	19
15	Schiefe Ebene	21
15.1	Schrotleiter	21
15.2	Notfalltank	22
15.3	Falschparker	22
16	Seilreibung	23
16.1	Seilreibung	23
16.2	Rettungsübung	24
17	Druck / Spannung	24
17.1	Seile	24
17.2	Zugspannung Kette	25
17.3	Hebekissen	25
17.4	Hydraulik	26
17.5	Hydraulischer Spreizer	27
17.6	Spreizkraft-Weg Diagramm	28
17.7	Niedrigenergiehaus	29
17.8	Implosion	29
18	Arbeit / Energie	30
18.1	Belastungsprogramm Atemschutz	30
19	Leistung	31
19.1	Pumpenleistung	31
19.2	Leistung einer TP 8/1	31
20	Wärmelehre	31
20.1	Längenausdehnung Stahlträger	31
20.2	Druckkraft Stahlträger	32
20.3	Öltank	32
20.4	Atemluftflasche	32
20.5	Sauerstoffflasche	32
21	Strömungslehre	33
21.1	Strömungsgeschwindigkeit	33
21.2	Leckagen	33
21.3	Sturmschaden	33
22	Abbildungsverzeichnis	34

1 Zehnerpotenzen

1.1 Strahlenbunker

In einem Strahlentresor sind Strahlenquellen mit folgenden Aktivitäten gelagert:

$$A_1 = 3,5 \text{ GBq}$$

$$A_2 = 7,1 \text{ TBq}$$

$$A_3 = 18,3 \text{ kBq}$$

$$A_4 = 14,2 \text{ MBq}$$

Ermitteln Sie die Gesamtaktivität und bestimmen Sie, um das Wievielfache die Freigrenze bei einer Freigrenzaktivität von

$$A_{FG} = 5 \cdot 10^3 \text{ Bq}$$
 überschritten wird!

2 Vektorrechnung

2.1 Strömungsgeschwindigkeit

Ein Boot soll einen Fluss überqueren. Der Fluss hat eine Strömungsgeschwindigkeit von $v_{\text{Fluss}} = 2 \text{ m/s}$. Das Boot soll zunächst senkrecht zur Strömungsgeschwindigkeit mit einer Eigengeschwindigkeit von $v_{\text{Boot}} = 5 \text{ m/s}$ gesteuert werden. In welche Richtung fährt das Boot, und wie schnell ist es effektiv über Grund?

2.2 Flussschwimmen

In der Grundausbildung bei der Feuerwehr in Hameln wird von den angehenden Brandmeistern verlangt, einmal durch die Weser zu schwimmen.

- Wie kann man mit einfachen Hilfsmitteln die Fließgeschwindigkeit und die Breite eines Gewässers ermitteln?
- Die Ermittlung der Fließgeschwindigkeit ergibt einen Wert von $v_{\text{Str}} = 80 \text{ cm/s}$, die Flussbreite der Weser beträgt $s = 80 \text{ m}$. Die Anwärter mussten beim Einstellungstest bereits in weniger als 1 Minute und 51 Sekunden eine Strecke von 100m schwimmen. In welchem Winkel zum Ufer muss ein Schwimmer gegen die Strömung losschwimmen, um den Fluss genau senkrecht zu überqueren?
- Wielange dauert die Überquerung?

2.3 Ölsperre

Zum Einbringen einer Ölsperre ist es notwendig, Leinenmaterial zum gegenüberliegenden Ufer eines Flusses zu bringen. Das Boot muss dabei in einem Winkel von 45° zum Ufer einhalten, obwohl es von der Strömung abgetrieben wird. Wie stark muss das Boot gegen die Strömung gesteuert werden (Winkel zum Ufer), und welche Geschwindigkeit erreicht es über Grund, wenn seine Eigengeschwindigkeit $v_{\text{Boot}} = 3 \text{ m/s}$ und die Strömungsgeschwindigkeit des Flusses $v_{\text{Fluss}} = 1 \text{ m/s}$ beträgt?

3 Gleichförmige Bewegung

3.1 Nachforderung

Welches der nachgeforderten Mittel trifft zuerst am Unfallort ein? Geben Sie die Fahrzeiten in Minuten und Sekunden an und wie beurteilen Sie den Unterschied von RTW zu HLF hinsichtlich Zeitgewinn und Sicherheit!

NEF mit $v = 100 \text{ km/h}$; Entfernung zum Unfallort: $s = 12 \text{ km}$

RTH mit $v = 250 \text{ km/h}$; Entfernung zum Unfallort: $s = 35 \text{ km}$

RTW mit $v = 70 \text{ km/h}$; Entfernung zum Unfallort: $s = 4 \text{ km}$

HLF mit $v = 85 \text{ km/h}$; Entfernung zum Unfallort: $s = 4 \text{ km}$

4 Beschleunigte Bewegung

4.1 Vollbremsung

Auf dem Rückweg von einem Einsatz zur Feuerwache hält das HLF des Löschzugs abrupt an einem Zebrastreifen. Die nachfolgende Drehleiter knallt mit dem Korb ins HLF. Der Maschinist der Drehleiter, Obermeister Paul Pressluft, behauptet, er sei „Strich 50 km/h “ gefahren und hätte bei bestem Willen nicht mehr rechtzeitig bremsen können.

Die Bremsspur der Drehleiter hat eine Länge von 30 m .

- Leiten Sie aus den Gesetzen der beschleunigten Bewegung einen Zusammenhang zwischen Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung her!
- Stimmt die Geschwindigkeitsangabe von Paul Pressluft, wenn man von einer Bremsverzögerung für LKW auf trockener Straße von $a = 7 \text{ m/s}^2$ ausgeht?

Physik (Übungsaufgaben)

4.2 Rüstzeit

Ein Flugfeldlöschfahrzeug erreicht eine Höchstgeschwindigkeit von $v_{\max} = 130 \text{ km/h}$ und beschleunigt innerhalb von $t = 30 \text{ Sekunden}$ von $v_1 = 0 \text{ km/h}$ auf $v_2 = 80 \text{ km/h}$.

Wieviel Rüstzeit bleibt der Besatzung, wenn das in $s = 2,1 \text{ km}$ entfernte Ende der Landebahn in $t = 180 \text{ Sekunden}$ erreicht werden muss.

4.3 Fallzeit

Bei einer Rettung aus großer Höhe fällt ein Karabinerhaken aus ca. 40 m Höhe. Berechnen Sie Fallzeit und Aufprallgeschwindigkeit des Karabinerhakens.

4.4 Sprungpolster

Eine Person steht am Fenster und muss in ein SP 16 springen. Die Höhe bis zum Sprungpolster beträgt 16 m .

- a) Wie viele Sekunden dauert die Flugphase?
- b) Wie groß ist die Geschwindigkeit der Person in km/h beim Auftreffen auf das Sprungpolster?

5 Masse

5.1 Betonplatte

Welche Masse hat eine Betonplatte mit folgenden Abmessungen: Länge $l = 3 \text{ m}$, Breite $b = 2 \text{ m}$, Dicke $d = 15 \text{ cm}$ ($\rho_{\text{Beton}} = 2,8 \text{ kg/dm}^3$)?

5.2 Stahlträger

Berechnen Sie die Masse eines Trägers aus Winkelstahl mit dem in der Abbildung angegebenen Querschnitt und $l = 8,8 \text{ m}$ Länge $\left(\rho_{\text{Stahl}} = 7,8 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right)!$

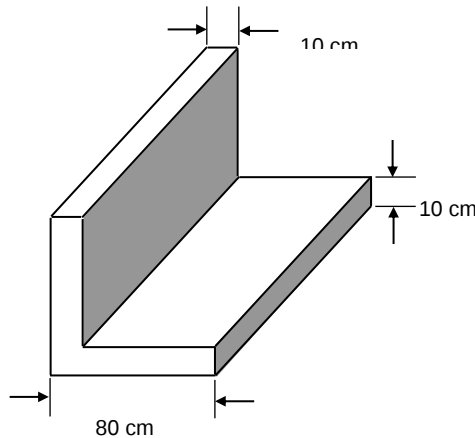


Abb. 1: Stahlträger

Quelle: eigene Darstellung

6 Kräfte

6.1 Kräfte im Straßenverkehr

Bei einem Verkehrsunfall (innerorts) ist ein Pkw mit einer Geschwindigkeit von ca. $v = 50 \text{ km/h}$ frontal gegen einen Baum geprallt und um ca. $s=0,5 \text{ m}$ zusammengestaucht worden.

- Wie groß war die Kraft, die auf einen Insassen mit der Masse $m=80 \text{ kg}$ gewirkt hat?
- Der Oberschenkelknochen ist einer der stabilsten Knochen des Menschen. Er hat einen Durchmesser von ca. $d= 50 \text{ mm}$ und bricht bei einer Belastung von $10^4 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$. Kann der Oberschenkelknochen der Belastung durch den Aufprall standhalten?
- Zur Veranschaulichung der Kräfte bei diesem Aufprall ermitteln Sie, aus welcher Höhe ein Fahrzeug fallen müsste, um die gleiche Geschwindigkeit zu erreichen. (Aus welcher Höhe müsste ein Fahrzeug fallen, um eine Aufprallgeschwindigkeit von 100 km/h zu erreichen?)
- Welche technischen Möglichkeiten (Beispiele) gibt es generell, um Aufprallkräfte zu reduzieren, nach welchem Prinzip funktionieren diese?

