

Umschlagbilder

Shutterstock Images LLC, New York, USA: 1©(Whitevector); 2©(3D-Horse); 3©(Whitevector); 4©(Milos Stojiljkovic)

BQ-Firmenbild:

AGCO GmbH, Marktoberdorf: S. 23/3

ISBN 978-3-582-10270-6 Best.-Nr. 3127

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Hinweis zu §52a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen.

Die Verweise auf Internetadressen und -dateien beziehen sich auf deren Zustand und Inhalt zum Zeitpunkt der Drucklegung des Werks. Der Verlag übernimmt keinerlei Gewähr und Haftung für deren Aktualität oder Inhalt noch für den Inhalt von mit ihnen verlinkten weiteren Internetseiten.

Verlag Handwerk und Technik GmbH,
Lademannbogen 135, 22339 Hamburg; Postfach 63 05 00, 22331 Hamburg – 2023
E-Mail: info@handwerk-technik.de – Internet: www.handwerk-technik.de

Satz und Layout: CMS – Cross Media Solutions GmbH, Würzburg
Druck: Druckerei Weidmann GmbH & Co. KG, 22297 Hamburg

Land- und Baumaschinentechnik

Übungsaufgaben Mathematik

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

von

Hermann Meiners (Herausgeber)

Dr. Rainer Rempfer

Verlag Handwerk und Technik – Hamburg

Inhaltsverzeichnis

1 Elektrik und Elektronik

1.1	Ohm'sches Gesetz und Schaltung von elektrischen Widerständen .	1
1.2	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	3
1.3	Elektrischer Leitungswiderstand und elektrischer Spannungs(ab-)fall/-verlust	5
1.4	Batteriekapazität	6

2 Hydraulik

2.1	Druck in Flüssigkeiten (Grundgesetz der Hydromechanik)	8
2.2	Kraft- und Wegübersetzung mit Hilfe der Hydraulik	10
2.3	Druckübersetzung und Strömungsgeschwindigkeitsänderungen in Hydraulikanlagen	12
2.4	Volumenströme in Hydraulikanlagen	13
2.5	Hydraulische Leistung und hydraulischer Wirkungsgrad	14

3 Motorentechnik

3.1	Hubraum, Hubverhältnis, Verdichtungsverhältnis und Verdichtungsraum	15
3.2	Gasdruck im Zylinder und Kolbenkraft	17
3.3	Kolbengeschwindigkeit	19
3.4	Ventilsteuerung	20
3.5	Drehmoment, mechanische Leistung und mechanischer Wirkungsgrad	21
3.6	Kraftstoffverbrauch und AdBlue-Verbrauch	23
3.7	Zusammenfassung zur Motorentechnik	25

4 Triebwerkstechnik

4.1	Kupplungsberechnungen	26
4.2	Getriebeberechnungen	28

5 Fahrwerkstechnik

5.1	Gleichförmige, gleichmäßig beschleunigte oder gleichmäßig verzögerte Bewegung	32
5.2	Bremsen	34


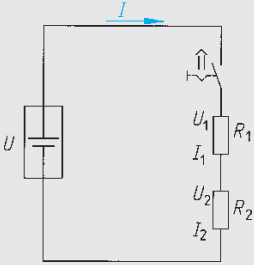
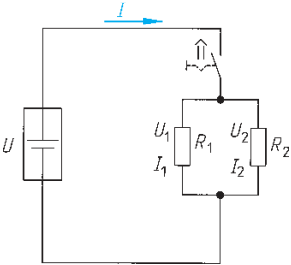
6 Land- und Baumaschinentechnik

6.1	Kenngößen von Landmaschinen (Auswahl)	36
6.2	Hebel, Kräfte und Momente	40
6.3	Bodendruck	45

Sachwortverzeichnis	46
--------------------------------------	-----------

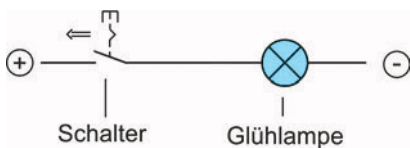
1 Elektrik und Elektronik

1.1 Ohm'sches Gesetz und Schaltung von elektrischen Widerständen

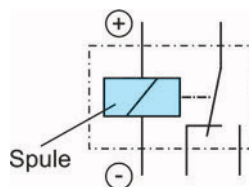
	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Ohm'sches Gesetz 	$R = \frac{U}{I}$ $U = R \cdot I$ $I = \frac{U}{R}$	R U I	elektrischer Widerstand in Ω elektrische Spannung in V elektrische Stromstärke in A
Reihenschaltung von Widerständen 	$U = U_1 + U_2 + \dots$ $I = I_1 = I_2 \dots$ $R = R_1 + R_2 + \dots$	U U_1, U_2 I I_1, I_2 R R_1, R_2	Gesamtspannung in V Teilspannungen in V Gesamtstromstärke in A Teilstromstärken in A Gesamtwiderstand in Ω Teilwiderstände in Ω
Parallelschaltung von Widerständen 	$U = U_1 = U_2 = \dots$ $I = I_1 + I_2 + \dots$ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$ $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	U U_1, U_2 I I_1, I_2 R R_1, R_2	Gesamtspannung in V Teilspannungen in V Gesamtstromstärke in A Teilstromstärken in A Gesamtwiderstand in Ω Teilwiderstände in Ω

Übungen

- Abbildung → 1 zeigt die Grundschialtung einer Glühlampe in stark vereinfachter Form.
 - Berechnen Sie den Innenwiderstand R der eingeschalteten Glühlampe, wenn an dieser eine elektrische Spannung $U = 12\text{V}$ anliegt und ein elektrischer Strom $I = 1,75\text{A}$ fließt.
 - Am Schalter ist der Kontakt korrodiert. Im betätigten Zustand wurde ein Widerstandswert $R = 1,5\Omega$ gemessen. Bestimmen Sie die elektrische Spannung U am Schalter und an der Glühlampe.
- Wie groß ist der Stromfluss I in einer betätigten Relaisspule, siehe Abbildung → 2? Der Spulenwiderstand beträgt $R = 75\Omega$. Es liegt eine elektrische Spannung $U = 12\text{V}$ an.

