



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Trainer Tabellenbuch Metall

Fit in der Anwendung

2. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 14030

Autoren:

Michael Hötger	Sundern
Marcus Molitor	Warstein-Belecke
Volker Tammen	Wiefelstede

Lektorat:

Roland Gomeringer, Meßstetten

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Maßgebend für die Anwendung der Normen und der anderen Regelwerke sind deren neueste Ausgaben. Sie können durch die Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

Inhalte des Kapitels „Programmaufbau bei CNC-Maschinen nach PAL“ richten sich nach Veröffentlichungen der PAL-Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelentwicklungsstelle der IHK Region Stuttgart.

2. Auflage 2018, korrigierter Nachdruck 2019

Druck 6 5 4 3 2

Alle Drucke dieser Auflage sind im Unterricht nebeneinander einsetzbar, da sie bis auf korrigierte Druckfehler und kleine Normänderungen unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-1534-1

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Umschlag: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar
Umschlagfoto: Sauter Feinmechanik GmbH, 72555 Metzingen
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Im Rahmen des handlungsorientierten Unterrichts ist das Tabellenbuch Metall eine der Hauptinformationsquellen. Das selbstständige Lernen und Arbeiten erfordert einen sicheren Umgang mit Formeln, Tabellen und Fachinformationen. Dazu gehören neben dem Auffinden von Inhalten auch die Verknüpfung von technischen Werten, die an unterschiedlichen Verweisstellen stehen, sowie der Umgang mit Normen und Normbezeichnungen.

Das vorliegende Buch ist als Arbeits- und Übungsbuch angelegt, um den Umgang mit dem Tabellenbuch Metall zu trainieren und ist in verständlicher Sprache geschrieben. Es soll fit machen in der Anwendung des Tabellenbuches: „Was steht wo?“ Auch das Lösungsheft trägt dazu bei, da es, je nach Intention sofort vom Schüler als Selbstkontrolle oder gezielt vom Lehrer eingesetzt werden kann.

Da das Tabellenbuch Metall oft für Prüfungen verwendet wird, hat der sichere Umgang damit auch Prüfungsrelevanz. Je schneller das Auffinden von Werten und Sachverhalten, umso mehr Zeit bleibt zur Lösung von Problemen.

Das Trainingsbuch ist an das Tabellenbuch angelehnt und übernimmt dessen Reihenfolge und Inhalte. Es enthält Aufgaben und Fragen zu fast allen Themen des Tabellenbuches. Außerdem werden neben einem Vorspannkapitel zum „Umgang mit Formeln und Tabellen“ am Ende des Arbeitsbuches kleinere Projekte zur Bearbeitung angeboten, wie sie in Lernfeldern, Lernsituationen oder Prüfungen vorkommen.

Fachthemen und Projekte sind jeweils auf einem Blatt mit Vorder- und Rückseite dargestellt.

Zielgruppen dieses Trainingsbuches sind alle Auszubildenden der Metallberufe aus Handwerk und Industrie, wie z. B. Fachwerker der Metalltechnik, Industriemechaniker, Werkzeugmechaniker, Feinwerkmechaniker und Zerspanungsmechaniker oder Technische Produktdesigner. Aber auch Bildungsgänge zur beruflichen Erstqualifizierung, verschiedene Fachschulen, Berufskollegs, Berufsoberschulen und Berufliche Gymnasien wenden das Buch als Übungsmaterial zum Umgang mit dem Tabellenbuch Metall an.

Die Lösungen der Aufgaben werden in einem separaten Lösungsheft angeboten. Dieses beinhaltet die richtige Antwort der Auswahlantworten und bei offenen Fragen eine Lösung mit verkürztem Lösungsweg.

In der **2. Auflage** hat sich am bewährten Aufbau des Buches nichts geändert. Neben redaktionellen Korrekturen wurden der Inhalt des Buches und die Lösungen der Aufgaben an die 47. Auflage des Tabellenbuches Metall angepasst. Neue Normen finden entsprechend Berücksichtigung. Ergänzt wurde das Vorspannkapitel mit einem weiteren Beispiel zum „Umgang mit Formeln und Tabellen“. Außerdem kamen am Ende des Buches ein weiteres Projekt zum Thema „Technische Kommunikation“ und ein Projekt „Tiefziehwerkzeug“ hinzu.

Hinweise, die zur Verbesserung und Erweiterung dieses Buches beitragen, nehmen wir dankbar entgegen. Verbesserungsvorschläge können dem Verlag und damit den Autoren unter der Verlagsadresse oder per E-Mail (lektorat@europa-lehrmittel.de) gerne mitgeteilt werden.

Formeln und Tabellen

Umgang mit Formeln	5
Umgang mit Tabellen	7
Umgang mit Formeln und Tabellen	9

1 Technische Mathematik

Formeln, Gleichungen und Diagramme	11
Rechnen mit Größen, Prozent- und Zinsrechnung	12
Strahlensatz und Pythagoras	13
Winkelfunktionen, Sinussatz, Kosinussatz	14
Längen und Flächen	15
Volumen und Masse	16

2 Technische Physik

Konstante und beschleunigte Bewegungen	17
Geschwindigkeiten an Maschinen	18
Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften	19
Kräfte, Drehmoment	20
Beanspruchung auf Zug und Druck	21
Beanspruchung auf Abscherung	22
Beanspruchung auf Biegung und Torsion	23
Mechanische Arbeit, Energie	24
Einfache Maschinen und Energie	25
Leistung, Wirkungsgrad, Reibung	26
Druck in Flüssigkeiten	27
Wärmetechnik	28
Elektrotechnik	29
Elektrische Arbeit und Leistung	30

3 Technische Kommunikation

Geometrische Grundkonstruktionen	31
Zeichnungselemente	32
Darstellungen in Zeichnungen	33
Maßeintragung	34
Toleranzangaben	36
Maschinenelemente	37
Werkstückelemente	38
Schweißen und Löten	39
Oberflächen	40
Toleranzen und Passungen	41

4 Werkstofftechnik

Stoffe	43
Stähle, Bezeichnungssystem	44
Baustähle	45
Einsatzstähle, Vergütungsstähle	46
Werkzeugstähle, Nichtrostende Stähle, Federstähle	47
Nitrierstähle, Automatenstähle	48
Bleche, Bänder, Rohre	49
Stabstahl, Winkelstahl	50
Wärmebehandlung von Stählen	51
Gusseisen	53
Gießereitechnik	54
Leichtmetalle	55
Schwermetalle	56
Kunststoffe	57
Werkstoffprüfverfahren	61
Härteprüfung	62

5 Maschinenelemente

Schrauben und Gewinde	63
Schrauben und Senkungen	64
Schraubenfestigkeit	65
Muttern	66
Scheiben	67
Stifte und Bolzen	68
Welle-Nabe-Verbindung	69
Kegelschaft	70
Federn	71
Sonstige Maschinenelemente	72
Antriebs Elemente	73
Übersetzungen	74
Gleitlager	75
Wälzlager	76
Sicherungs- und Dichtelemente	77
Schmierstoffe	78

6 Fertigungstechnik

Qualitätsmanagement	79
Produktionsorganisation	83
Auftragszeit, Belegungszeit	84
Kalkulation	85
Instandhaltung	87
Spanende Fertigung	89
Drehen	91
CNC-Drehen	93
Fräsen	95
CNC-Fräsen	97
Bohren, Senken, Reiben	99
Schleifen	101
CNC-Technik	103
Abtragen	105
Trennen durch Schneiden	106
Biegen	107
Tiefziehen	108
Spritzgießen	109
Schmelzschweißen	111
Lichtbogenschweißen	112
Löten und Lötverbindungen	113
Kleben und Klebkonstruktionen	114
Gefahren am Arbeitsplatz	115
Gefährliche Stoffe und Gase	117
Symbole zum Arbeitsschutz	118

7 Automatisierungstechnik

Grundbegriffe SRT	119
GRAFCET	120
Pneumatische Steuerung	121
Hydraulische Steuerung	123
Elektrotechnische Schaltungen	125
SPS-Steuerung	127

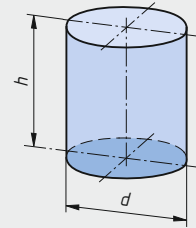
8 Projekte

Technische Kommunikation – Bohrvorrichtung	129
Technische Kommunikation – Gewindebolzen	131
Qualitätsanalyse – Statistische Auswertung	133
Baugruppenmontage – Exzenterpresse	135
Herstellung eines Bolzens	137
Herstellung einer Trägerplatte	139
Tiefziehwerkzeug	141
Automatisierung eines Prüfstandes	143

Umgang mit Formeln

Beispiel 1

Gegeben ist ein Zylinder aus Aluminium mit einem Durchmesser $d = 20 \text{ mm}$ und der Höhe $h = 50 \text{ mm}$. Berechnen Sie die Masse m in kg des Bauteils.