6.2 Abschätzen von Lasten

Während eines Gefahrstoffeinsatzes in einem chemischen Betrieb lassen Sie Glycerin ($\rho = 1,26 \text{ g/cm}^3$) in einen Edelstahl-Container fördern. Der Behälter, der Ihnen von der Firma bereitgestellt wird, hat folgende technische Daten:

Nenninhalt : $V = 800 \text{ l}$

Länge : $l = 1,215 \text{ m}$

Höhe : $h = 1,263 \text{ m}$

Breite : $b = 0,823 \text{ m}$

Masse: $m = 205 \text{ kg}$

Nachdem Sie bereits rund 5 Minuten mit einer Fasspumpe ($Q \sim 90 \text{ l/min}$) die Flüssigkeit gefördert haben, erscheint der Werkleiter und teilt Ihnen mit, dass im darunter liegenden Geschoss an der Kellerdecke Abplatzung und Risse auftreten und macht Sie auf folgendes Hinweisschild aufmerksam:

Zulässige Deckenbelastung
800 kp/qm

- a) Welche physikalischen Größen spielen bei diesem Einsatz eine Rolle?
- b) Schätzen Sie, ohne zu rechnen die Last ab, die durch den gefüllten Container erzeugt wird.
- c) Welche Deckenlasten sind in Industriegebäuden üblich?

7 Anschlagen von Lasten

7.1 Die Kunst des Ziehens

Documenta in Kassel: Eine Plastik zu Ehren des Künstlers Beus wurde in der Feuerwehrrufahrt zum Kunstmuseum aufgestellt. Der Kurator ist zunächst empört über die Absicht der Feuerwehr, den Quader aus der Zufahrt zu ziehen, erklärt aber schließlich die Besatzung des RW zu Aktionskünstlern: „Diese Aktion werde die Gewalt des Verschwindens in der Moderne visuell erfahrbar machen. Bei Kunst geht es ja nicht nur um Schönheit, sondern auch um Erfahrung. Aufgabe der modernen Kunst ist schließlich auch, Erfahrungen durch kreative Dekonstruktion des Alten zu ermöglichen und.....“

Das Kunstwerk ist quaderförmig mit den Abmessungen $l = 0,6 \text{ m}$, $b = 0,6 \text{ m}$, $h = 1,03 \text{ m}$ und besteht aus Basaltgestein mit der Dichte ($\rho_{\text{Basalt}} = 3,05 \text{ g/cm}^3$). Der Reibbeiwert beträgt $\mu = 0,9$.

Der Quader wird so angeschlagen, dass ein Spreizwinkel 2α entsteht.

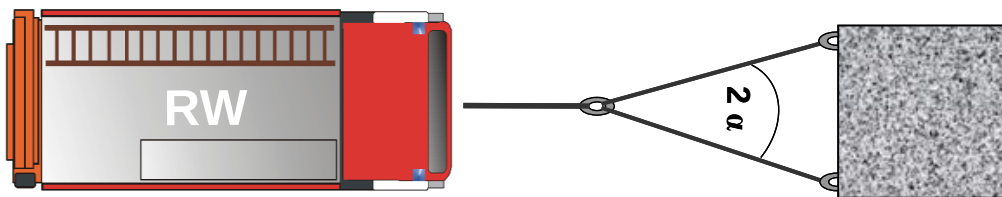


Abb. 2: Die Kunst des Ziehens

Quelle: firegrafics GmbH/ HLFS

- Ist die Zugkraft des RW ausreichend?
- Welche Kraft muss jedes Seil F_{Seil} in Abhängigkeit vom Spreizwinkel 2α aufnehmen? Berechnen Sie F_{Seil} für die Spreizwinkel 60° , 100° , 170° !
- Bei welchem Spreizwinkel ist Tragfähigkeit der Anschlagmittel $TF = 1.050 \text{ kg}$ ($F_{\text{An}} = 10.300 \text{ N}$) erreicht.
- Welche Spreiz- bzw. Neigungswinkel gilt es bei Zug- oder Hubvorgängen einzuhalten?

7.2 Neigungswinkel

Aufgrund von unsymmetrischer Masseverteilung wird eine Masse von $m = 5000 \text{ kg}$ außermittig mit Hilfe von zwei Stahlseilen angehoben.

Wie groß sind die Kräfte in den Seilen 1 und 2?

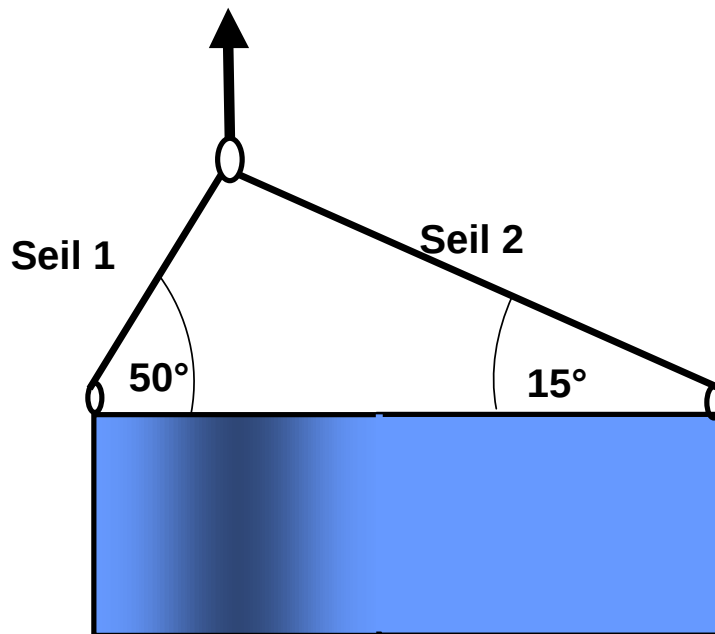


Abb. 3: Neigungswinkel

Quelle: eigene Darstellung

Physik (Übungsaufgaben)

7.3 Mehrzweckzug

Ein von der Fahrbahn abgekommener Lkw, wird mit einem MZ 32 und einem MZ16 in der unten dargestellten Weise wieder zurück auf die Straße gezogen.

Wie groß ist die resultierende Zugkraft am Anfang der Bewegung, wenn die Zugseile einen Winkel von 42° einschließen und wie verändert sich die Zugkraft mit dem Fortgang des Zugvorganges?

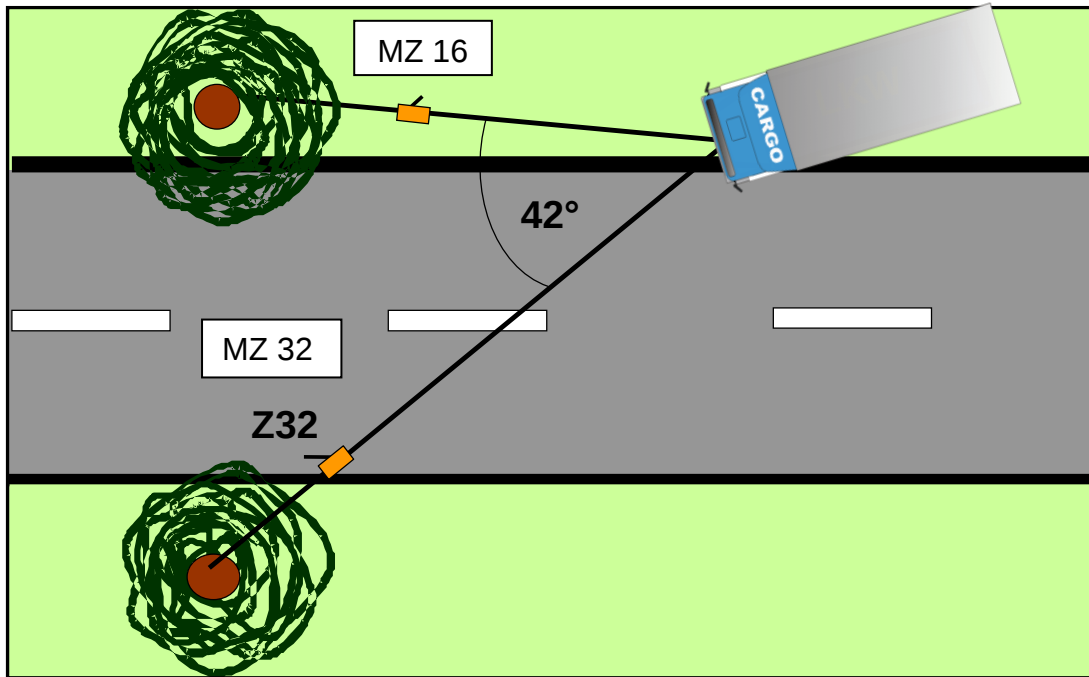


Abb. 4: Mehrzweckzug

Quelle: firegrafics GmbH / eigene Darstellung

8 Reibung

8.1 Ladungssicherung

Auf einem LKW soll ein Behelfswassertank mit einem Fassungsvermögen von 5000 Litern verlastet werden. Er soll durch Niederzurren mit Spannbändern (vertikaler Zurrwinkel: 90°) so gesichert werden, dass eine maximale Bremsverzögerung von 8 m/s^2 nicht zum Verrutschen der Ladung führt.