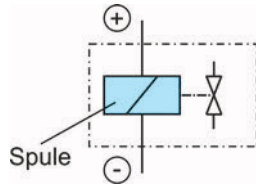


1 Glühlampe – Grundschialtung



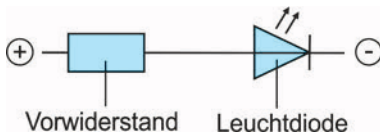
2 Relais – Relaisspule

- 3 Ein hydraulisches Steuerventil wird elektromagnetisch betätigt. Wie groß ist der Innenwiderstand R der betätigten Spule des Magnetventils, siehe Abbildung \rightarrow 1, wenn an dieser eine elektrische Spannung $U = 12\text{V}$ anliegt und durch sie ein elektrischer Strom $I = 2,8\text{A}$ fließt?



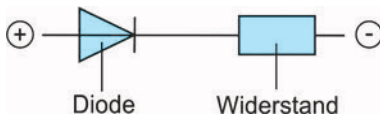
1 Steuerventil – Magnetventil

- 4 Abbildung \rightarrow 2 zeigt die Grundsaltung einer Leuchtdiode. Diese hat folgende technische Daten: Spannung $U_L = 3,5\text{V}$; Stromstärke $I_L = 0,02\text{A}$. Berechnen Sie:
- den Widerstand R_L der Leuchtdiode,
 - die Spannung U_V am Vorwiderstand, wenn an der Schaltung eine Betriebsspannung $U = 12\text{V}$ anliegt,
 - die Größe R_V des Vorwiderstandes.



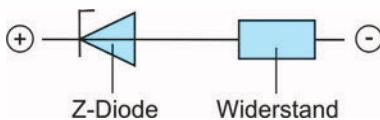
2 Leuchtdiode – Grundsaltung

- 5 Dioden, siehe Abbildung \rightarrow 3, werden in der Elektronik vornehmlich zur Lenkung des Stromflusses in eine bestimmte Richtung eingesetzt, z. B. im Gleichrichter eines Drehstromgenerators. Für die dargestellte Schaltung gelten folgende Daten: Betriebsspannung $U = 12\text{V}$, elektrische Spannung der Diode $U_D = 0,7\text{V}$, elektrischer Widerstand $R = 15\Omega$. Bestimmen Sie:
- die elektrische Spannung U_R am Widerstand,
 - die Größe des fließenden elektrischen Stromes I ,
 - den elektrischen Widerstand R_D der Diode.



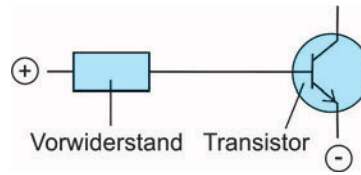
3 Diode – Grundsaltung

- 6 Z-Dioden, siehe Abbildung \rightarrow 4, dienen in der Elektronik als Spannungsbegrenzer. Obwohl an der Schaltung eine Betriebsspannung $U = 12\text{V}$ anliegt, wird durch den Einbau einer Z-Diode die elektrische Spannung am nachgeschalteten Widerstand auf den Spannungswert der Z-Diode begrenzt. Die Abbildung zeigt den notwendigen Schaltungsaufbau in stark vereinfachter Form. Technische Daten: Betriebsspannung $U = 12\text{V}$, Spannung der Z-Diode $U_Z = 7,2\text{V}$, elektrischer Widerstand $R = 120\Omega$. Wie groß ist der in der Schaltung fließende elektrische Strom I ?



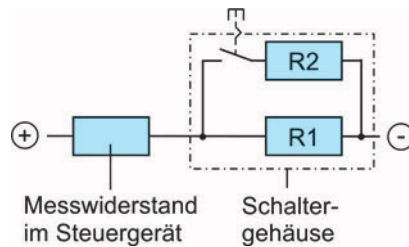
4 Z-Diode als Spannungsbegrenzer – Grundsaltung

- 7 Abbildung \rightarrow 5 zeigt die Grundsaltung zur Ansteuerung eines Transistors (= elektronischer Schalter). Dieser hat folgende technische Daten: Basissspannung $U = 0,7\text{V}$; Basisstrom $I = 0,002\text{A}$. Berechnen Sie:
- die elektrische Spannung U_V am Vorwiderstand, wenn an der Schaltung eine Betriebsspannung $U = 12\text{V}$ anliegt,
 - die Größe des Vorwiderstandes R_V .



5 Transistor – Grundsaltung

- 8 Die selbsttätige Fehlerdiagnose durch das Steuergerät eines elektronischen Systems gewinnt stark zunehmend an Bedeutung. Abbildung \rightarrow 6 zeigt die stark vereinfachte Grundsaltung des internen angeschlossenen Stromkreises eines Schalters im zugehörigen Steuergerät. Die Spannungssignale am Messwiderstand werden intern gemessen und ausgewertet. Je nach Istwert der internen Signalspannung weiß die Elektronik, ob das zugehörige Bauteil, z. B. ein Magnetventil oder eine Lampe, eingeschaltet werden soll oder ob ein Fehler im System, z. B. eine Leitungsunterbrechung im Stromkreis des Schalters vorliegt.



6 Diagnosefähiger Schalter – vereinfachte Grundsaltung

Technische Daten:

Betriebsspannung $U = 10\text{V}$, Widerstand $R_1 = 510\Omega$, Widerstand $R_2 = 160\Omega$

Prüfwerte der Signalspannung:

Schalter auf (= unbetätigt): $U_S = 2,4\text{V}$

Schalter zu (= betätigt): $U_S = 5,4\text{V}$

Hinweis: Messung mittels eines Voltmeters und Y-Kabels am Eingang/Ausgang des Anschlusssteckers am Schaltergehäuse

a) Der Schalter ist unbetätigt.

Bestimmen Sie:

- die elektrische Spannung U_M am Messwiderstand im Steuergerät,
- die Größe des fließenden elektrischen Stromes I ,
- den Widerstandswert R_M des Messwiderstandes im Steuergerät.