Schritt 1

Im Sachwortverzeichnis wird unter dem Begriff „Masse, Berechnung“ auf Seite 27 verwiesen. Dort ist folgende Formel zu finden:

$$m = V \cdot \rho$$

Zur Berechnung der Masse benötigt man also das Volumen V und die Dichte ρ .

Schritt 2

Im Sachwortverzeichnis wird unter dem Begriff „Volumen, Berechnung“ auf Seite 25 verwiesen. Dort ist folgende Formel für die Volumenberechnung eines Zylinders zu finden:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

Unter Verwendung der Formel in Kombination mit dem gegebenen Durchmesser $d = 20 \text{ mm}$ und der Höhe $h = 50 \text{ mm}$ kann nun das Volumen des Zylinders berechnet werden.

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot (20 \text{ mm})^2}{4} \cdot 50 \text{ mm} = 15708 \text{ mm}^3 = 0,015708 \text{ dm}^3$$

Schritt 3

Im Sachwortverzeichnis wird unter dem Begriff „Dichte, Werte“ auf Seite 120 und 121 verwiesen. Dort ist auf Seite 120 in der Tabelle „Stoffwerte von festen Stoffen“ für den Stoff Al, also Aluminium (Al), eine Dichte von $\rho = 2,7 \text{ kg / dm}^3$ aufgeführt.

Schritt 4

Nun sind alle Werte für die Berechnung der Masse mit der Formel aus Schritt 1 vorhanden. Es ergibt sich folgende Rechnung:

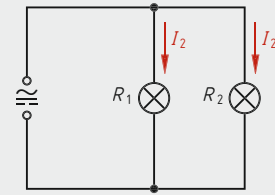
$$m = V \cdot \rho = 0,015708 \text{ dm}^3 \cdot 2,7 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 0,042 \text{ kg}$$

Antwort: Die Masse des Zylinders beträgt $m = 0,042 \text{ kg}$.


Umgang mit Formeln

Beispiel 2

An der Spannung $U = 230 \text{ V}$ liegen zwei parallel geschaltete Lampen mit den Widerständen $R_1 = 718 \Omega$ und $R_2 = 522 \Omega$. Wie groß sind die Teilstromstärken I_1 und I_2 sowie die Gesamtstromstärke I in A und der Gesamtwiderstand R in Ω ?



Schritt 1

Im Sachwortverzeichnis  wird unter dem Begriff „**Parallelschaltung**“ auf Seite 54 und unter dem Begriff „**Ohmsches Gesetz**“ auf Seite 53 verwiesen. Dort sind folgende Formeln zu finden:

Ohmsches Gesetz:

$$I = \frac{U}{R}$$

Gesamtstrom:


$$I = I_1 + I_2 + \dots$$

Gesamtwiderstand:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Die Teilströme I_1 und I_2 müssen mithilfe des Ohmschen Gesetzes berechnet werden, welche dann zur Berechnung des Gesamtstroms I benötigt werden. Der Gesamtwiderstand R kann mit den Angaben aus der Aufgabenstellung berechnet werden.

Schritt 2

Auf der Seite 54  wird im Abschnitt „Parallelschaltung von Widerständen“ mit der Formel $U = U_1 = U_2 = \dots$ angegeben, dass die Spannung an den Widerständen einer Parallelschaltung stets gleich sind. Daher können die Teilströme nun mit dem Ohmschen Gesetz bestimmt werden.

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{230 \text{ V}}{718 \Omega} = \mathbf{0,32 \text{ A}} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{230 \text{ V}}{522 \Omega} = \mathbf{0,44 \text{ A}}$$

Schritt 3

Mit den ermittelten Teilströmen wird nun der Gesamtstrom berechnet.

$$I = I_1 + I_2 = 0,32 \text{ A} + 0,44 \text{ A} = \mathbf{0,76 \text{ A}}$$

Schritt 4

Als letzter Schritt folgt nun die Bestimmung des Gesamtwiderstands.

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{718 \Omega \cdot 522 \Omega}{718 \Omega + 522 \Omega} = \mathbf{302,25 \Omega}$$


Antwort: Die Teilstromstärken betragen $I_1 = 0,32 \text{ A}$ und $I_2 = 0,44 \text{ A}$, woraus sich der Gesamtstrom $I = 0,76 \text{ A}$ ergibt. Der Gesamtwiderstand beträgt $R = 302,25 \Omega$.

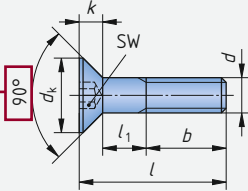
Umgang mit Tabellen

Beispiel 1

Für eine Schraubenverbindung soll eine Senkschraube ISO 10642 – M6 x 60 – 8.8 verwendet werden. Bestimmen Sie zur Herstellung der Bohrung den Durchmesser d_1 des Durchgangslochs und für die Senkung die erforderliche Tiefe t_1 .

Schritt 1

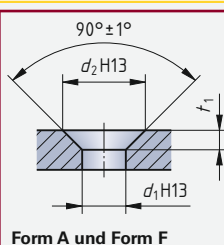
Im Sachwortverzeichnis  wird unter dem Begriff „**Senkschraube**“ auf Seite 221 verwiesen. Der Tabelle ist zu entnehmen, dass es sich um eine „**Senkschraube mit Innensechskant**“ handelt. Der Winkel des Schraubenkopfes beträgt **90°**.

Senkschrauben mit Innensechskant		vgl. DIN EN ISO 10642 (2013-04), Ersatz für DIN 7991									
	Gewinde <i>d</i>	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	
	SW	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	
	<i>d_k</i>	5,5	7,5	9,4	11,3	15,2	19,2	23,1	29	36	
	<i>k</i>	1,9	2,5	3,1	3,7	5	6,2	7,4	8,8	10,2	
	<i>b</i> für <i>l</i>	18 ≥ 30	20 ≥ 30	22 ≥ 35	24 ≥ 40	28 ≥ 50	32 ≥ 55	36 ≥ 65	44 ≥ 80	52 100	
	<i>l₁</i> für <i>l</i>	1,5 ≤ 25	2,1 ≤ 25	2,4 ≤ 30	3 ≤ 35	3,8 ≤ 45	4,5 ≤ 50	5,3 ≤ 60	6 ≤ 70	7,5 ≤ 90	
	<i>l</i> von bis	8 30	8 40	8 50	8 60	10 80	12 100	20 100	30 100	35 100	
	Festigkeitskl.	8.8, 10.9, 12.9									
	Nennlängen <i>l</i>	8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100 mm									
	⇒	Senkschraube ISO 10642 – M5 x 30 – 8.8: <i>d</i> = M5, <i>l</i> = 30 mm, Festigkeitsklasse 8.8									

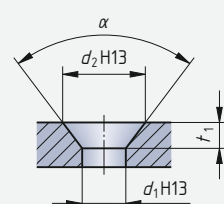
Produktklasse A (Seite 216)

Produktklasse A (Seite 216)

Senkungen für Senkschrauben



Form A und Form F




Form E

Zeichnerische Darstellung:
Seite 84
Formen B, C und D nicht
mehr genormt

		Gewinde-Ø	1,6	2	2,5	3	4
Form A	d_1 H13 ¹⁾	1,8	2,4	2,9	3,4	4,5	
	d_2 H13	3,7	4,6	5,7	6,5	8,6	
	$t_1 \approx$	0,9	1,1	1,4	1,6	2,1	
	⇒	Senkung DIN 74 – A4: Form A, Gew					
Anwendung der Form A für:		Senk-Holzschrauben Linsensenk-Holzschrauben					
Form E	Gewinde-Ø	10	12	16			
	d_1 H13 ¹⁾	10,5	13	17			
	d_2 H13	19	24	31			
	$t_1 \approx$	5,5	7	9			
	α	75° ± 1°					
	⇒	Senkung DIN 74 – E12: Form E, Gew					
Anwendung der Form E für:		Senkschrauben für Stahlkonstruktion					
Form F	Gewinde-Ø	6	8	10	12	16	20
	d_1 H13 ¹⁾	6,6	8,6	10,5	12,5	16,5	20,5
	d_2 H13	13,7	17,7	21,7	25,7	33,7	41,7
	$t_1 \approx$	3,6	4,6	5,6	6,6	8,6	10,6
	⇒	Senkung DIN 74 – F12: Form F, Gew					
Anwendung der Form F für:		Senkschrauben mit Innensechskant					

¹⁾ Durchgangsloch mittel nach DIN EN 20273, Seite 216

Schritt 2

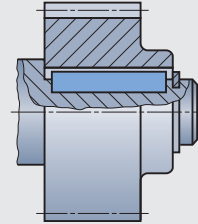
Im Sachwortverzeichnis  wird unter dem Begriff „**Senkungen für Senkschrauben**“ auf Seite 230 verwiesen. Es muss eine Senkung der Form F hergestellt werden, da eine Senkschraube mit Innensechskant verwendet wird. Des Weiteren besitzt die Schraube einen Gewindedurchmesser **$d = M6$** . Daraus ergibt sich folgendes Ergebnis:

Der Durchmesser beträgt $d_1 = 6,6$ mm, die Tiefe der Senkung $t_1 \approx 3,6$ mm.