Der Reibbeiwert μ zwischen Wassertank und Ladefläche ist 0,3. Das Eigengewicht des Tanks ist zu vernachlässigen.

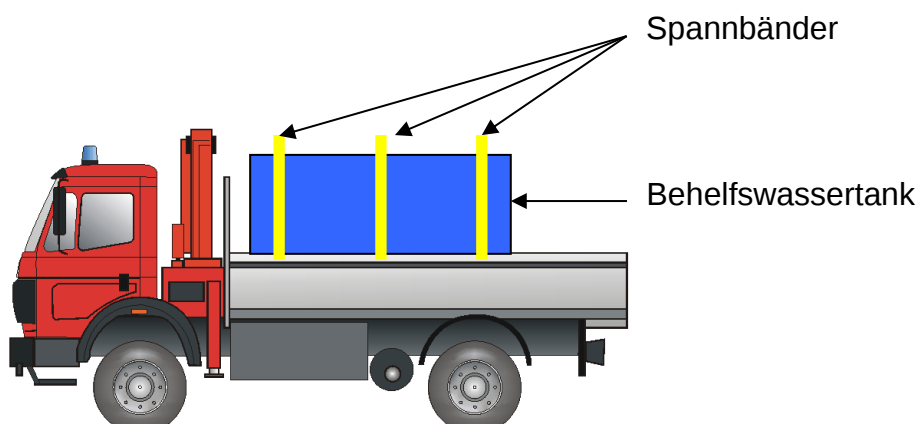


Abb. 5: Ladungssicherung

Quelle: firegrafics GmbH / eigene Darstellung

- Benennen Sie die wirkenden Kräfte und geben Sie Formeln zur Berechnung an.
- Welche Verzögerungskraft durch den Tank entsteht beim Bremsen und welche Reibkraft steht dieser entgegen?
- Welche Niederzurrkraft müssen die Spannbänder insgesamt ergänzend aufbringen?
- Wie viele Spannbänder sind notwendig, wenn jedes eine Vorspannkraft von $F_{\text{Vorspann}} = 250 \text{ daN}$ besitzt und durch Kantenschutzwinkel ein Kraftverlust auf der ratschenlosen Seite verhindert wird?
- Wie würde sich die Zahl der Spanngurte verändern, wenn diese eine Vorspannkraft von $F_{\text{Vorspann}} = 450 \text{ daN}$ hätten und welche andere Möglichkeit gibt es die Anzahl der Spanngurte zu reduzieren?
- Wie verändert sich die Zurrkraft, wenn der vertikale Zurrwinkel kleiner als 90° ist? Geben Sie eine Formel zur Berechnung der vertikalen Komponente der Vorspannkraft an!

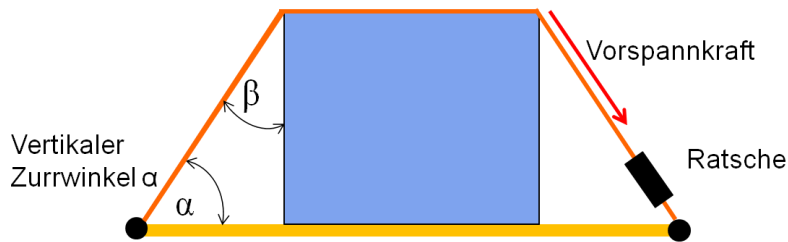


Abb. 6: Ladungssicherung Winkel

Quelle: eigene Darstellung

Rechnen Sie mit $g \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$!

Hinweis: Im Bereich Ladungssicherung wird häufig die Einheit daN verwendet (1daN = 10N). Durch den Vorsatz da (Deka) ist eine zahlenmäßige Umrechnung nicht mehr erforderlich. Eine Masse von 1000 kg entspricht einer Gewichtskraft von 1000 daN.

9 Drehmoment

9.1 Drehmomentschlüssel

Sie haben den Auftrag, einen manuellen Drehmomentschlüssel für die Kfz-Werkstatt zu beschaffen. Das max. mögliche Anzugmoment des Schlüssels muss 550 Nm betragen. Bei den Angeboten fällt eines preislich aus dem Rahmen. Aufgrund der besonders kompakten Bauform, Gesamtlänge 500mm, wird dieses Werkzeug für 50% des Preises der anderen Angebote vertrieben. Wie bewerten Sie dieses Angebot?

10 Hebel

10.1 Kesselwagen

Ein entgleister Kesselwagen soll wieder in die Schienen gehoben werden. Seine Masse leer beträgt 11,15 t. Der Tank des Kesselwagens hat ein Volumen von 30 m^3 und ist zu 85 % gefüllt mit 37-prozentiger Schwefelsäure ($\rho = 1,28 \text{ g/cm}^3$). Die Länge über Puffer beträgt 8,8 m. Wie groß ist die Kraft, die aufgewendet werden muss, wenn man den Kesselwagen am äußersten Ende anhebt? Der Achsenabstand beträgt 5 m.

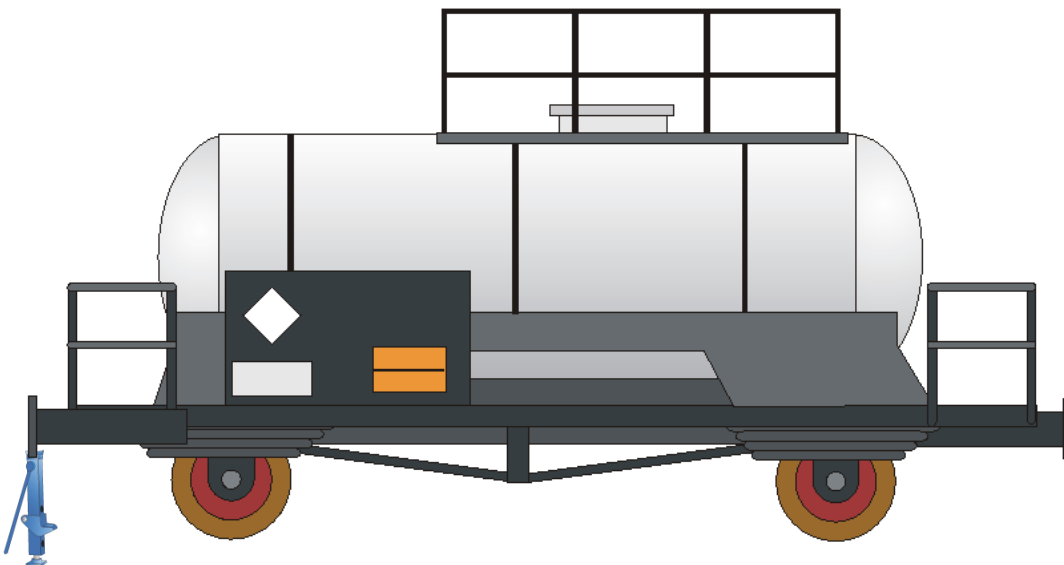


Abb. 7: Kesselwagen

Quelle: firegrafics GmbH / eigene Darstellung

Winkelhebel

- g) Welche Last hängt zu Beginn des Zugvorganges am Zugseil, wenn die Masse des umgestürzten Lkw im Schwerpunkt ca. $m = 4,5 \text{ t}$ beträgt?
- h) Wie verändern sich Lastarm, Kraftarm und somit die „Aufrichtkraft“ beim Anheben des Fahrzeuges?

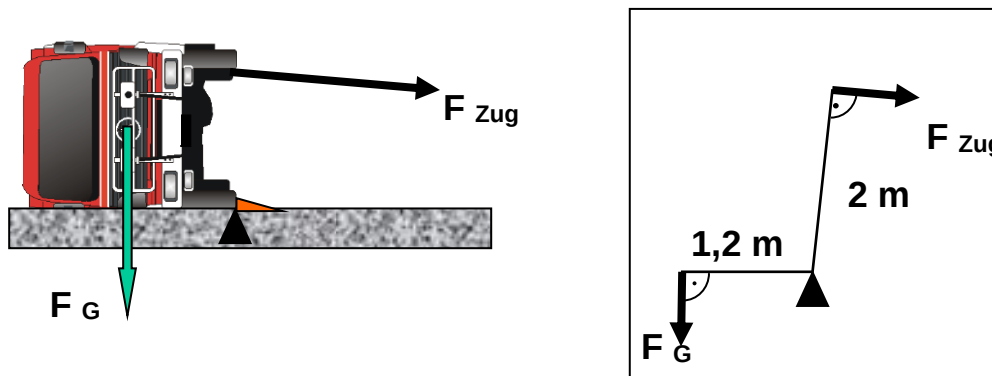


Abb. 8: Winkelhebel

Quelle: firegrafics GmbH / eigene Darstellung

11 Auflagekräfte

11.1 Krankentrage

Zum Thema Krankentrage sagt der altgediente Hauptbrandmeister Manni Kraft: „Man muss immer zusehen, dass man am Fußende geht. Da musst Du nur 1/3 der Last tragen! Aber, wenn die neuen Anwarter kommen, muss man immer dicke Backen machen und so tun, als ob man das schwerere Ende der Trage hat.“

- Was sind Auflagerkräfte und wie ermittelt man sie?
- Überprüfen Sie die Aussage von Hauptbrandmeister Kraft im skizzierten Beispiel: Die Masse des Patienten beträgt (im Massenmittelpunkt, $l_1 = 80\text{ cm}$ vom Kopfende entfernt) $m_1 = 105\text{ kg}$, die Krankentrage hat ein Eigengewicht von $m_2 = 9\text{ kg}$.