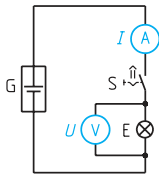
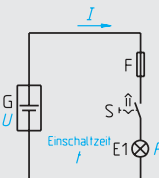

b) Der Schalter ist betätigt.

Berechnen Sie:

- den elektrischen Gesamtwiderstand R_G der Bauteile R_1 und R_2 ,
- die elektrische Spannung U_M am Messwiderstand im Steuergerät,
- die Größe des fließenden elektrischen Stromes I ,
- den Widerstandswert R_M des Messwiderstandes im Steuergerät.

c) Der Messwiderstand im Steuergerät ist ein Heißleiter (= NTC). Welche elektrische Größe bewirkt eine Veränderung des Widerstandswertes dieses Bauteils?

1.2 Elektrische Leistung und elektrische Arbeit

	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Elektrische Leistung Gleichstrom 	$P = U \cdot I$ $U = \frac{P}{I}$ $I = \frac{P}{U}$	P U I	Elektrische Leistung in W elektrische Spannung in V elektrische Stromstärke in A
Elektrische Arbeit 	$W = P \cdot t$ $P = \frac{W}{t}$ $t = \frac{W}{P}$	W P t	Elektrische Arbeit in W · s Elektrische Leistung in W Zeit in s
Wirkungsgrad 	$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$ $P_{ab} = P_{zu} \cdot \eta$ $P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta}$	$P_v = P_{zu} - P_{ab}$ η in % = $\eta \cdot 100\%$ η P_{ab} P_{zu} P_v	Wirkungsgrad – abgegebene Leistung in W zugeführte Leistung in W Verlustleistung in W

Übungen

- 1 Für die Beleuchtungs- und Signalanlage eines Traktors/Schleppers werden Glühlampen gemäß Abbildung → 1 verwendet.

Anzahl	Verwendungszweck	Bezeichnung
2	Hauptscheinwerfer, normal	12V 45/40W
2	Begrenzungsleuchte	12V 4W
4	Blinkleuchte	12V 21W
3	Blinkkontrollleuchte	12V 1,2W
1	Warnblinkkontrollleuchte	12V 1,2W
2	Schlussleuchte	12V 10W
1	Fernlichtkontrollleuchte	12V 2W
2	Traktormeterleuchte	12V 2W
2	Bremsleuchte	12V 21W
2	Arbeitsscheinwerfer	12V 55W

Hinweis: Die Bezeichnungen geben die maximal zulässige Leistungsaufnahme der einzelnen Glühlampen an.

1 Glühlampen an einem Traktor/Schlepper

- a) Berechnen Sie die maximale Stromstärke I , wenn folgende Glühlampen der Beleuchtungs- und Signalanlage eingeschaltet sind:
- Bremslicht,
 - Blinklicht, ohne Anhänger,
 - Blinklicht, mit **zwei** Anhängern,
 - Warnblinklicht, ohne Anhänger,
 - Warnblinklicht, mit **einem** Anhänger,
 - Standlicht,
 - Abblendlicht,
 - Fernlicht,
 - Abblendlicht mit Arbeitsscheinwerfer.
- b) Wie groß ist die elektrische Arbeit W der Glühlampen des Abblendlichtes bei einer Einschaltzeit von $t = 2,5$ Stunden?

- c) Wie groß ist der Widerstand R der einzelnen Glühlampen?
- d) Wie groß ist der Gesamtwiderstand R_{ges} der eingeschalteten Bremsleuchten?
- e) Wie groß ist der Anstieg der Stromstärke I bei Abblend- und Fernlicht, wenn die normalen Hauptscheinwerfer durch H4-Scheinwerfer mit der Glühlampenbezeichnung 12V 60/55W ersetzt werden?
- f) Bei einem elektronischen Blinkgeber wird die Einschaltstufe für die Kontrollleuchten, siehe Abbildung → 1, über einen Kontrollwiderstand ($R = 0,06\Omega$), welcher im Stromkreis zwischen den Klemmen 49 und 49a eingebaut ist, angesteuert. Berechnen Sie den jeweiligen Spannungs(ab-)fall/-verlust U_v am Kontrollwiderstand bei den folgenden Blinklichtschaltungen.
- Traktor/Schlepper, allein
 - Traktor/Schlepper, mit **einem** Anhänger
 - Traktor/Schlepper, mit **zwei** Anhängern
- g) Der Glühfaden einer Kfz-Leuchte besitzt die Eigenschaft, dass sein elektrischer Widerstand mit zunehmender Erwärmung ansteigt. Der Einschaltstrom kann daher den zehnfachen Wert der Nennstromstärke erreichen. Berechnen Sie den Einschaltstrom I und den Widerstand R der „kalten“ Blinkleuchten beim Richtungsblinken des Traktors/Schleppers.
- h) Wie groß ist bei „kalten“ Blinkleuchten der Spannungs(ab-)fall/-verlust U_v am Kontrollwiderstand des elektronischen Blinkgebers?
- i) Wie groß ist die aufgenommene Leistung P_{zu} eines 14-V-Drehstromgenerators (elektrischer Wirkungsgrad $\eta = 0,72$), wenn dieser das eingeschaltete Abblendlicht und die Arbeitsscheinwerfer mit Strom versorgen muss?

- 2 Die Flammglühkerze eines Traktors/Schleppers hat bei einer Spannung $U = 9,5\text{ V}$ einen Widerstand $R = 0,475\ \Omega$. Wie groß ist die elektrische Leistung P ?
- 3 Der Heizflansch im Ansaugrohr eines Traktor-/Schleppermotors hat bei einer Betriebsspannung $U = 12\text{ V}$ eine Leistung $P = 480\text{ W}$. Wie groß ist der Widerstand R der Heizwendel?
- 4 Ein Drehstromgenerator erzeugt bei einer Betriebsspannung $U = 14\text{ V}$ einen Ladestrom $I = 200\text{ A}$. Der Wirkungsgrad beträgt $\eta = 75\%$.
- Wie groß ist die abgegebene Leistung P_{ab} des Drehstromgenerators?
 - Wie groß ist die aufgenommene Leistung P_{zu} des Drehstromgenerators?
- 5 Ein Starter nimmt bei einer Spannung $U = 10,5\text{ V}$ einen Strom $I = 420\text{ A}$ auf. Wie groß ist die abgegebene Leistung P_{ab} , wenn der Wirkungsgrad $\eta = 52\%$ beträgt?
- 6 Die Leistung eines Starters wird mit $P = 4\text{ kW}$ angegeben. Der Wirkungsgrad beträgt $\eta = 55\%$. Wie groß ist die Stromaufnahme I bei einer Spannung $U = 10,8\text{ V}$?