Umgang mit Tabellen

Beispiel 2

Die skizzierte Welle-Nabe-Verbindung erfolgt durch eine Passfeder DIN 6885 der Form A mit einer Länge $l = 25$ mm. Der Wellendurchmesser beträgt $d_1 = 17$ mm. Die Passfeder hat in der Welle festen und in der Nabe leichten Sitz.



- 1) Wählen Sie eine geeignete Passfeder.
- 2) Bestimmen Sie die Fertigungsmaße b , l und t_1 für die Wellennut.

Schritt 1

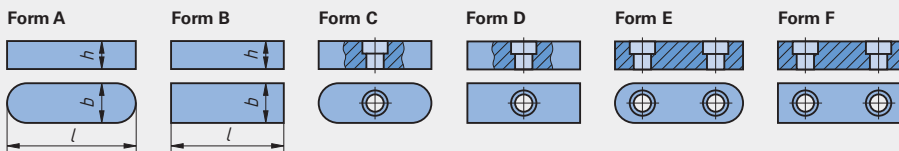
Im Sachwortverzeichnis wird unter dem Begriff „Passfedern“ und im Normenverzeichnis unter „DIN 6885“ auf Seite 247 verwiesen.

Schritt 2

Um den geforderten festen Sitz der Passfeder in der Wellennut zu gewährleisten wird mit der Toleranz P9 gefertigt. Die zulässige Abweichung der Wellennuttiefe t_1 beträgt $+0,1$ mm, die der Nutlänge beträgt $l + 0,2$ mm.

Passfedern (hohe Form)

vgl. DIN 6885-1 (1968-08)



Toleranzen für Passfedernuten

Wellennutenbreite b	fester Sitz	P 9
	leichter Sitz	N 9
Nabennutenbreite b	fester Sitz	P 9
	leichter Sitz	JS 9
zul. Abweichung bei d_1	≤ 22	≤ 130
Wellennutentiefe t_1	$+0,1$	$+0,2$
Nabennutentiefe t_2	$+0,1$	$+0,3$
zul. Abweichung bei Länge l	$6 \dots 28$	$32 \dots 80$
Längen-toleranzen für Feder	$-0,2$	$-0,3$
	Nut	$+0,2$
		$+0,3$
		$+0,5$

d_1 über bis	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130
b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	
h	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	
t_1	1,2	1,8	2,5	3	3,5	4	5	5	5,5	6	7	7,5	9	9	10	11	
t_2	1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	3,3	3,3	3,8	4,3	4,4	4,9	5,4	5,4	6,4	7,4	
l von bis	6	6	8	10	14	18	20	28	36	45	50	56	63	70	80	90	
	20	36	45	56	70	90	110	140	160	180	200	220	250	280	320	360	
Nenn-längen l	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320 mm																
⇒	Passfeder DIN 6885 – A – 12 x 8 x 56: Form A, $b = 12$ mm, $h = 8$ mm, $l = 56$ mm																

Schritt 3

Aufgrund der gegebenen Form A und der Länge $l = 25$ mm ergibt sich folgende geeignete Passfeder: Passfeder DIN 6885 – A – 5x5x25.

Die Fertigungsmaße für eine Welle mit dem Durchmesser $d_1 = 17$ mm lauten wie folgt:


Breite $b = 5$ P9 mm, Wellennuttiefe $t_1 = 3 + 0,1$ mm, Nutlänge $l = 25 + 0,2$ mm.

Umgang mit Formeln und Tabellen


Beispiel 1

Eine zylindrische Schraubenzugfeder aus nichtrostendem Federstahldraht DIN EN 10270-3 mit einem Drahtdurchmesser von $d = 2 \text{ mm}$ wird durch ein Gewicht senkrecht nach unten auf Zug belastet. Zu prüfen ist, ob die Feder eine ausreichende Federkraft aufweist, damit sie sich, aufgrund der Gewichtskraft $F_G = 98,1 \text{ N}$, um nicht mehr als $s = 200 \text{ mm}$ längt.

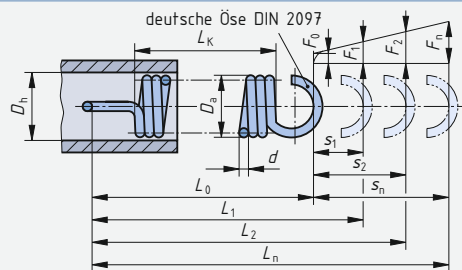
Schritt 1

Im Sachwortverzeichnis  wird unter dem Begriff „**Federkraft**“ auf Seite 34 verwiesen. Dort ist folgende Formel zu finden: $F = R \cdot s$. Zur Berechnung der Federkraft muss nun noch die Federrate R bestimmt werden.

Schritt 2

Im Sachwortverzeichnis  findet sich der Hinweis „**Federn, Zug-, Druck-, Tellerfedern**“ mit dem Verweis auf Seite 249–251. In der Tabelle „**Zylindrische Schrauben-Zugfedern**“ auf Seite 249 ist dem unteren Teil „**Zugfedern aus nichtrostendem Federstahldraht**“ die Federrate $R = 0,779 \text{ N/mm}$ zu entnehmen.

Zylindrische Schrauben-Zugfedern



deutsche Öse DIN 2097

d Drahtdurchmesser in mm
 D_a äußerer Windungsdurchmesser in mm
 D_h kleinster Hülsendurchmesser in mm
 L_0 Länge der unbelasteten Feder in mm
 L_k Länge des unbelasteten Federkörpers in mm
 L_n größte Federlänge
 F_0 innere Vorspannkraft in N
 F_n größte zulässige Federkraft in N
 R Federrate in N/mm
 s_n größter zulässiger Federweg bei F_n in mm

d	D_a	D_h	L_0	L_k	F_0	F_n	R	s_n
Zugfedern aus patentiert-gezogenem, unlegiertem Federstahldraht¹⁾ vgl. DIN EN 10270-1 (2012-01)								
0,20	3,00	3,50	8,6	4,35	0,06	1,26	0,036	33,37
8,00	80,00	94,00	330,0	228,00	120,00	1627,00	4,065	370,91
Zugfedern aus nichtrostendem Federstahldraht¹⁾ vgl. DIN EN 10270-3 (2012-01)								
0,20	3,00	3,50	8,60	4,35	0,05	0,99	0,031	30,54
0,40	7,00	8,00	12,70	2,60	0,121	3,251	0,142	22,11
0,63	8,60	9,90	19,90	7,88	0,631	9,861	0,237	38,97
0,80	10,80	12,30	25,1	10,20	0,971	15,67	0,305	48,19
1,00	13,50	15,40	31,4	12,50	1,411	23,77	0,390	57,40
1,25	17,20	19,50	39,8	15,63	2,211	35,50	0,458	72,73
1,40	15,00	17,50	34,9	15,05	4,351	55,72	1,371	37,48
1,60	21,60	24,50	50,2	20,00	3,211	56,93	0,623	86,19
2,00	27,00	30,50	62,8	25,00	5,501	84,86	0,779	101,86
4,00	44,00	50,60	117,0	58,00	19,600	366,50	2,593	133,83

Schritt 3

Nun kann die Federkraft bestimmt werden.

$$F = R \cdot s = 0,779 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 200 \text{ mm} = 155,8 \text{ N}$$


Antwort: Für einen Federweg von $s = 200 \text{ mm}$ wird eine Federkraft $F = 155,8 \text{ N}$ benötigt. Da die Gewichtskraft lediglich $F_G = 98,1 \text{ N}$ beträgt, ist die Federkraft somit ausreichend.