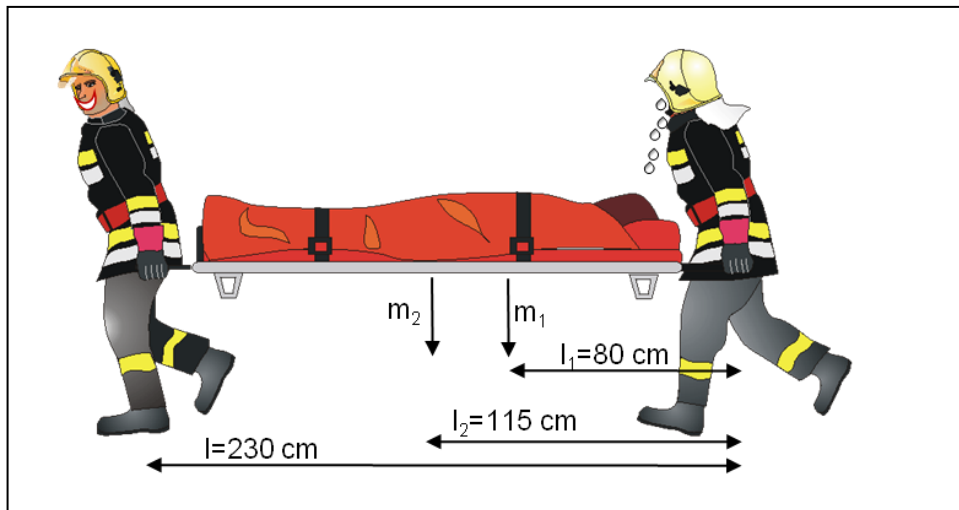


Abb. 9: Krankentrage

Quelle: firegrafics GmbH/ HLFS

12 Rollen

12.1 Pferd in Grube

Ein Shetlandpony ist in eine Grube gefallen. Die Feuerwehr entschließt sich es wie dargestellt mit einem Mehrzweckzug MZ 16 herauszuziehen.

Zur Verfügung steht ein MZ 16 mit einer 32 kN Rolle und ein zusätzliches Stahlseil ausgelegt für 2,2 t.

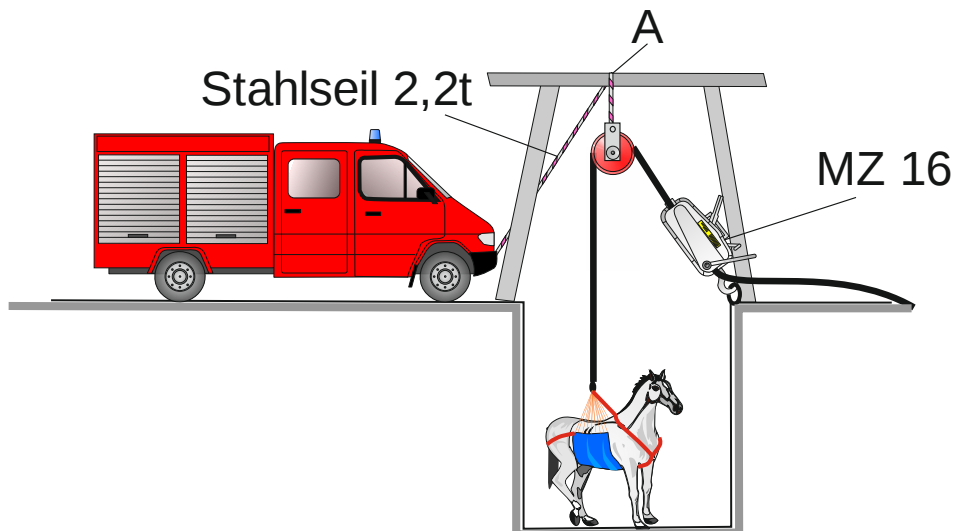


Abb. 10: Pferd in Grube

Quelle: firegrafics GmbH / HLFS

Wie groß ist die mögliche Belastung auf die vorhandene Traverse im Punkt A? Die Masse des Ponys gibt der Besitzer mit 230 kg an.

12.2 Rollgliss

- Wie viel Kraft muss der Feuerwehrmann (SB) (95 kg) aufbringen, um sich und die zu rettende Person (85 kg) mit dem dargestellten Rollgliss nach oben zu ziehen?
- Wieviele Meter Seil gehen durch seine Hände, wenn er sich mit der Person 3 m hochzieht?

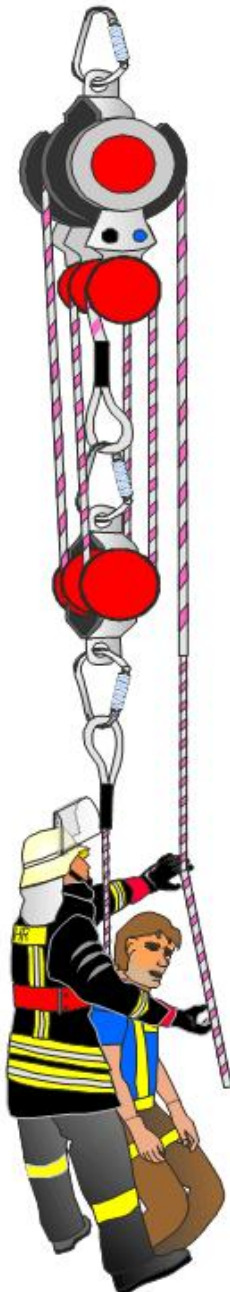


Abb. 11: Rollgliss

Quelle: firegrafics GmbH

13 Erdanker

13.1 Erdanker

Brandinspektor Max Kraft möchte im Übungsdienst den Mehrzweckzug MZ 16 vorstellen. Er hat dazu folgende Übungslage aufgebaut.

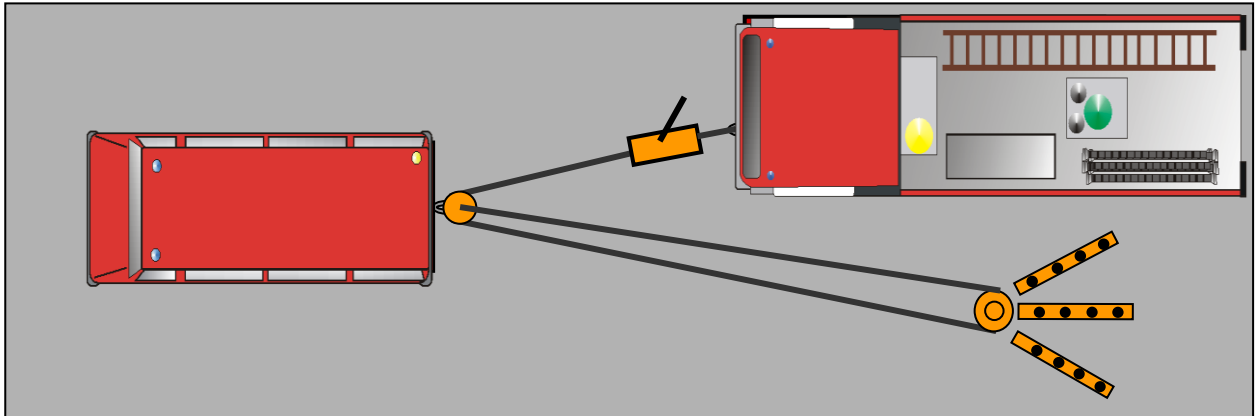


Abb. 12: Erdanker

Quelle: firegrafics GmbH / HLFS

- Gelingt es Herrn Kraft, den MTW ($m = 3 \text{ t}$) in Richtung LF 16 zu ziehen ($\mu = 1$)? Begründen Sie Ihre Aussage!
- Mit welcher Zugkraft wird der Erdanker belastet, wenn der MZ 16 eine Zugkraft von $F_{\text{Zug}} = 10 \text{ kN}$ aufbringt?
(Anmerkung: Die Seilführung verlaufe in 1. und 2. näherungsweise parallel)
- Zeigen Sie mit Hilfe der Vektorrechnung, dass es beim Einsatz des Erdankers mehr Sinn macht, die Erdnägels in Zugrichtung statt entgegen der Zugrichtung einzuschlagen.