1.3 Elektrischer Leitungswiderstand und elektrischer Spannungs(ab-)fall/-verlust

	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Leitungswiderstand 	$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$	R	elektrischer Widerstand des Leiters in Ω
	$A = \frac{\rho \cdot l}{R}$	l	Länge des Leiters in m
	$l = \frac{R \cdot A}{\rho}$	A	Querschnittsfläche des Leiters in mm^2
		ρ	spezifischer elektrischer Widerstand in $\Omega \cdot \text{m}$
			$1 \Omega \cdot \text{m} = 1\,000\,000 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
		Werkstoff	spez. el. Widerstand in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
		Aluminium	0,03
		Eisen	0,1
		Kupfer	0,01786
		Wolfram	0,055
		Kohle	21 ... 35

Spannungs(ab-)fall/-verlust

Der durch den Leitungswiderstand verursachte Spannungs(ab-)fall/-verlust kann mit Hilfe des Ohm'schen Gesetzes berechnet werden.

Folgende Werte für den Spannungs(ab-)fall/-verlust $U_{V\text{zul}}$ sind bei einer 12-V-Anlage maximal zulässig:

Starterhauptleitung	$U_{V\text{zul}} = 0,5\text{V}$
Lichtleitung von Starterbatterie bis zur Leuchte	$U_{V\text{zul}} = 0,8\text{V}$
Ladeleitung bei Maximalstrom des Drehstromgenerators	$U_{V\text{zul}} = 0,4\text{V}$

Übungen

- 1) Für die elektrische Anlage eines Traktors/Schleppers werden Leitungen aus Kupfer mit Länge und Querschnittsfläche gemäß Abbildung → 1 verwendet.

Verwendungszweck	Querschnittsfläche in mm^2	Länge in m
Hauptscheinwerfer-Einzelleitung ab Sicherung	1	2,8
Hauptscheinwerfer-Sammelleitung bis Sicherung	1,5	0,8
Begrenzungsleuchte	1	1,6
Bremsleuchte	1	2,0
Blinkleuchte	1	2,2
Warnleuchten	1	1,9
Flammglühkerze	2,5	2,4
Drehstromgenerator-Ladeleitung	10	1,5
Starter-Hauptleitung	50	0,9
Starterbatterie-Masseleitung	50	0,4
Starterbatterie-Fahrt-Start-Schalter Kl. 30	10	1,4

1 Elektrische Leitungen eines Traktors/Schleppers

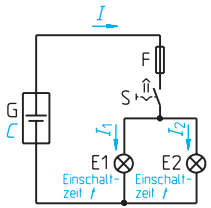
- Bestimmen Sie den jeweiligen Widerstand R der angegebenen elektrischen Leitungen.
- Berechnen Sie den Spannungs(ab-)fall/-verlust U_V , den folgende Leitungen bei eingeschalteten Verbrauchern verursachen:
 - Scheinwerfer-Einzelleitung Abblendlicht,
 - Scheinwerfer-Sammelleitung Fernlicht,
 - Begrenzungsleuchte,
 - Blinkleuchte,
 - Bremsleuchte,
 - Warnleuchten.

Die Betriebsspannung U und die Leistung P der jeweiligen Glühlampe kann Abbildung → 1, vorherige Seite, entnommen werden.
- Das Fahrzeug hat einen Drehstromgenerator, welcher bei einer Spannung $U = 14\text{V}$ eine Leistung $P = 1680\text{W}$ abgibt. Wie groß ist bei dieser Leistung P der Spannungs(ab-)fall/-verlust U_V in der Ladeleitung?
- Die Flammglühkerze hat bei einer Spannung $U = 11\text{V}$ einen Widerstand $R = 0,61\Omega$. Wie groß ist der Spannungs(ab-)fall/-verlust U_V in der Zuleitung?

- Bei welcher Stromstärke I wird in der Masseleitung der Starterbatterie ein Spannungs(ab-)fall/-verlust $U_V = 0,2\text{V}$ erzeugt?
- Bei welcher Stromaufnahme I des Starters wird der zulässige Spannungs(ab-)fall/-verlust $U_{V\text{zul}}$ der Starterhauptleitung überschritten?
- Der Starter des Traktors/Schleppers gibt eine Leistung $P = 3,2\text{kW}$ bei einer Spannung $U = 10,5\text{V}$ ab. Der Wirkungsgrad η beträgt 51%. Wie groß ist der Spannungs(ab-)fall/-verlust U_V der Starterhauptleitung beim Startvorgang?

- Ein elektrischer Verbraucher hat eine Leistungsaufnahme $P = 500\text{W}$ bei einer Betriebsspannung $U = 12\text{V}$. Der Spannungs(ab-)fall/-verlust in der Zuleitung, welche eine Länge von $l = 4,2\text{m}$ haben muss, soll $0,2\text{V}$ nicht übersteigen. Welche Querschnittsfläche A muss die Leitung aus Kupfer mindestens haben?
- Die Kohlebürsten eines Drehstromgenerators haben eine Länge $l = 35\text{mm}$ und eine Querschnittsfläche $A = 12\text{mm}^2$. Der spezifische elektrische Widerstand beträgt $25 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$. Wie groß ist der Spannungs(ab-)fall/-verlust U_V an den Kohlebürsten, wenn diese einen Erregerstrom $I = 3,5\text{A}$ übertragen müssen?
- Die Primärwicklung einer Zündspule hat einen Durchmesser $d = 1,06\text{mm}$. Der Widerstand R soll $0,4\Omega$ betragen. Wie lang ist der verwendete Kupferdraht?
- Ein Verlängerungskabel mit Kupferleitung (Querschnittsfläche $A = 1,5\text{mm}^2$) ist 50m lang. Damit soll ein Rasenmäher, dessen Elektromotor bei einer Spannung $U = 230\text{V}$ eine Leistung $P = 1200\text{W}$ abgibt, an das elektrische Netz angeschlossen werden. Der Wirkungsgrad η des Motors beträgt 60%.
 - Welchen Spannungs(ab-)fall/-verlust U_V verursacht das Verlängerungskabel?
 - Welchen Spannungs(ab-)fall/-verlust U_V verursacht ein 20m langes Kabel mit gleichem Querschnitt?