Umgang mit Formeln und Tabellen

Beispiel 2

Der Deckel eines Druckluftzylinders soll mit acht Zylinderschrauben (Metrisches ISO-Gewinde DIN 13, Festigkeitsklasse 9.8) befestigt werden. Die erwartete Zugbeanspruchung je Schraube beträgt $F = 23 \text{ kN}$, der vorgegebene Sicherheitsfaktor ist mit $\nu = 2$ angegeben. Welches Gewinde muss die Schraube mindestens besitzen?


Schritt 1


Im Sachwortverzeichnis  wird unter dem Begriff „Zugbeanspruchung“ auf Seite 43 verwiesen. Dort sind die folgenden Formeln zu finden:

Erforderliche Querschnittsfläche: $S_{\text{erf}} = \frac{F}{\sigma_{\text{zzul}}}$ Zulässige Zugspannung: $\sigma_{\text{zzul}} = \frac{R_e}{\nu}$

Um die erforderliche Querschnittsfläche zu erhalten, wird die zulässige Zugspannung σ_{zzul} benötigt. Hierfür ist zunächst die Streckgrenze R_e über die Festigkeitsklasse zu bestimmen.

Schritt 2

Im Sachwortverzeichnis  wird unter dem Begriff „Festigkeitsklassen von Schrauben und Muttern“ auf die Seiten 216 und 234 verwiesen. Auf der Seite 216 befindet sich die Tabelle „Festigkeitsklassen und Werkstoffkennwerte“. Dieser ist für die Festigkeitsklasse 9.8 die Streckgrenze $R_e = 720 \text{ N/mm}^2$ zu entnehmen.


Festigkeitsklassen und Werkstoffkennwerte		Festigkeitsklassen für Schrauben aus								
	Werkstoffkennwerte	unlegierten und legierten Stählen						nichtrostenden Stählen ¹⁾		
		5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	A2-50	A4-50	A2-70
	Zugfestigkeit R_m in N/mm ²	500	600	800	900	1000	1200	500	500	700
	Streckgrenze R_e in N/mm ²	400	480	640	720	900	1080	210	210	450
	Bruchdehnung A in %	—	—	12	10	9	8	20	20	13
1) Die Werkstoffkennwerte gelten für Gewinde ≤ M20.										

Schritt 3

Nun können die zulässige Zugspannung und anschließend die erforderliche Querschnittsfläche aus Schritt 1 berechnet werden.

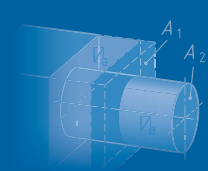
$$\sigma_{\text{zzul}} = \frac{R_e}{\nu} = \frac{720 \text{ N}}{\text{mm}^2 \cdot 2} = 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad S_{\text{erf}} = \frac{F}{\sigma_{\text{zzul}}} = \frac{23000 \text{ N} \cdot \text{mm}^2}{360 \text{ N}} = 63,9 \text{ mm}^2$$

Schritt 4

Im Sachwortverzeichnis  wird unter dem Begriff „Metrisches ISO-Gewinde“ auf Seite 210 verwiesen. In der dortigen Tabelle „Nennmaße für Regelgewinde Reihe 1“ ist der errechnete Spannungsquerschnitt nicht aufgeführt. Daher wird der nächsthöhere Spannungsquerschnitt $S = 84,3 \text{ mm}^2$ gewählt, dem das Gewinde M 12 zuzuordnen ist.

Nennmaße für Regelgewinde Reihe 1 ¹⁾ (Maße in mm)								vgl. DIN 13-1 (1999-11)		
Gewindebezeichnung $d = D$	Steigung P	Flanken- Ø $d_2 = D_2$	Kern-Ø Außen- gewinde d_3	Kern-Ø Innen- gewinde D_1	Gewindetiefe Außen- gewinde h_3	Gewindetiefe Innen- gewinde H_1	Rundung R	Spannungs- querschnitt S mm^2	Bohrer- Ø für Gewinde- kernloch ²⁾	Sechskant- schlüssel- sel- weite ³⁾
M 1	0,25	0,84	0,69	0,73	0,15	0,14	0,04	0,46	0,75	—
M 2	0,4	1,18	0,96	1,00	0,25	0,24	0,06	0,88	1,0	—
M 3	0,5	1,60	1,27	1,31	0,35	0,34	0,08	1,43	1,5	—
M 4	0,7	2,20	1,70	1,74	0,50	0,48	0,10	2,17	2,0	—
M 5	0,8	2,90	2,20	2,24	0,63	0,62	0,12	3,18	2,5	—
M 6	1,0	3,90	2,90	2,94	0,80	0,78	0,15	4,52	3,0	—
M 8	1,25	5,00	3,70	3,74	1,00	0,98	0,20	7,63	4,0	—
M 10	1,5	9,03	8,16	8,38	0,92	0,81	0,22	58,0	8,5	16
M 12	1,75	10,86	9,85	10,11	1,07	0,95	0,25	84,3	10,2	18
M 14 ⁴⁾	2	12,70	11,55	11,84	1,23	1,08	0,29	115,47	12	21

Antwort: Das benötigte Gewinde der angedachten Schrauben sollte mindestens M 12 sein.



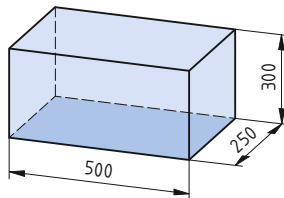
1 Technische Mathematik

Rechnen mit Größen, Prozent- und Zinsrechnung

Aufgabe 1

Gegeben ist das skizzierte Vierkantprisma. Wie groß ist das Volumen V ?

- ① $V = 3750000 \text{ mm}^3$
- ② $V = 375000 \text{ cm}^3$
- ③ $V = 37,5 \text{ dm}^3$
- ④ $V = 0,375 \text{ m}^3$
- ⑤ $V = 0,0000375 \text{ km}^3$



Aufgabe 2

Ein Facharbeiter hat einen Stundenlohn von 12,50 €. Die Löhne werden um 3,5 % angehoben. Wie hoch ist der Stundenlohn nach der Lohnerhöhung?

- ① 11,72 €
- ② 12,94 €
- ③ 13,24 €
- ④ 13,55 €
- ⑤ 13,87 €

Aufgabe 3

Wie ist die Winkelangabe $\alpha = 55^\circ 23' 45''$ in Grad ($^\circ$) auszudrücken?

- ① $\alpha = 55,019^\circ$
- ② $\alpha = 55,178^\circ$
- ③ $\alpha = 55,212^\circ$
- ④ $\alpha = 55,396^\circ$
- ⑤ $\alpha = 55,527^\circ$

Aufgabe 4

Auf ein Festgeldkonto gibt es 2,2 % Zinsen pro Jahr. Wie hoch ist der Zinsertrag bei einer Laufzeit von 12 Monaten und einer Anlegessumme von 7500,00 €.

- ① 91,25 €
- ② 112,00 €
- ③ 128,56 €
- ④ 165,00 €
- ⑤ 184,47 €

Aufgabe 5

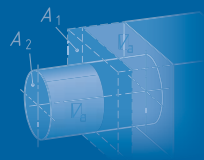
Ein Fahrzeug bewegt sich mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v = 19,4 \text{ m/s}$. Welche Auswahlantwort gibt die gleiche Geschwindigkeit an?

- ① $v = 71,5 \text{ km/h}$
- ② $v = 7005 \text{ m/h}$
- ③ $v = 1266,8 \text{ m/min}$
- ④ $v = 1266666,7 \text{ mm/min}$
- ⑤ $v = 19400 \text{ mm/s}$

Aufgabe 6

Eine Windkraftanlage besitzt eine Nennleistung $P = 7,58 \text{ MW}$. Wie groß ist dieser Wert in Watt?