Anleitung: Zerlegen Sie die Zugkraft in eine Komponente entlang des Erdnagels und eine senkrecht dazu verlaufende Komponente und beachten Sie die Richtung dieser sogenannten Querkraft.

14 Aufrichten von Fahrzeugen

14.1 Aufrichten eines Tankwagens

Ein infolge eines Verkehrsunfalls umgekippter 40t -Tanklastzug soll wieder aufgerichtet werden. Da die Entnahmearmaturen nicht zugänglich sind, muss der Tankwagen mitsamt seiner Ladung aufgerichtet werden.

Der Tankwagen hat 23500 Liter auf 200°C aufgewärmtes, flüssiges Bitumen mit einer Dichte von $\rho=0,96 \text{ g/cm}^3$ geladen (UN Nr. 1999, Nr. zur Kennzeichnung der Gefahr: 33).

Ihnen stehen drei Fahrzeuge mit Seilwinden und ein Autokran mit einer Hubkraft von 200 kN zur Verfügung.

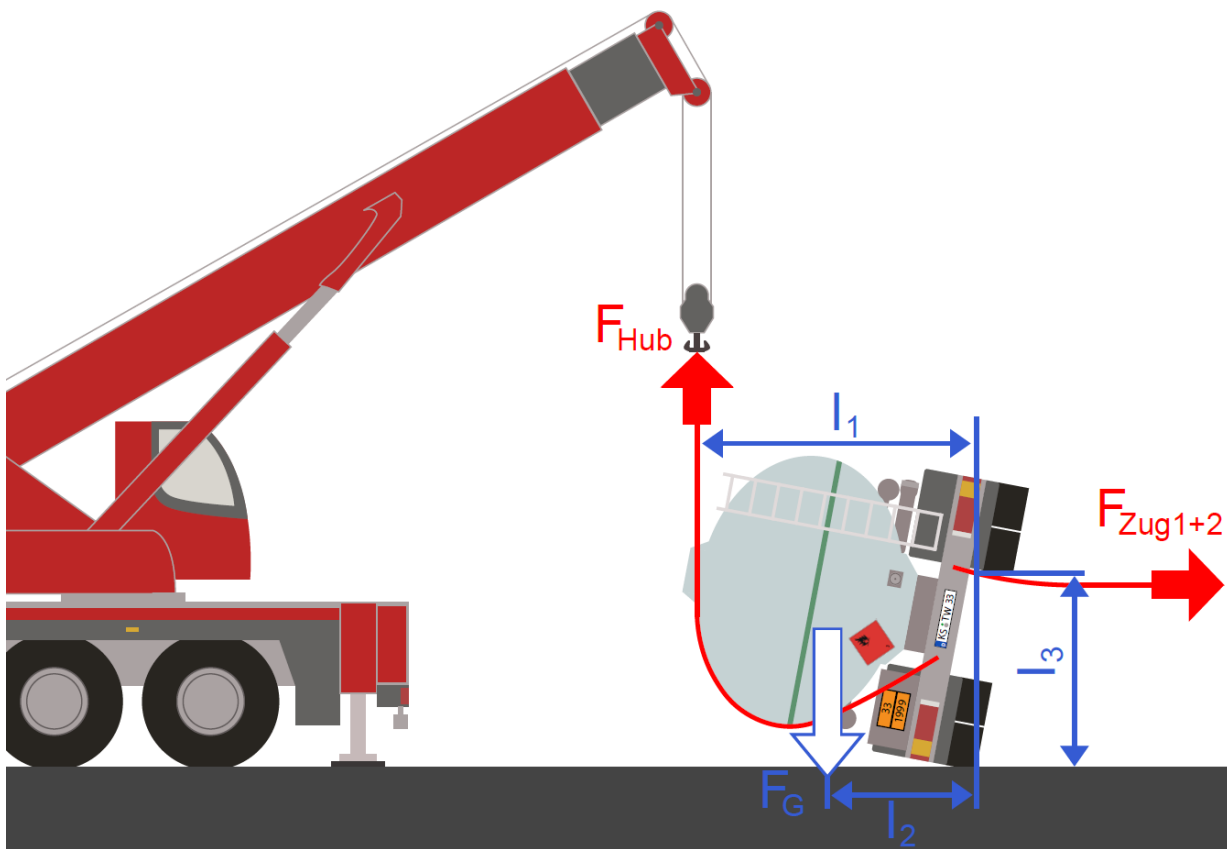


Abb. 13: Aufrichtung eines Tankwagens

Quelle: eigene Darstellung

F_{Hub} :	Hubkraft des Autokrans
F_{Zug1} :	Zugkraft an der Zugmaschine
F_{Zug2} :	Zugkraft am Auflieger
F_{G} :	Gewichtskraft der Ladung, Zugmaschinen und Auflieger
l_1 :	Abstand des Zugseils zur Kippkante; $l_1= 3,08\text{m}$
l_2 :	Abstand des Schwerpunktes zur Kippkante; $l_2= 1,56 \text{ m}$
l_3 :	Abstand der Zugseile zur Kippkante; $l_3= 1,86 \text{ m}$
l_4 :	Fahrzeugbreite; $l_4= 2,49\text{m}$

Physik (Übungsaufgaben)

- a) Recherchieren Sie, welche Gefahren von der Ladung ausgehen. Welche flankierenden Maßnahmen leiten Sie ein?
- b) Wie verteilen Sie die Fahrzeuge an der Einsatzstelle?
- c) Welche Anschlagpunkte am Fahrzeug sind geeignet, welche nicht?
- d) Berechnung der Obergrenzen:
 - a. Gelingt es den Tankwagen allein mit dem Kran aufzurichten?
 - b. Gelingt es den Tankwagen mit zwei Seilwinden aufzurichten?
- e) Welche maximale Kraft könnte im Sicherungsseil auftreten (ohne Kran)?
- f) Gelingt es mit zwei Winden den entleerten Tankwagen aufzurichten?

15 Schiefe Ebene

15.1 Schrottleiter

Mit Hilfe einer sogenannten Schrottleiter können verunfallte LKW an Stellen, die für Gabelstapler unzugänglich sind, abgeladen werden.

Im Rahmen einer Einsatzübung möchte BOI Kraft volle 200 Liter Fässer von der Ladefläche eines LKW abladen lassen. Hierfür lässt er die unten dargestellte Anordnung aufbauen. Mutet er den Einsatzkräften zu viel zu?



Abb. 14: Schiefe Ebene

Quelle: eigene Darstellung

- a) Welche physikalischen Gesetzmäßigkeiten finden hier Anwendung?
- b) Schätzen Sie ab, welche Kraft jeder der CSA-Träger aufbringen muss, um das Fass auf der Schrottleiter zu halten?
- c) Wie könnte man die Haltekräfte noch weiter reduzieren?

15.2 Notfalltank

Der unten skizzierte Notfalltank hat eine Masse von $m = 2,1 \text{ t}$ und wird bei einem Gefahrguteinsatz zur Zwischenlagerung von Heizöl ($\rho_{\text{Heizöl}} = 0,89 \text{ kg/l}$) benutzt.

Der Tank muss in leicht abschüssigem Gelände (Schiefe Ebene) aufgestellt werden.

- Wie lauten die Gesetzmäßigkeiten für Berechnungen an der Schiefen Ebenen?
- Besteht Gefahr, dass der Tank die schiefe Ebene herunterrutscht, wenn er mit $V = 4500 \text{ l}$ Heizöl befüllt wird und der Reibungsfaktor $\mu = 0,5$ beträgt?

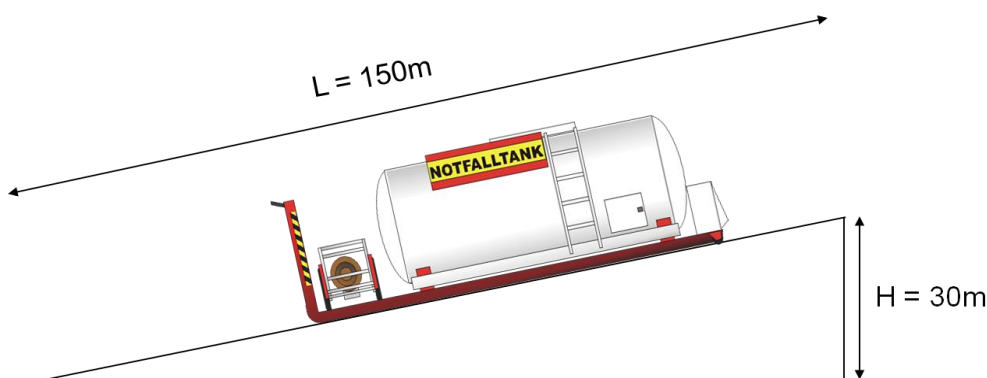


Abb. 15: Notfalltank

Quelle: firegrafics GmbH / HLFS

Rechnen Sie mit $g \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$!

15.3 Falschparker

Ein falsch geparkter Klein-LKW mit einer Masse $m = 10.000 \text{ kg}$ behindert die Arbeit der Feuerwehr.