1.4 Batteriekapazität

	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Batteriekapazität 	$C = I \cdot t$	C I t	Kapazität in A·h Entladestrom in A Entladezeit in h

Durch **Parallelschaltung** mehrerer Starterbatterien kann die Kapazität erhöht werden.

$$C_{\text{ges}} = C_1 + C_2 + \dots$$

Übungen

- 1 Eine Starterbatterie mit der Aufschrift 12V 135A·h ist zu 80% entladen.
Wie lange benötigt ein Ladegerät zum vollständigen Laden dieser Starterbatterie, wenn es einen Ladestrom von $I = 8A$ abgibt?
- 2 Ein Fahrer vergisst beim Abstellen seines Fahrzeuges um 19 Uhr, das Radiogerät auszuschalten. Das Radio nimmt bei einer Spannung $U = 12V$ eine Leistung $P = 20W$ auf. Um wie viele A·h ist die Kapazität C der Starterbatterie gesunken, wenn der Fahrer das Radio am nächsten Morgen um 8 Uhr abschaltet?
- 3 Ein Starter gibt bei einer Spannung $U = 10,5V$ eine Leistung von $P = 2,3kW$ ab. Der Wirkungsgrad beträgt $\eta = 52\%$.

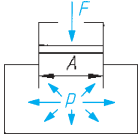
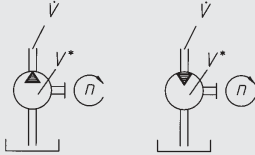
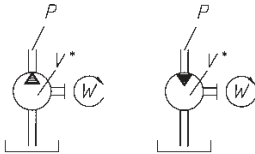
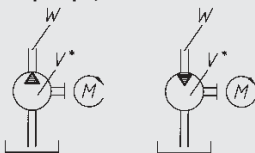
 - a) Um wie viele A·h sinkt die Kapazität C der Starterbatterie, wenn der Startvorgang $t = 8s$ dauert?
 - b) Wie lange braucht ein 14-V-Drehstromgenerator, um die Starterbatterie wieder zu füllen, wenn er eine Leistung von 700W abgibt und keine anderen elektrischen Verbraucher betrieben werden?
 - c) Wie lange braucht der Drehstromgenerator, um die Starterbatterie wieder zu füllen, wenn gleichzeitig das Fernlicht eingeschaltet wird?
Die Betriebsspannung U und die Leistung P der jeweiligen Glühlampen kann Abbildung → 1 auf Seite 3 entnommen werden.
- 4 Der Drehstromgenerator eines Traktors/Schleppers ist defekt.
Wie lange reicht die angegebene Kapazität der Starterbatterie $C = 135A\cdot h$ aus, um das Fahrzeug mit Abblendlicht weiterzufahren?
Die Betriebsspannung und die Leistung der jeweiligen Glühlampen kann Abbildung → 1 auf Seite 3 entnommen werden.
- 5 Der Vorglühvorgang eines Traktors/Schleppers dauert $t = 30s$. Die verwendete Flammglühkerze nimmt bei einer Spannung $U = 9,5V$ einen Strom $I = 20A$ auf.
Um wie viele A·h sinkt die Kapazität C der Starterbatterie während des Vorglühens?
- 6 Ein Traktor/Schlepper ist mit 2 Starterbatterien ($U = 12V$, $C = 120A\cdot h$) ausgerüstet. Sie sind parallel geschaltet. Der Starter hat einen Wirkungsgrad $\eta = 54\%$ und gibt bei einer Spannung $U = 10,2V$ eine Leistung $P = 5,4kW$ ab. Der Motor will jedoch nicht anspringen.
Wie lange dürfen die Startversuche andauern, wenn bei einer Batteriekapazität von 30% nicht mehr genügend Strom für den Starter abgegeben werden kann?
- 7 Eine entladene Starterbatterie wird 18 Minuten an ein Schnell-Ladegerät mit einem Ladestrom $I = 80A$ angeschlossen. Um wie viele A·h steigt die Kapazität C der Starterbatterie in dieser Zeit bei einem Wirkungsgrad $\eta = 85\%$?
- 8 Ein Traktor/Schlepper mit **zwei** Anhängern muss wegen einer Reifenpanne mit eingeschalteter Warnblinkanlage 2 Stunden am Straßenrand abgestellt werden.

 - a) Um wie viele A·h sinkt die Kapazität C der Starterbatterie während dieser Zeit t ?
Die Betriebsspannung und die Leistung der jeweiligen Glühlampen kann Abbildung → 1 auf Seite 3 entnommen werden.
 - b) Wie lange braucht ein 14-V-Drehstromgenerator, um die Starterbatterie wieder zu laden, wenn er einen Ladestrom $I = 150A$ abgibt und keine anderen elektrischen Verbraucher betrieben werden?
 - c) Wie lange braucht der Drehstromgenerator, um die Starterbatterie wieder zu laden, wenn gleichzeitig das Abblendlicht eingeschaltet wird?
Die Betriebsspannung und die Leistung der jeweiligen Glühlampen kann Abbildung → 1 auf Seite 3 entnommen werden.
- 9 Der Starter eines Traktors/Schleppers gibt bei einer Spannung $U = 10V$ eine Leistung $P = 4,2kW$ ab. Der Wirkungsgrad beträgt $\eta = 52\%$.
Wie groß muss die Kapazität C der Starterbatterie mindestens sein, wenn nach mehreren Startversuchen von insgesamt 8 Minuten Dauer noch 30% der Nennkapazität vorhanden sein soll?