- ① $P = 7580000,0 \text{ W}$
- ② $P = 75,8 \text{ W}$
- ③ $P = 75800,0 \text{ W}$
- ④ $P = 7580,0 \text{ W}$
- ⑤ $P = 758000,0 \text{ W}$



Strahlensatz und Pythagoras

Aufgabe 1

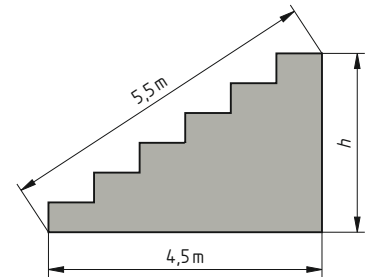
Eine Ölwanne von 950 mm x 1300 mm soll über die Diagonale auf Rechtwinkligkeit überprüft werden. Wie lang muss die Diagonale l sein?

- ① $l = 1499,1 \text{ mm}$
- ② $l = 1523,1 \text{ mm}$
- ③ $l = 1566,1 \text{ mm}$
- ④ $l = 1585,1 \text{ mm}$
- ⑤ $l = 1610,1 \text{ mm}$

Aufgabe 2

Wie groß ist bei der skizzierten Treppe der Höhenunterschied h ?

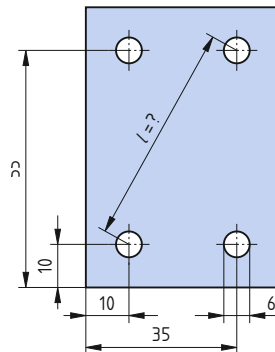
- ① $h = 2,54 \text{ m}$
- ② $h = 2,85 \text{ m}$
- ③ $h = 3,16 \text{ m}$
- ④ $h = 3,67 \text{ m}$
- ⑤ $h = 3,89 \text{ m}$



Aufgabe 3

Die Zeichnung einer Bohrplatte ist gegeben. Wie groß ist der Abstand l ?

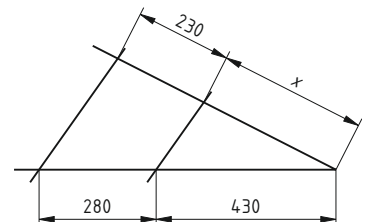
- ① $l = 47,5 \text{ mm}$
- ② $l = 51,5 \text{ mm}$
- ③ $l = 54,5 \text{ mm}$
- ④ $l = 58,5 \text{ mm}$
- ⑤ $l = 61,5 \text{ mm}$



Aufgabe 4

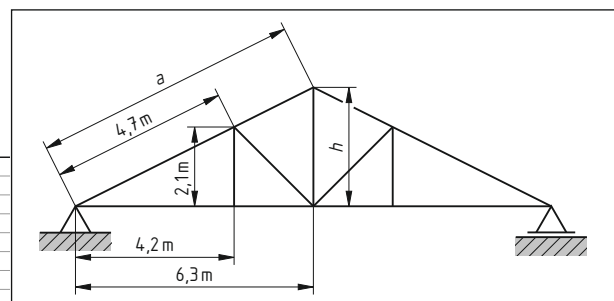
Wie groß ist das in der Skizze fehlende Maß x ?

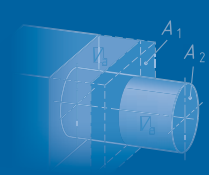
- ① $x = 302,1 \text{ mm}$
- ② $x = 333,5 \text{ mm}$
- ③ $x = 342,8 \text{ mm}$
- ④ $x = 353,2 \text{ mm}$
- ⑤ $x = 369,6 \text{ mm}$



Aufgabe 5

Gegeben ist der skizzierte Fachwerkträger. Berechnen Sie die fehlenden Maße a und h .





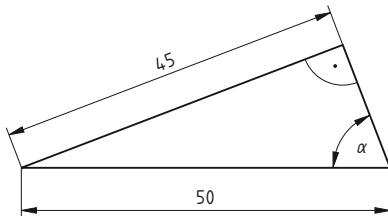
1 Technische Mathematik

Winkelfunktionen, Sinussatz, Kosinussatz

Aufgabe 1

Wie groß ist der Winkel α des skizzierten Dreiecks?

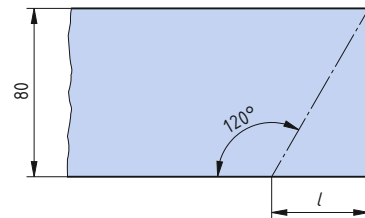
- ① $\alpha = 53,2^\circ$
- ② $\alpha = 59,2^\circ$
- ③ $\alpha = 62,2^\circ$
- ④ $\alpha = 64,2^\circ$
- ⑤ $\alpha = 69,2^\circ$



Aufgabe 2

Wie groß ist bei dem skizzierten Flachstahl das Maß l ?

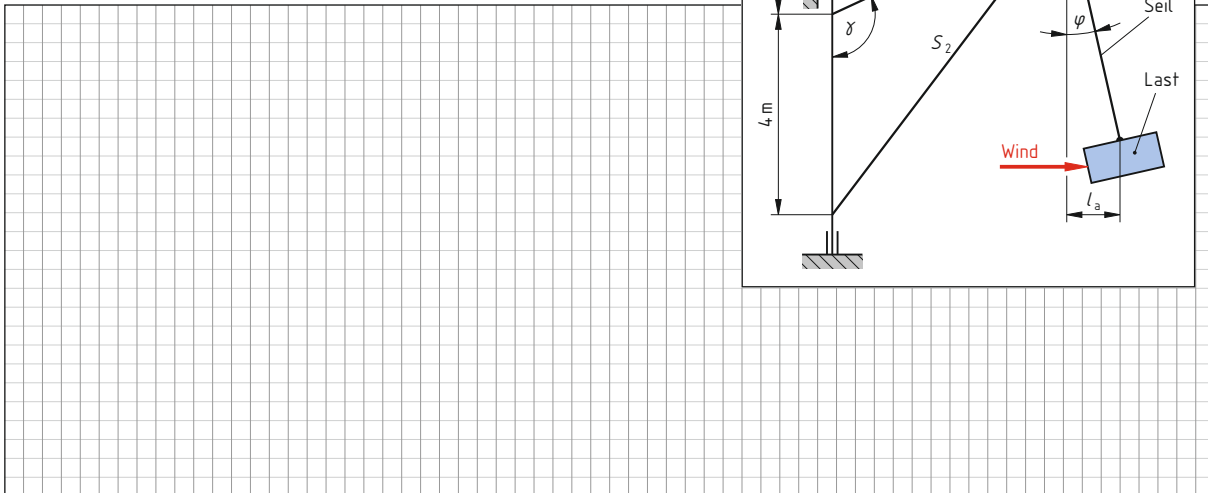
- ① $l = 46,2 \text{ mm}$
- ② $l = 48,5 \text{ mm}$
- ③ $l = 50,3 \text{ mm}$
- ④ $l = 53,1 \text{ mm}$
- ⑤ $l = 54,7 \text{ mm}$



Aufgabe 3

Gegeben ist der skizzierte Drehkran.

- a) Wie groß sind die Winkel α , β , und γ ?
- b) Bestimmen Sie die Längen der Streben S_1 und S_2 ?



Aufgabe 4

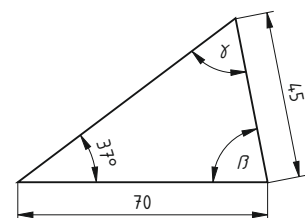
Die am Seil des Drehkrans (Aufgabe 3) hängende Last wird vom Wind um $\varphi = 6^\circ$ aus der Senkrechten ausgelenkt. Die Länge des Seils beträgt $l_s = 4,5 \text{ m}$. Wie groß ist die Auslenkung l_a ?

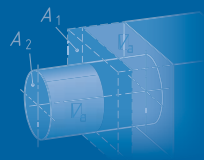
- ① $l_a = 0,37 \text{ m}$
- ② $l_a = 0,47 \text{ m}$
- ③ $l_a = 0,57 \text{ m}$
- ④ $l_a = 0,67 \text{ m}$
- ⑤ $l_a = 0,77 \text{ m}$

Aufgabe 5

Wie groß ist der Winkel γ des schiefwinkligen Dreiecks?

- ① $\gamma = 64,4^\circ$
- ② $\gamma = 69,4^\circ$
- ③ $\gamma = 73,4^\circ$
- ④ $\gamma = 77,4^\circ$
- ⑤ $\gamma = 81,4^\circ$





Längen und Flächen

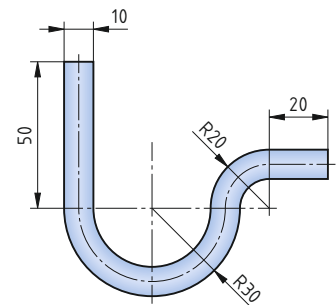
Aufgabe 1

Von einem Flachstab $l = 5000$ mm werden 14 Teile von je 235,5 mm Länge abgesägt. Wie groß ist die Restlänge l_R wenn die Sägeschnittbreite $S = 2,5$ mm beträgt?