- Kann der geparkte LKW mit der maschinell angetriebene Zuginrichtung des RW 1 weggezogen werden? ($\mu_{\text{Haft}} = 0,5$; $\mu_{\text{Roll}} = 0,04$)
- Kann das Wegziehen gelingen, wenn der LKW auf einer Straße mit 10% Gefälle steht und nur nach oben weggezogen werden kann?
- Wie könnte die Zugkraft reduziert werden?
- Häufig wird als Faustwerte für Zugvorgänge der Reibbeiwert mit $\mu = 0,5$ (Gummi auf Asphalt) abgeschätzt. Erläutern Sie die praktischen Konsequenzen.

16 Seilreibung

16.1 Seilreibung

- a) Was versteht man unter Seilreibung? Erläutern Sie den Sachverhalt anhand eines Pollers, wobei F_1 die übertragbare Seilkraft zum Festmachen des Schiffes und F_2 die Haltekraft bezeichnen sollen.

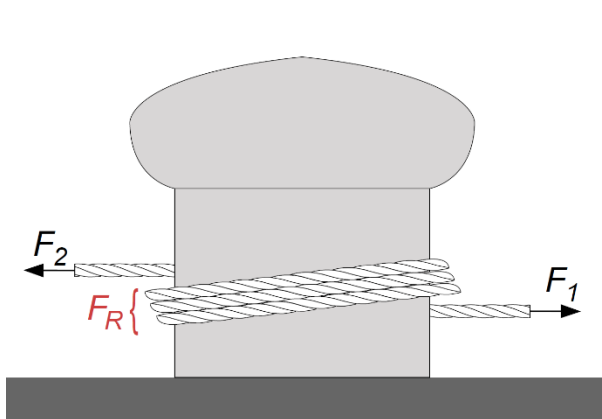


Abb. 16: Seilreibung

Quelle: eigene Darstellung

- b) Welche Gesetzmäßigkeiten gelten für Reibungseffekte von Seilen an Zylindern?
- c) Auf einer Trommelwinde wird das Drahtseilende mit einer Kraft von $F = 20,3 \text{ kN}$ auf die Trommel gepresst. Die Reibzahl ist mit $\mu = 0,2$ angegeben und der Umschlingungswinkel mit $\alpha = 720^\circ$. Welche Zugkraft kann von der Winde aufgebracht werden?

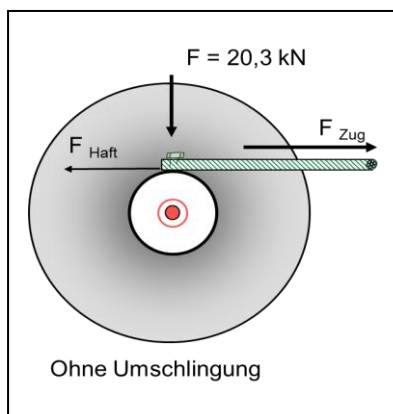


Abb. 17: Trommelwinde

Quelle: eigene Darstellung

16.2 Rettungsübung

Welche Haltekraft muss ein Feuerwehrmann aufbringen, wenn er bei einer Rettungsübung eine Person mit der Masse $m = 93 \text{ kg}$ über den Halbmastwurf sichert? Die Reibzahlen Polyamid auf Stahl und Polyamid auf Polyamid betragen 0,3 und 0,5.



Abb. 18: Rettungsübung

Quelle: eigene Darstellung

17 Druck / Spannung**17.1 Seile**

Das Zugseil einer Vorbauseilwinde hat bei einem Durchmesser von $d = 16 \text{ mm}$ einen metallischen Querschnitt von $0,98 \text{ cm}^2$.

- Wie groß ist die Zugspannung im Drahtseil, wenn mit einer Zugkraft von $F_{\text{Zug}} = 50 \text{ kN}$ an einer Last gezogen wird?
- Das Seil ist mit einer Bruchfestigkeit von $\sigma_B = 3100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ hergestellt. Welche Sicherheit ergibt sich daraus für den beschriebenen Zugvorgang und ist diese ausreichend?
- Wie wird die Tragfähigkeit von Seilen ermittelt und gibt es Faustformeln zur Abschätzung der Belastbarkeit von Seilen?

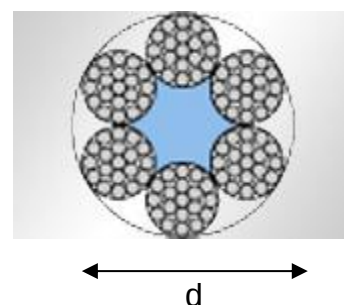


Abb. 19: Seile

Quelle: eigene Darstellung

17.2 Zugspannung Kette

Mit einer Kette soll eine Masse von $m = 3,1 \text{ t}$ angehoben werden. Wie groß muss der Durchmesser des Kettenrundstahles sein, wenn die zulässige Zugspannung von $\sigma_{\text{Zzul}} = 60 \text{ N/mm}^2$ nicht überschritten werden darf?



Abb. 20: Zugspannung Kette

Quelle: eigene Darstellung

17.3 Hebekissen

Wie groß ist die Kraft, die durch ein Hebekissen (kreisförmige Auflagefläche, Durchmesser $d = 90 \text{ cm}$), das mit einem Druck von $p = 1,0 \text{ bar}$ betrieben wird, aufgebracht werden kann?

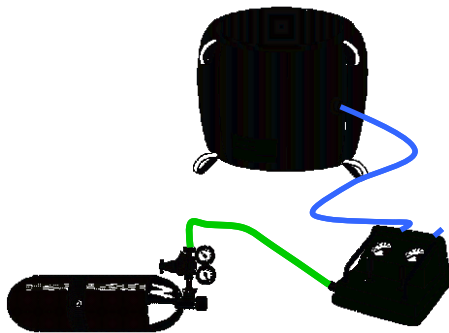


Abb. 21: Hebekissen

Quelle: firegrafics GmbH / HLFS

Physik (Übungsaufgaben)

17.4 Hydraulik

Druckkrafthebezeuge finden in der Technik viele Anwendungen, wie z. B. Wagenheber, Hebebühne, hydraulische Pressen u. a. .

- a) Erläutern Sie das Funktionsprinzip anhand der nachfolgenden Skizze

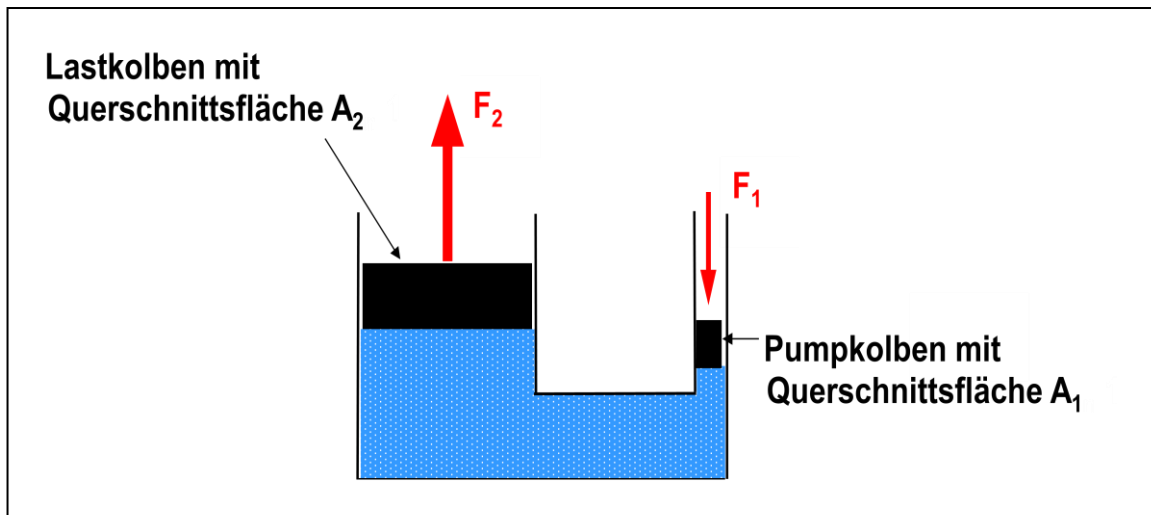


Abb. 22: Hydraulik

Quelle: eigene Darstellung

- b) Welche Masse m kann mit dem skizzierten hydraulischen Heber angehoben werden, wenn die Kraft F an der Hebelstange $F = 300 \text{ N}$ beträgt?
Die Masse m soll um $s_1 = 10 \text{ cm}$ angehoben werden, wie oft muss der Pumpkolben betätigt werden, wenn am Kolben 2 die Hublänge $s_2 = 5 \text{ cm}$ beträgt?