- 10 Durch Selbstentladung verliert die nicht benutzte Starterbatterie ($U = 12\text{ V}$, $C = 176\text{ A}\cdot\text{h}$) eines Mähreschers täglich 1 % ihrer ursprünglichen Kapazität C .
- Wie groß ist die Kapazitätsabnahme C_{ab} nach einer Standzeit von 30 Tagen?
 - Wie lange dauert nach dieser Standzeit ein vollständiger Ladevorgang, wenn der Ladestrom $I = 6\text{ A}$ beträgt?
 - Nach welcher Standzeit sind nur noch 35 % der Kapazität C vorhanden?
 - Wie lange dauert in diesem Fall der vollständige Ladevorgang, wenn der Ladestrom 10 % der Nennkapazität beträgt?
- 11 Eine 120-A-h-Starterbatterie ist zu 75 % entladen. Sie soll mit einem Schnell-Ladegerät, welches einen Ladestrom von $I = 75\text{ A}$ liefert, geladen werden. Nach welcher Zeit muss der Ladevorgang abgebrochen werden, wenn durch das Schnellladen maximal 80 % der Nennkapazität erreicht werden soll?
- 12 Der Vorglühvorgang eines Traktors/Schleppers dauert $t = 25\text{ s}$. Die verwendete Flammglühkerze hat bei einer Spannung $U = 11\text{ V}$ einen Widerstand $R = 0,61\ \Omega$. Um wie viele A·h sinkt die Kapazität C der Starterbatterie während des Vorglüehens?

2 Hydraulik

2.1 Druck in Flüssigkeiten (Grundgesetz der Hydromechanik)

	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Druck 	$p = \frac{F}{10 \cdot A}$ $F = 10 \cdot p \cdot A$ $A = \frac{F}{10 \cdot p}$	<p>p</p> <p>F</p> <p>A</p>	<p>Druck in bar</p> <p>Kraft in N</p> <p>Kraftangriffsfläche in cm²</p>
Volumenstrom Hydraulikpumpe, -motor 	$\dot{V} = V^* \cdot n$ $V^* = \frac{\dot{V}}{n}$ $n = \frac{\dot{V}}{V^*}$	<p>\dot{V}</p> <p>V^*</p> <p>n</p>	<p>Volumenstrom in $\frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$</p> <p>Fördervolumen pro Umdrehung in dm³</p> <p>Drehzahl in $\frac{1}{\text{min}}$</p>
Dreharbeit Hydraulikpumpe, -motor 	$W = \frac{V^* \cdot p}{10}$ $V^* = \frac{10 \cdot W}{p}$ $p = \frac{10 \cdot W}{V^*}$	<p>W</p> <p>V^*</p> <p>p</p>	<p>Dreharbeit bei einer Umdrehung in N·m</p> <p>Fördervolumen pro Umdrehung in cm³</p> <p>Druck in bar</p>
Drehmoment Hydraulikpumpe, -motor 	$M = \frac{W}{2 \cdot \pi}$ $W = 2 \cdot \pi \cdot M$	<p>M</p> <p>W</p>	<p>Drehmoment in N·m</p> <p>Dreharbeit bei einer Umdrehung in N·m</p>

Übungen

- 1 Auf eine eingeschlossene Flüssigkeit wird über eine Kolbenfläche $A = 24 \text{ cm}^2$ eine Kraft $F = 3360 \text{ daN}$ aufgebracht. Berechnen Sie den Druck p in der Flüssigkeit.
- 2 Der Kolbendurchmesser eines Hydraulikzylinders beträgt $d = 20 \text{ mm}$. Im Zylinder wirkt ein Flüssigkeitsdruck $p = 80 \text{ bar}$. Berechnen Sie die Kolbenkraft F .
- 3 In einer Hydraulikanlage ist ein federbelastetes Überdruckventil mit einer Federkraft $F = 3925 \text{ N}$ eingebaut, das erst bei einem Systemdruck $p = 125 \text{ bar}$ öffnen darf.
 - a) Berechnen Sie die notwendige Ventilfläche A .
 - b) Ermitteln Sie den Durchmesser d dieser Ventilfläche.
- 4 Ein dreistufiger Teleskopzylinder besitzt die folgenden Kolbendurchmesser.

Stufe I: $d = 100 \text{ mm}$

Stufe II: $d = 80 \text{ mm}$

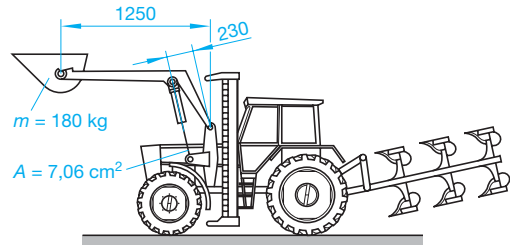
Stufe III: $d = 60 \text{ mm}$

Der Druck im Stufenzylinder beträgt $p = 150 \text{ bar}$. Berechnen Sie die Kräfte F des Stufenzylinders in den einzelnen Stufen.
- 5 Der Wasserschlauch einer Beregnungsanlage wird an einem Ende mit einem Stopfen abgedichtet. Der Schlauchinnendurchmesser beträgt $d = 1''$ (1 Zoll). Wie groß ist die Kraft F auf den Stopfen, wenn ein Wasserdruck $p = 3,5 \text{ bar}$ vorhanden ist?
- 6 Eine Hydraulikpumpe wird mit einer Dreharbeit $W = 28,8 \text{ N·m}$ pro Umdrehung angetrieben und besitzt bei **einer** Umdrehung ein Fördervolumen $V^* = 16 \text{ cm}^3$. Berechnen Sie den Pumpendruck p .
- 7 Die Steuerpumpe einer Lenkhydraulik fördert bei **einer** Lenkradumdrehung $V^* = 96 \text{ cm}^3$. Der Lenkölldruck beträgt $p = 120 \text{ bar}$. Berechnen Sie das erforderliche Lenkraddrehmoment M in N·m und die Lenkdreharbeit W .
- 8 Der Hydraulikmotor zum Fahrentrieb eines Mähdreschers soll bei einem Betriebsdruck $p = 420 \text{ bar}$ eine Dreharbeit $W = 1050 \text{ N·m}$ pro Umdrehung erreichen. Berechnen Sie das erforderliche Ölvolumen V^* für **eine** Motorumdrehung.