- ① $l_R = 1599$ mm
- ② $l_R = 1668$ mm
- ③ $l_R = 1689$ mm
- ④ $l_R = 1702$ mm
- ⑤ $l_R = 1715$ mm

Aufgabe 2

Wie groß ist die gestreckte Länge l des skizzierten Rohrs?



- ① $l = 121,0$ mm
- ② $l = 152,7$ mm
- ③ $l = 160,5$ mm
- ④ $l = 172,1$ mm
- ⑤ $l = 196,0$ mm

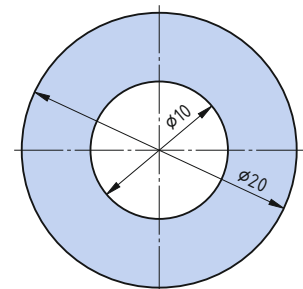
Aufgabe 3

Wie groß ist der mittlere Windungsdurchmesser D_m einer Feder, wenn die gestreckte Länge der Schraubenlinie $l = 483$ mm und die Anzahl der federnden Windungen $i = 12,5$ beträgt?

- ① $D_m = 9,7$ mm
- ② $D_m = 10,0$ mm
- ③ $D_m = 10,3$ mm
- ④ $D_m = 10,6$ mm
- ⑤ $D_m = 10,9$ mm

Aufgabe 4

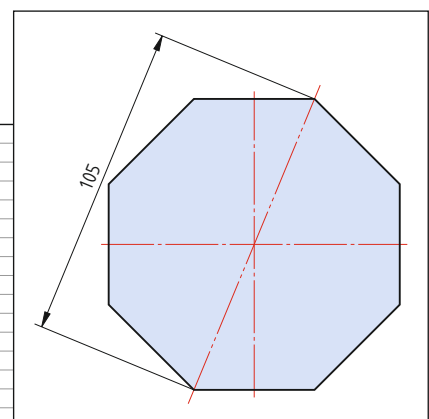
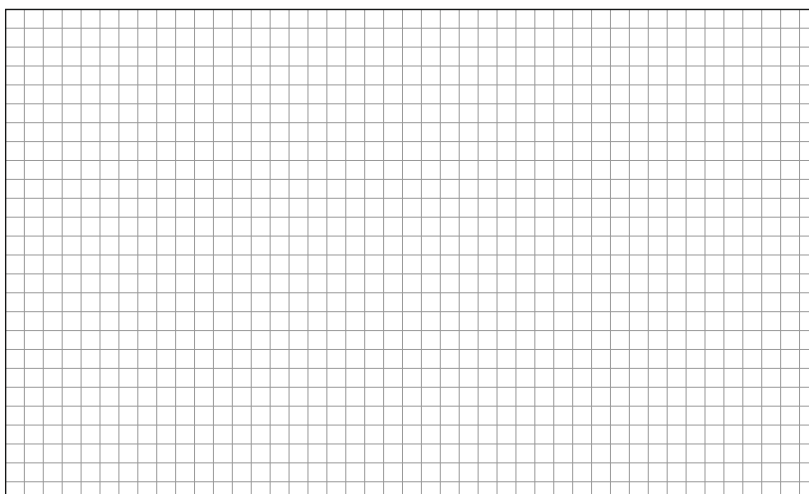
Wie groß ist die Fläche A der skizzierten Unterlegscheibe?

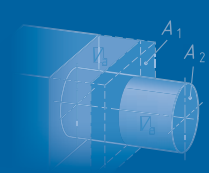


- ① $A = 177,9$ mm²
- ② $A = 189,1$ mm²
- ③ $A = 205,7$ mm²
- ④ $A = 235,6$ mm²
- ⑤ $A = 256,4$ mm²

Aufgabe 5

Wie groß ist die Fläche A des skizzierten regelmäßigen Vielecks?





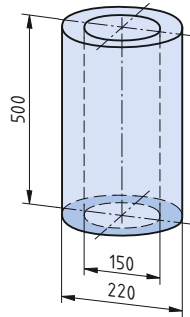
1 Technische Mathematik

Volumen und Masse

Aufgabe 1

Wie groß ist das Volumen V des skizzierten Hohlzylinders?

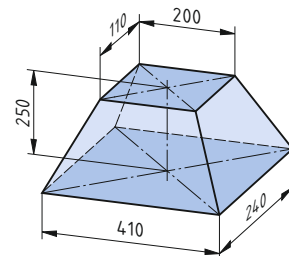
- ① $V = 10171 \text{ cm}^3$
- ② $V = 10451 \text{ cm}^3$
- ③ $V = 10899 \text{ cm}^3$
- ④ $V = 11201 \text{ cm}^3$
- ⑤ $V = 11556 \text{ cm}^3$



Aufgabe 2

Die Skizze zeigt einen Pyramidenstumpf. Wie groß ist dessen Volumen V ?

- ① $V = 13,91 \text{ dm}^3$
- ② $V = 14,67 \text{ dm}^3$
- ③ $V = 14,98 \text{ dm}^3$
- ④ $V = 15,22 \text{ dm}^3$
- ⑤ $V = 15,49 \text{ dm}^3$



Aufgabe 3

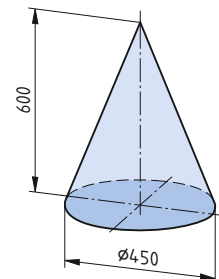
Eine Kugel hat ein Volumen $V = 1950 \text{ mm}^3$. Wie groß ist der Durchmesser d ?

- ① $d = 13,5 \text{ mm}$
- ② $d = 14,0 \text{ mm}$
- ③ $d = 14,5 \text{ mm}$
- ④ $d = 15,0 \text{ mm}$
- ⑤ $d = 15,5 \text{ mm}$

Aufgabe 4

In der Skizze ist ein aus Titan bestehender Kegel zu sehen. Wie groß ist dessen Masse m ?

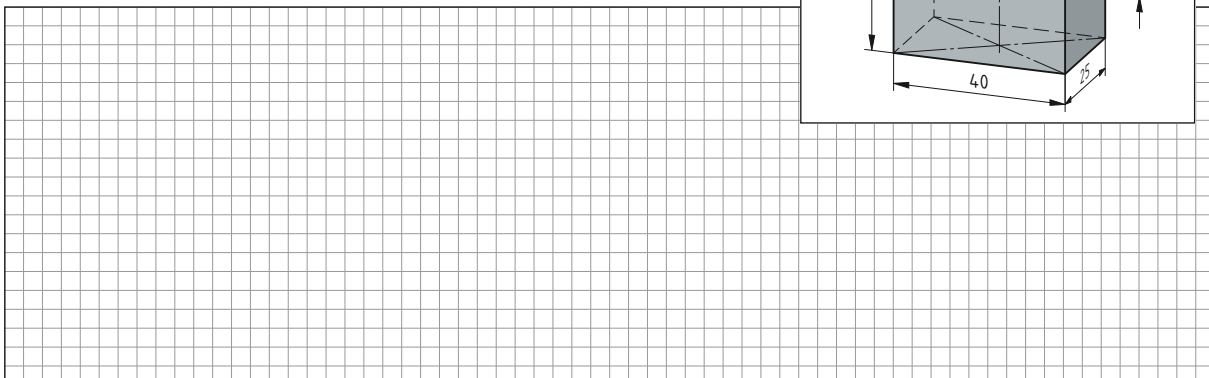
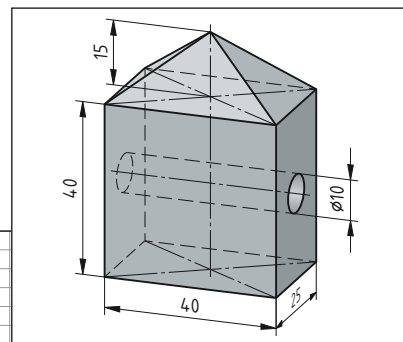
- ① $m = 140,47 \text{ kg}$
- ② $m = 141,86 \text{ kg}$
- ③ $m = 142,59 \text{ kg}$
- ④ $m = 143,14 \text{ kg}$
- ⑤ $m = 144,25 \text{ kg}$

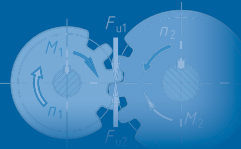


Aufgabe 5

Der in der Skizze dargestellte geometrische Körper wurde aus Aluminium gefertigt.