Technische Daten:

Querschnittsfläche Kolben 1: $A_1 = 76 \text{ cm}^2$

Querschnittsfläche Kolben 2: $A_2 = 3,8 \text{ cm}^2$

Länge $l_A = 7 \text{ cm}$

Länge $l_B = 100 \text{ cm}$

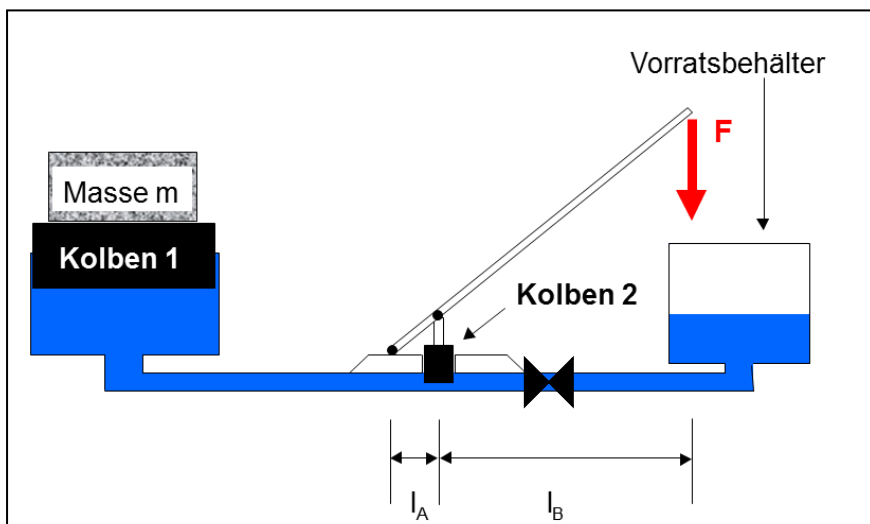


Abb. 23: Hydraulik, Kolben

Quelle: eigene Darstellung

Physik (Übungsaufgaben)

17.5 Hydraulischer Spreizer

Erläutern Sie den prinzipiellen Aufbau eines hydraulischen Spreizers und bestimmen Sie die Spreizkraft und die Schließkraft an den Spitzen des unten dargestellten Spreizers mit folgenden technischen Daten.

Durchmesser $D = 110 \text{ mm}$,

Durchmesser $d = 30 \text{ mm}$,

$L_1 = 10 \text{ cm}$,

$L_2 = 60 \text{ cm}$,

Druck $p = 720 \text{ bar}$

Beachten Sie dabei, dass beide Spreizarme Arbeit verrichten und deshalb die Kraft auf beide Arme verteilt wird.

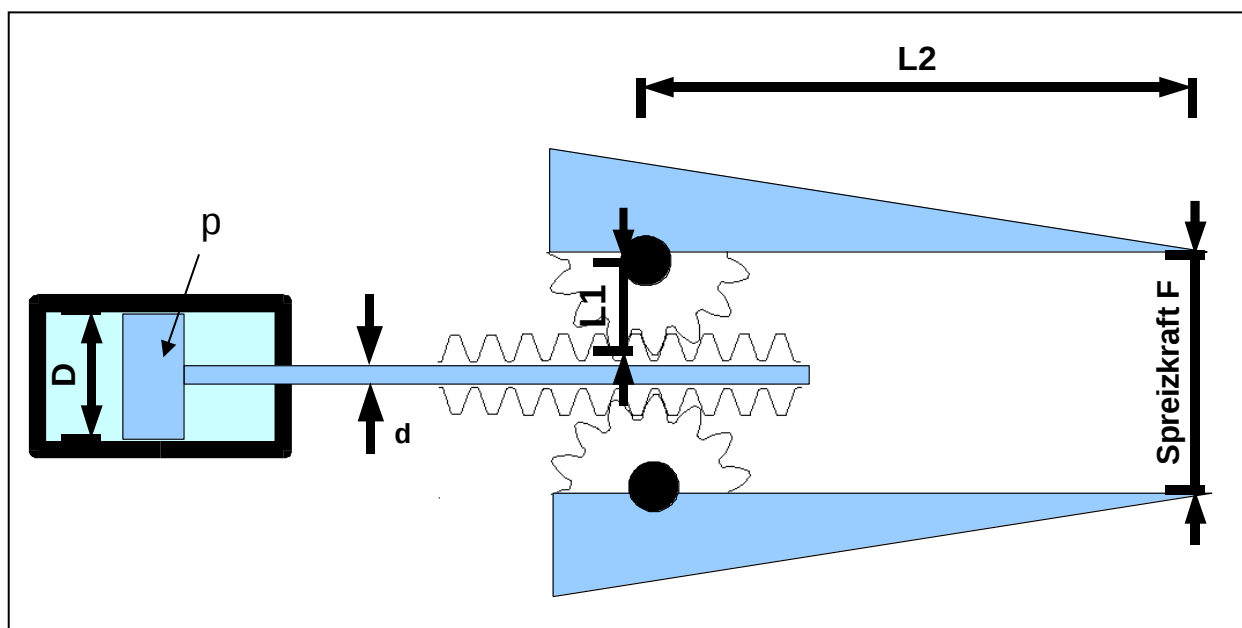


Abb. 24: Hydraulischer Spreizer

Quelle: eigene Darstellung

Physik (Übungsaufgaben)

17.6 Spreizkraft-Weg Diagramm

Wie groß wird die Kraft, im Punkt F1, wenn sich der Spreizerarm um 200 mm hebt? Im geschlossenen Zustand hat der Spreizer im Punkt F1 eine Kraft von 68 kN (siehe Diagramm).

Drehpunkt des Armes ist der Punkt M.

Es soll nur ein Spreizerarm betrachtet werden!

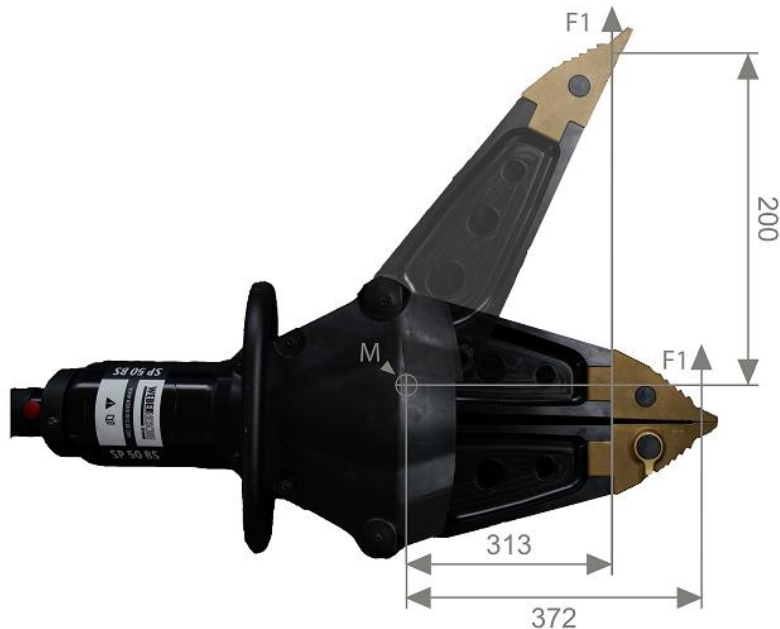
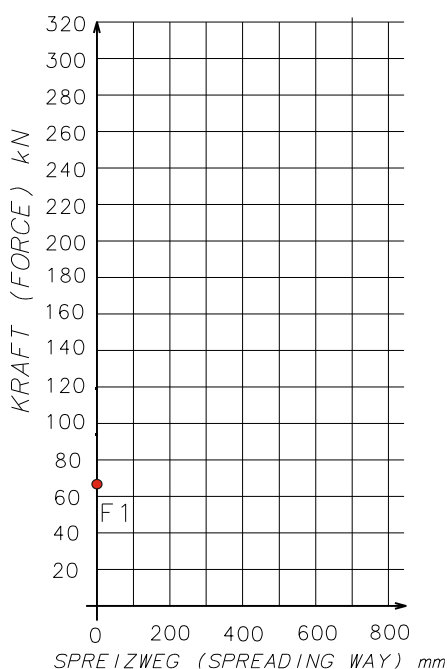


Abb. 25: Spreizer

Quelle: eigene Darstellung

Tragen Sie das Ergebnis in das Kraft-Weg-Diagramm ein.



17.7 Niedrigenergiehaus

In der Nacht zum 5. Februar 2013 brach in dem Büroappartement eines Kölner Mieters ein Brand aus. Der Mieter war nicht in der Lage, über einen Zeitraum von etwa 90-110 Sekunden weder die unverschlossene Haus- noch die Balkontüre zu öffnen. Von der Feuerwehr wurde er mit Verbrennungen ersten Grades und Verdacht auf eine Rauchgasvergiftung in eine Klinik gebracht.

Der Wohnungsbrand fand in einem 2008 kernsanierten Wohngebäude statt, das einer besonders dichten Bauart entspricht, vergleichsweise etwa einem Niedrigenergie- oder einem Passivhaus.

Studien haben ergeben, dass durch entstehenden Brandrauch, wenn keine Belüftung vorhanden ist, Drücke bis zu $p = 500 \text{ Pa}$ auftreten können.

Wie groß ist die Kraft, um eine Tür bei einem Druckaufbau von $p = 500 \text{ Pa}$ im Brandraum zu öffnen?

17.8 Implosion

- a) Welche Kraft übt der Luftdruck auf eine Fläche von $A = 1 \text{ cm}^2$ aus?
- b) Welcher Masse entspricht diese Kraft?