9 Eine Hydraulikpumpe mit einem Fördervolumen $V^* = 12 \text{ cm}^3$ pro Umdrehung und einer Antriebsdreharbeit $W = 25 \text{ N}\cdot\text{m}$ pro Umdrehung versorgt eine Hydraulikanlage. Ein in der Anlage eingebautes Druckbegrenzungsventil mit einem Ventildurchmesser $d = 4 \text{ mm}$ soll beim Erreichen von 80 % des möglichen Pumpendruckes öffnen. Welche Schließfederkraft F benötigt das Ventil?

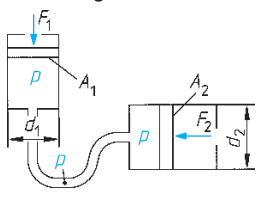
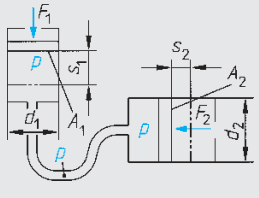
10 Eine Zahnradpumpe mit $V^* = 22,5 \text{ cm}^3$ und einem Betriebsdruck $p = 180 \text{ bar}$ wird mit einer Drehzahl $n = 2500 \frac{1}{\text{min}}$ angetrieben. Berechnen Sie die Dreharbeit W pro Umdrehung, das Drehmoment M und die notwendige Antriebsleistung P in kW.

11 Berechnen Sie den erforderlichen Druck p in der Hydraulikanlage, wenn der Frontlader, siehe Abbildung → 1, bestehend aus zwei Zylindern, eine Masse von 180 kg halten soll.



1 Traktor/Schlepper – Frontlader

2.2 Kraft- und Wegübersetzung mit Hilfe der Hydraulik

	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Kraftübersetzung 	$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$ $F_1 = \frac{A_1}{A_2} \cdot F_2$ $F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1$ $A_1 = \frac{F_1}{F_2} \cdot A_2$ $A_2 = \frac{F_2}{F_1} \cdot A_1$	F_1, F_2 A_1, A_2	Kraft Kolbenfläche in N in cm ²
Wegübersetzung 	$\frac{s_1}{s_2} = \frac{A_2}{A_1}$ $s_1 = \frac{A_2}{A_1} \cdot s_2$ $s_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot s_1$ $A_1 = \frac{s_2}{s_1} \cdot A_2$ $A_2 = \frac{s_1}{s_2} \cdot A_1$	s_1, s_2 A_1, A_2	Kolbenweg Kolbenfläche in cm in cm ²

Übungen

- Von den zwei unterschiedlichen Zylindern in einer Hydraulikanlage sind die folgenden Daten bekannt.
 $F_1 = 50 \text{ N}$; $A_1 = 2 \text{ cm}^2$; $A_2 = 12 \text{ cm}^2$
 Berechnen Sie die Kolbenkraft F_2 .
- Von einer hydraulischen Presse sind die folgenden Daten bekannt.
 $A_1 = 2 \text{ cm}^2$; $A_2 = 12 \text{ cm}^2$; $s_2 = 0,4 \text{ cm}$
 Berechnen Sie den Kolbenweg s_1 .
- Eine hydraulische Presse erzeugt mit einem Arbeitskolben, Durchmesser $d_2 = 350 \text{ mm}$, eine Kraft $F_2 = 60 \text{ kN}$. Die Kolbenkraft des Druckzylinders beträgt $F_1 = 420 \text{ N}$. Bestimmen Sie:
 - den Durchmesser d_1 des Druckkolbens,
 - den Druck p in der Hydraulikflüssigkeit.
- Beim Betätigen einer hydraulischen Bremse wird der Kolben des Hauptbremszylinders mit einer Kraft $F_1 = 200 \text{ N}$ betätigt. Der Kolbendurchmesser im Hauptbremszylinder beträgt $d_1 = 16 \text{ mm}$. Mit welcher Kraft F_2 werden die Bremsbacken vom Radbremszylinder angedrückt, wenn die Kolben im Radbremszylinder einen Durchmesser $d_2 = 12,4 \text{ mm}$ aufweisen?
- Von einer hydraulischen Presse sind die folgenden Werte bekannt.

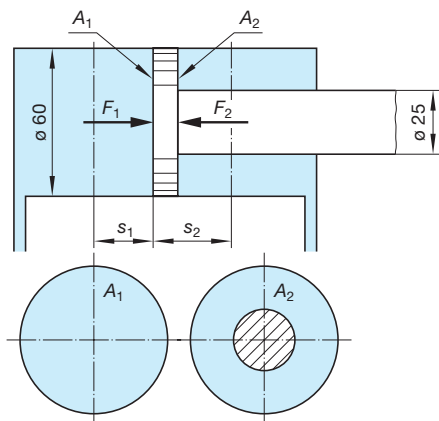
$$F_1 = 600 \text{ N}$$

$$A_1 = 2 \text{ cm}^2$$

$$d_2 = 5 \text{ cm}$$

$$s_2 = 1,2 \text{ cm}$$
 Ermitteln Sie: F_2, A_2, s_1, d_1 .
- Eine Scheibenbremse mit einem Druckzylinderdurchmesser $d = 45 \text{ mm}$ wird hydraulisch über einen Hauptbremszylinder mit einem Kolbendurchmesser $d_1 = 18 \text{ mm}$ durch eine Kolbenkraft $F_1 = 860 \text{ N}$ betätigt. Berechnen Sie:
 - die Anpresskraft F_2 des Druckzylinderkolbens,
 - den Druck p der Hydraulikflüssigkeit.
- Ein Radbremszylinder mit einem Kolbendurchmesser $d_2 = 24 \text{ mm}$ soll eine Spannkraft $F_2 = 1200 \text{ N}$ aufbringen. Der Kolben des Hauptbremszylinders wird mit einer Kraft $F_1 = 1000 \text{ N}$ betätigt. Berechnen Sie den Durchmesser d_1 des Kolbens im Hauptbremszylinder.
- Von der hydraulischen Bremsanlage eines Kraftfahrzeuges sind die folgenden Daten bekannt.
 Kraftarm am Bremspedal 225 mm
 Lastarm am Bremspedal 45 mm
 Fußkraft 320 N
 Kolbendurchmesser des Hauptbremszylinders $d_1 = 26 \text{ mm}$
 Kolbendurchmesser der Vorderradbremsszylinder $d_{2V} = 28 \text{ mm}$
 Kolbendurchmesser der Hinterradbremsszylinder $d_{2H} = 25 \text{ mm}$
 Berechnen Sie:
 - die Kolbenkraft F_1 des Hauptbremszylinders,
 - den Druck p der Hydraulikflüssigkeit,
 - die Spannkraften der Radzylinderkolben der Vorderräder (F_{2V}) und der Hinterräder (F_{2H}).