- a) Bestimmen Sie das Volumen V .
- b) Berechnen Sie die Masse m des Körpers.





Konstante und beschleunigte Bewegungen

Aufgabe 1

Die mittlere Hubgeschwindigkeit eines Lastenaufzuges beträgt $v = 9 \text{ km/h}$. Wie groß ist die Hubgeschwindigkeit v in m/s ?

- ① $v = 12 \text{ m/s}$
- ② $v = 9 \text{ m/s}$
- ③ $v = 150 \text{ m/s}$
- ④ $v = 2,5 \text{ m/s}$
- ⑤ $v = 5 \text{ m/s}$

Aufgabe 2

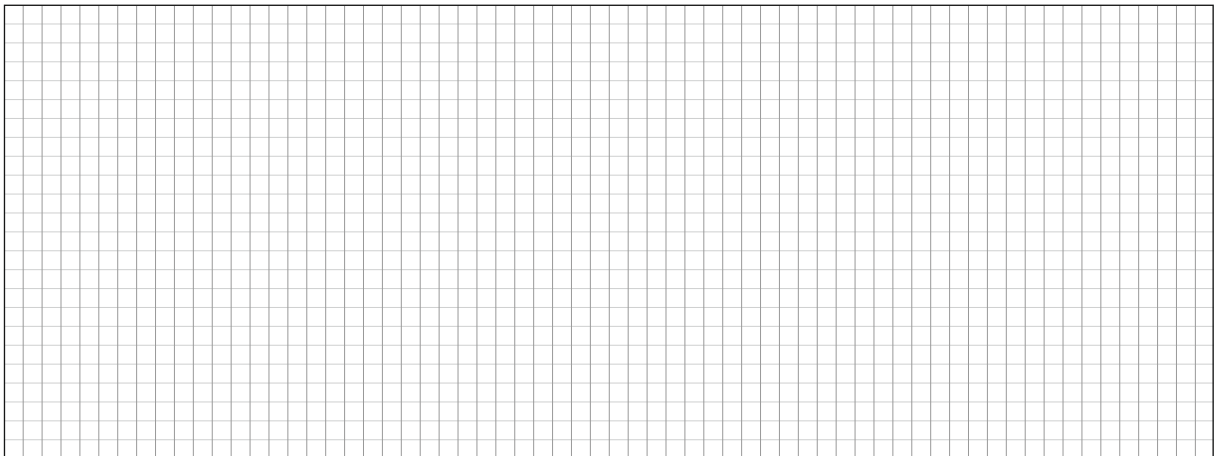
Ein Hallenkran fährt mit einer Geschwindigkeit $v = 5 \text{ m/min}$. Die Halle ist 100 m lang. Welche Zeit benötigt der Hallenkran um eine Strecke von 90 m zurückzulegen.

- ① $t = 3 \text{ min}$
- ② $t = 18 \text{ min}$
- ③ $t = 0,3 \text{ min}$
- ④ $t = 70 \text{ min}$
- ⑤ $t = 5 \text{ min}$

Aufgabe 3

Ein Transportband benötigt $t = 3 \text{ s}$, um aus einer Transportgeschwindigkeit von $v = 10 \text{ km/h}$ in den Stillstand abzubremsen.

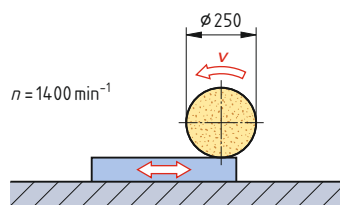
- a) Wie groß ist die Verzögerung a in m/s^2 des Transportbandes?
- b) Welchen Verzögerungsweg s in m legt das Transportband zurück?



Aufgabe 4

Wie groß ist die Umfangsgeschwindigkeit v der skizzierten Schleifscheibe?

- ① $v = 18,3 \text{ m/s}$
- ② $v = 20 \text{ m/s}$
- ③ $v = 35 \text{ m/s}$
- ④ $v = 78,5 \text{ m/s}$
- ⑤ $v = 30 \text{ m/s}$



Aufgabe 5

Ein Gabelstapler beschleunigt mit einer Beschleunigung $a = 0,75 \text{ m/s}^2$. Welche Geschwindigkeit v hat der Stapler nach 4 Sekunden .

- ① $v = 18 \text{ m/s}$
- ② $v = 0,18 \text{ m/s}$
- ③ $v = 5,3 \text{ m/s}$
- ④ $v = 30 \text{ m/s}$
- ⑤ $v = 3 \text{ m/s}$

Geschwindigkeiten an Maschinen

Aufgabe 1

Wie groß ist die Vorschubgeschwindigkeit v_f in m/min bei einem Zahnstangenantrieb, wenn das Zahnrad einen Durchmesser $d = 90$ mm und eine Drehzahl $n = 70 \text{ min}^{-1}$ besitzt?

- ① $v_f = 101 \text{ m/min}$
- ② $v_f = 98,7 \text{ m/min}$
- ③ $v_f = 19,8 \text{ m/min}$
- ④ $v_f = 12,5 \text{ m/min}$
- ⑤ $v_f = 10,5 \text{ m/min}$

Aufgabe 2

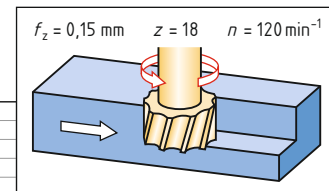
Eine Pendelstichsäge führt bei einer Hublänge $s = 20$ mm 700 Doppelhübe je Minute aus. Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit v_m ?

- ① $v_m = 12 \text{ m/min}$
- ② $v_m = 10 \text{ m/min}$
- ③ $v_m = 28 \text{ m/min}$
- ④ $v_m = 14 \text{ m/min}$
- ⑤ $v_m = 56 \text{ m/min}$

Aufgabe 3

Das skizzierte Werkstück soll mit einem Walzenstirnfräser $d = 98$ mm gefräst werden.

- a) Berechnen Sie die Vorschubgeschwindigkeit v_f
- b) Berechnen Sie die Schnittgeschwindigkeit v_c .



Aufgabe 4

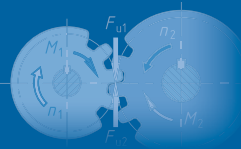
Die Spindel eines Vorschubantriebes soll eine Vorschubgeschwindigkeit von $v_f = 600 \text{ mm/min}$ erreichen. Die Steigung beträgt $P = 4$ mm. Wie groß muss die Drehzahl n der Spindel gewählt werden?

- ① $n = 1200 \text{ min}^{-1}$
- ② $n = 150 \text{ min}^{-1}$
- ③ $n = 180 \text{ min}^{-1}$
- ④ $n = 15 \text{ min}^{-1}$
- ⑤ $n = 134 \text{ min}^{-1}$

Aufgabe 5

In eine Schneidplatte sollen 8 Bohrungen mit einem Durchmesser $d = 12$ mm gebohrt werden. Die Drehzahl ist stufenlos einstellbar. Der Vorschub f soll $0,3$ mm betragen und die Schnittgeschwindigkeit v_c beträgt 30 m/min . Wie groß muss die Vorschubgeschwindigkeit v_f eingestellt werden?

- ① $v_f = 238 \text{ mm/min}$
- ② $v_f = 300 \text{ mm/min}$
- ③ $v_f = 796 \text{ mm/min}$
- ④ $v_f = 10 \text{ mm/min}$
- ⑤ $v_f = 500 \text{ mm/min}$



Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften

Aufgabe 1

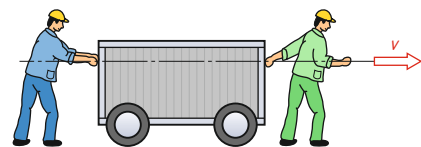
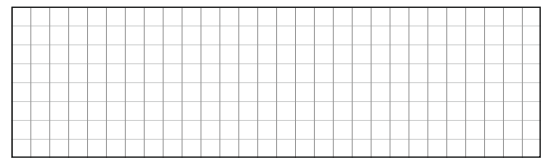
Welche Aussage über die Größendarstellung einer Kraft ist richtig?

- ① Die Größe der Kraft entspricht der Linienstärke des Pfeils.
- ② Die Größe der Kraft entspricht der Linienart.
- ③ Die Größe der Kraft entspricht der Linienfarbe des Pfeils.
- ④ Die Größe der Kraft entspricht der Länge des Pfeils.
- ⑤ Die Größe der Kraft entspricht der Richtung der Kraft.