Am Vormittag des 10.11.08 sollte im Hafen von Deggendorf ein Kesselwagen der Deutschen Bahn AG entladen werden. Bei der Entladung des Wagens auf Lkws versagte wohl ein Sicherheitsventil, das für den Druckausgleich bei der Entladung sorgen sollte. Der Kesselwagen war mit 67.167 Litern Diesel voll beladen. Nach der Entladung von rund der Hälfte der Ladung sackte die Kesselwand aufgrund starken Unterdrucks plötzlich stark nach innen und drohte zu implodieren.

18 Arbeit / Energie

18.1 Belastungsprogramm Atemschutz

Erstellen Sie ein Belastungsprogramm Atemschutz, bei dem eine Arbeit von $W = 80 \text{ kJ}$ verrichtet wird.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Atemschutzübungsstrecke eine Länge von $s = 100 \text{ m}$ hat und pro 10m eine Arbeit von $W = 4 \text{ kJ}$ verrichtet wird.

Jedes der nachfolgend vorgestellten Geräte soll zum Einsatz kommen. Dauer, Höhe und Anzahl dürfen Sie individuell zusammenstellen. Verwenden Sie zur Berechnung ihre eigene Körpermasse und rechnen Sie mit $g = 10 \text{ m/s}^2$.



a



b

1. Leiter: Eigenmasse und $m = 25 \text{ kg}$ Ausrüstung (wie hoch?)

2. Hammer: Zug mit $m = 25 \text{ kg}$ und $l = 1 \text{ m}$ (wie viel?)



c



d

3. Laufband: 10% Steigung bei $v = 6 \text{ km/h}$ (wie lange?)

4. Fahrrad: Antriebsleistung $P = 150 \text{ W}$ (wie lange?)

Abb. 26 a-d:
Belastungsprogramm
Atemschutz

Quelle: eigene
Darstellung

19 Leistung

19.1 Pumpenleistung

In einem Hochhaus (Höhe $h = 120\text{ m}$) wird eine stationäre Feuerlöschpumpe benötigt, die in der Lage ist, eine Wassermenge von $V=1000\text{ l}$ pro Minute bei einem Strahlrohrdruck von $p = 5\text{ bar}$ zu fördern.

Der Eigentümer möchte eine Pumpe mit einer Motorleistung von $P_A = 31\text{ kW}$ einbauen. In der Gerätebeschreibung wird der Wirkungsgrad dieser Pumpe mit $\eta_P = 0,86$ und der Wirkungsgrad des antreibenden Elektromotors mit $\eta_M = 0,92$ angegeben.

- a) Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad des Motor-Pumpe-Systems
- b) Beurteilen Sie, ob diese Pumpe geeignet ist. Der Druckverlust durch Reibung ist zu vernachlässigen.

19.2 Leistung einer TP 8/1

Welche elektrische Antriebsleistung benötigt eine TP 8/1, wenn sie bei Nennleistung betrieben wird?

- a) Berechnen Sie die erforderliche Leistung am Pumpenrad
- b) Berechnen Sie die erforderliche Leistung an der Pumpenwelle bei $\eta_{\text{Pumpe}} = 0,65$
- c) Berechnen Sie die erforderliche elektrische Antriebsleistung bei $\eta_{\text{E-Mot}} = 0,84$

20 Wärmelehre

20.1 Längenausdehnung Stahlträger

Um welche Strecke verlängert sich ein Stahlträger der Länge $l = 8\text{ m}$, wenn die Temperatur des Stahlträgers von $t_1 = 20^\circ\text{C}$ auf $t_2 = 460^\circ\text{C}$ erhöht wird und der Längenausdehnungs-

koeffizient $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ beträgt?

Physik (Übungsaufgaben)

20.2 Druckkraft Stahlträger

Ein Stahlträger wird durch Wärme beaufschlagt und gleichmäßig durchwärmt.

- a) Welche Wärmespannung entsteht, wenn der Längenausdehnungskoeffizient

$$\alpha_{\text{St}} = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 1/\text{K}, \text{ die Anfangstemperatur } t_{\text{Anfang}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ und die Endtemperatur } t_{\text{End}} = 350 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ beträgt. Rechnen Sie mit } E = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} !$$

- b) Welche Druckkraft kann entstehen, wenn der Träger eine Querschnittsfläche von $A = 39,5 \text{ cm}^2$ hat und der Träger nicht ausweicht?

20.3 Öltank

Ein mit Öl gefüllter zylindrischer Stahltank hat bei $t_0 = 15^{\circ}\text{C}$ einen Durchmesser von $d = 30 \text{ m}$. Der Ölstand beträgt $l_1 = 15 \text{ m}$. Da der Nachbartank in voller Ausdehnung brennt, steigt die Temperatur des zu betrachtenden Stahltanks mit dem Öl auf

$$t_1 = 165 \text{ }^{\circ}\text{C} \left(\gamma_{\text{Öl}} = 7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \right).$$

Um welchen Betrag steigt der Ölspiegel im Tank infolge der Erwärmung?
Vernachlässigen Sie bei der Berechnung die Volumenzunahme der Stahlwandung!

20.4 Atemluftflasche

Welcher Druck stellt sich in einer Atemluftflasche nach der Abkühlung auf $t_0 = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ein, wenn die Temperatur des Druckgases nach der Füllung der Flasche $t_1 = 46 \text{ }^{\circ}\text{C}$ beträgt und das Füllmanometer $p_1 = 310 \text{ bar}$ anzeigt?

20.5 Sauerstoffflasche

In einer Gasflasche mit einem Fassungsvermögen von $V = 40 \text{ l}$ wird bei $t_1 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Sauerstoff bis zu einem Gesamtdruck von $p = 200 \text{ bar}$ eingefüllt.

- a) Wie viel Liter Sauerstoff kann man bei $t_2 = 25^{\circ}\text{C}$ und $p_2 = 2 \text{ bar}$ daraus entnehmen?
- b) Sie haben der Flasche bei letzteren Bedingungen $V = 2000 \text{ l}$ entnommen. Welchen Druck hat die Flasche bei $t_3 = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$?

21 Strömungslehre

21.1 Strömungsgeschwindigkeit

Durch eine B-Leitung der Länge $l = 100 \text{ m}$ soll ein Förderstrom von $Q = 400 \text{ l/min}$ gefördert werden.

- a) Wie groß ist die mittlere Strömungsgeschwindigkeit v_B ?
- b) Welche Strömungsgeschwindigkeit v_C ergibt sich, wenn der genannte Förderstrom durch eine C 42-Leitung gefördert wird?

21.2 Leckagen

Durch ein abgerissenes Bodenventil mit dem Durchmesser $d = 8 \text{ cm}$ läuft Öl aus einem Öltank. Die Höhe des Ölspiegels beträgt $h = 1,5 \text{ m}$.

- a) Leiten Sie aus der Bernoulligleichung ein Ausflussgesetz für Flüssigkeiten her.
Anleitung:
 - a. Ordnen Sie die Gleichung so, dass auf der einen Seite des Gleichheitszeichens nur der Zuwachs an kinetischer Energie je Volumen steht.
 - b. Setzen Sie $p_{st1} \approx p_{st2}$ und $v_1 \approx 0$
- b) Bestimmen Sie die mittlere Ausströmgeschwindigkeit bei einer Ausflussziffer von $\mu = 0,6$.
- c) Bestimmen Sie die Ausflussmenge in l/min .
- d) Gibt es Faustformeln zur Abschätzung von Ausflussmengen?

21.3 Sturmschaden

Ein lose auf einem geschlossenen Gebäude aufliegendes Blechdach (Länge $l = 10 \text{ m}$, Breite $b = 4 \text{ m}$, Masse $m = 6000 \text{ kg}$) wurde von einem Sturm angehoben und heruntergeweht. Schätzen Sie die Windgeschwindigkeit, die der Sturm mindestens hatte. (Dichte von Luft $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$)

22 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Stahlträger	7
Abb. 2: Die Kunst des Ziehens	9
Abb. 3: Neigungswinkel	10
Abb. 4: Mehrzweckzug.....	11
Abb. 5: Ladungssicherung	12
Abb. 6: Ladungssicherung Winkel	13
Abb. 7: Kesselwagen	14
Abb. 8: Winkelhebel.....	14
Abb. 9: Krankentrage	15
Abb. 10: Pferd in Grube	16
Abb. 11: Rollgliss	17
Abb. 12: Erdanker.....	18
Abb. 13: Aufrichtung eines Tankwagens.....	19
Abb. 14: Schiefe Ebene	21
Abb. 15: Notfalltank	22
Abb. 16: Seilreibung	23
Abb. 17: Trommelwinde	23
Abb. 18: Rettungsübung	24
Abb. 19: Seile	24
Abb. 20: Zugspannung Kette	25
Abb. 21: Hebekissen.....	25
Abb. 22: Hydraulik	26
Abb. 23: Hydraulik, Kolben	26
Abb. 24: Hydraulischer Spreizer	27
Abb. 25: Spreizer	28
Abb. 26 a-d: Belastungsprogramm Atemschutz.....	30