Aufgabe 2

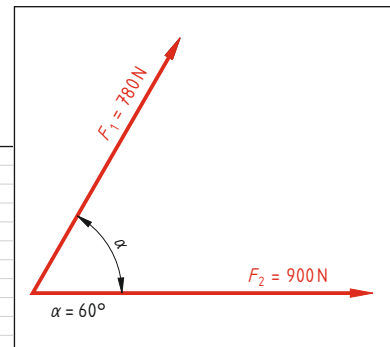
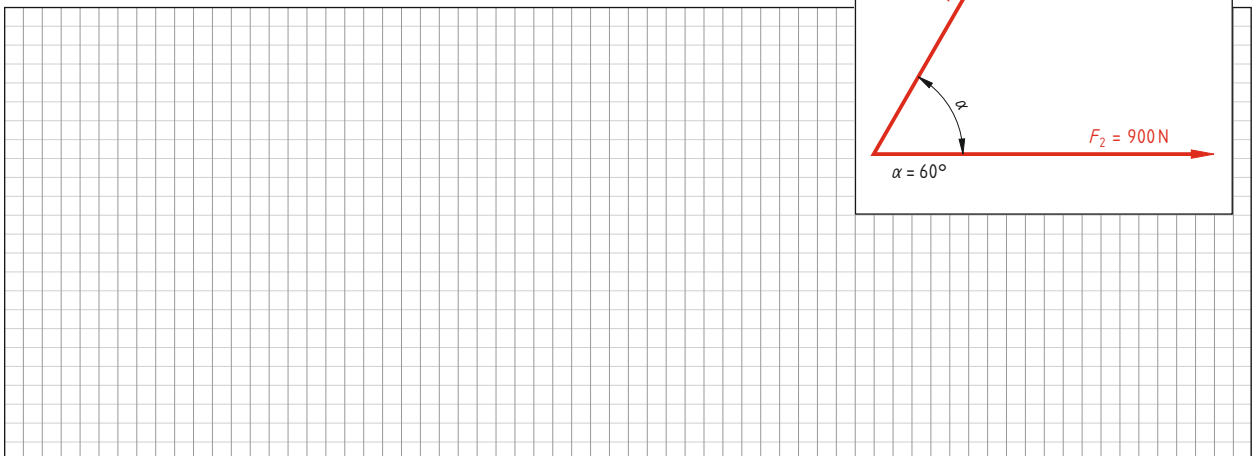
Ein Wagen wird von zwei Personen bewegt. Person 1 schiebt mit $F_1 = 100 \text{ N}$ und Person 2 zieht mit $F_2 = 150 \text{ N}$ auf gleicher Wirklinie.

- a) Bestimmen Sie einen Kräftemaßstab.
- b) Ermitteln Sie zeichnerisch die resultierende F_r .



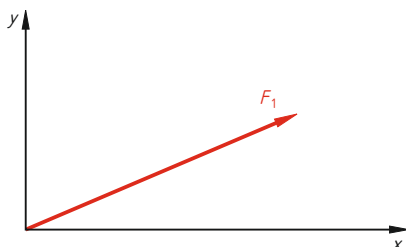
Aufgabe 3

Zeichnen Sie die Kräfte F_1 und F_2 maßstäblich und ermitteln Sie die resultierende Kraft F_r sowie den Winkel β zur Waagerechten.



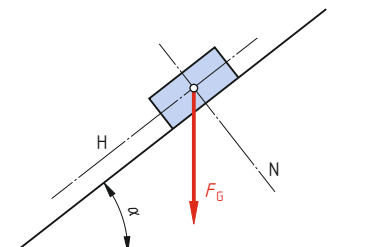
Aufgabe 4

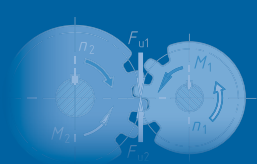
Zerlegen Sie die Kraft F_1 in F_{1x} und F_{1y} .



Aufgabe 5

Zerlegen Sie die Kraft F_G in F_H und F_N .



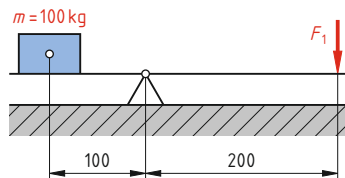


Kräfte, Drehmoment

Aufgabe 1

Wie groß muss die Kraft F_1 gewählt werden, damit das System im Gleichgewicht ist?

- ① $F_1 = 100 \text{ N}$
- ② $F_1 = 981 \text{ N}$
- ③ $F_1 = 98,1 \text{ N}$
- ④ $F_1 = 100,5 \text{ N}$
- ⑤ $F_1 = 490,5 \text{ N}$



Aufgabe 2

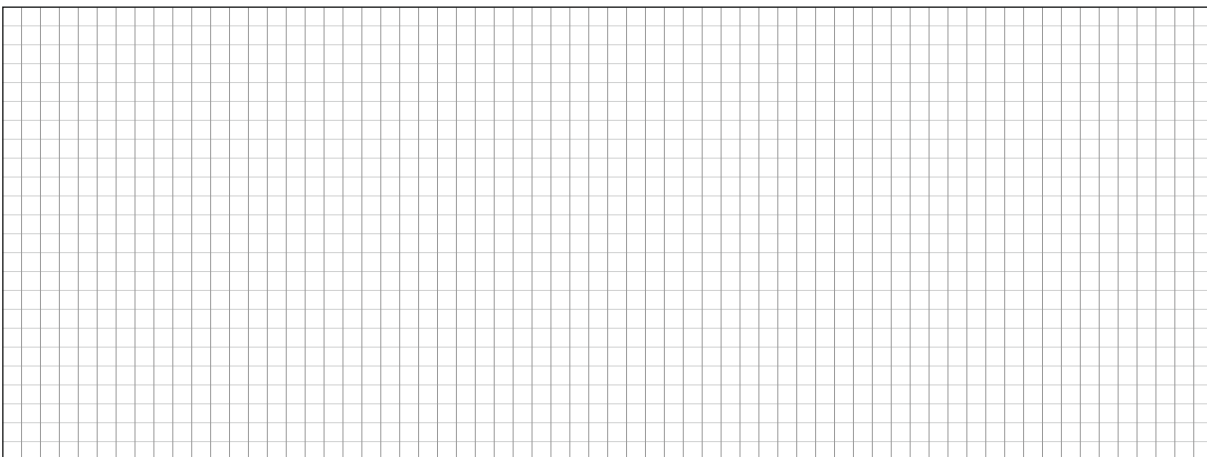
Ein Sportwagen mit einer Masse $m = 1000 \text{ kg}$ beschleunigt mit $a = 5 \text{ m/s}^2$. Wie groß ist die Beschleunigungskraft F ?

- ① $F = 500 \text{ N}$
- ② $F = 2500 \text{ N}$
- ③ $F = 4000 \text{ N}$
- ④ $F = 5000 \text{ N}$
- ⑤ $F = 50000 \text{ N}$

Aufgabe 3

Eine Druckfeder wird um den Vorspannweg $s_v = 6 \text{ mm}$ vorgespannt. Die Federrate beträgt $R = 6 \text{ N/mm}$. Bei Belastung wird die Feder um weitere 3 mm zusammengedrückt.

- a) Wie groß ist die Federkraft F in N für die vorgespannte Feder?
- b) Bestimmen Sie die Federkraftänderung ΔF in N .



Aufgabe 4

Mit welcher Gewichtskraft F_G in kN darf ein 10-t-Hallenkran maximal belastet werden?

- ① $F_G = 98 \text{ N}$
- ② $F_G = 98,1 \text{ kN}$
- ③ $F_G = 100 \text{ kN}$
- ④ $F_G = 100,5 \text{ N}$
- ⑤ $F_G = 10000 \text{ N}$

Aufgabe 5

Die Drehzahl einer Schleifscheibe beträgt $n = 2000 \text{ min}^{-1}$. Sie hat einen Durchmesser $d = 400 \text{ mm}$. Welcher Fliehkraft F_z unterliegt ein herausbrechendes Stück mit einer Masse $m = 1 \text{ g}$?

- ① $F_z = 10,5 \text{ N}$
- ② $F_z = 50 \text{ N}$
- ③ $F_z = 8,8 \text{ N}$
- ④ $F_z = 1000 \text{ N}$
- ⑤ $F_z = 2,5 \text{ N}$