- 9 Ein Differenzialzylinder wird abwechselnd rechts und links mit einem Druck $p = 65 \text{ bar}$ beaufschlagt, siehe Abbildung \rightarrow 1. Berechnen Sie die Kolbenkräfte F_2 und F_1 .

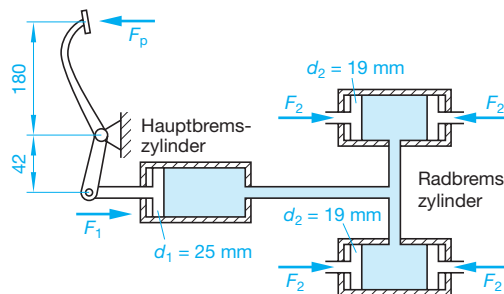


1 Differenzialzylinder

- 10 Welchen Weg s_1 bzw. s_2 legt der Kolben des Differenzialzylinders, siehe Aufgabe 9, zurück, wenn rechts bzw. links jeweils $V = 50 \text{ cm}^3$ Hydrauliköl eingebracht werden?

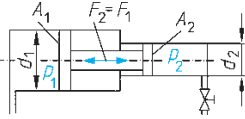
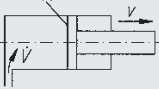
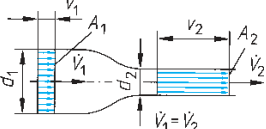
- 11 Berechnen und skizzieren Sie einen Gleichlaufzylinder mit einem Kolbendurchmesser $d = 60 \text{ mm}$, welcher in beide Richtungen eine Kraft $F = 14500 \text{ N}$ bei einem Druck $p = 65 \text{ bar}$ ermöglicht.

- 12 Bestimmen Sie die erforderliche Pedalkraft F_p , damit an den Radbremszylindern, siehe Abbildung \rightarrow 2, eine Kolbenkraft $F_2 = 600 \text{ N}$ erreicht wird.



2 Hydraulische Bremsanlage

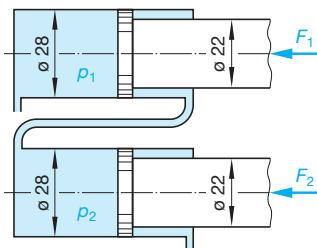
2.3 Druckübersetzung und Strömungsgeschwindigkeitsänderungen in Hydraulikanlagen

	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Druckübersetzung 	$\frac{p_2}{p_1} = \frac{A_1}{A_2}$ $p_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot p_1 \quad A_1 = \frac{p_2}{p_1} \cdot A_2$ $p_1 = \frac{A_2}{A_1} \cdot p_2 \quad A_2 = \frac{p_1}{p_2} \cdot A_1$	p_1, p_2 A_1, A_2	Drücke Kolbenflächen in bar in cm ²
Volumenstrom Hydraulikzylinder 	$\dot{V} = 600 \cdot v \cdot A$ $v = \frac{\dot{V}}{600 \cdot A}$ $A = \frac{\dot{V}}{600 \cdot v}$	\dot{V} v A	Volumenstrom Strömungsgeschwindigkeit Querschnittsfläche in $\frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ in dm ²
Veränderung Strömungsgeschwindigkeit 	$v_1 \cdot A_1 = A_2 \cdot v_2$ $v_1 = \frac{A_2}{A_1} \cdot v_2 \quad v_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot v_1$ $A_1 = \frac{v_2}{v_1} \cdot A_2 \quad A_2 = \frac{v_1}{v_2} \cdot A_1$	v_1, v_2 A_1, A_2	Fließgeschwindigkeiten Leitungsquerschnitte in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ in cm ²

Übungen

- Von einem Schwimmkolben zur hydraulischen Druckübersetzung sind die folgenden Daten bekannt.
 $p_1 = 8 \text{ bar}$; $A_1 = 20 \text{ cm}^2$; $A_2 = 5 \text{ cm}^2$
 Berechnen Sie den Druck p_2 .
- Ein hydraulischer Druckübersetzer wird in einer Hydraulikanlage zur Druckverstärkung einer Teilanlage eingesetzt. Die folgenden Daten des Übersetzers sind bekannt.
 $F_1 = F_2 = 1000 \text{ N}$; $A_1 = 10 \text{ cm}^2$; $A_2 = 2 \text{ cm}^2$
 Berechnen Sie den Druck p_2 .
- Von einem hydraulischen Druckübersetzer sind die folgenden Daten bekannt.
 $p_1 = 80 \text{ bar}$; $d_1 = 36 \text{ mm}$; $d_2 = 25 \text{ mm}$
 Berechnen Sie folgende Werte: A_1 ; A_2 ; F ; p_2 .
- Berechnen Sie die Kräfte F_1 und F_2 der Zylinder, siehe Abbildung → 1. Der Druck beträgt $p_1 = 125 \text{ bar}$. Durch welche konstruktive Maßnahme erreicht man $F_1 = F_2$.
- In der Druckleitung einer Hydraulikanlage mit einem Durchmesser $d_1 = 10 \text{ mm}$ fließt ein Ölstrom mit einer Fließgeschwindigkeit $v_1 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Diese Fließgeschwindigkeit soll auf $v_2 = 4,13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ durch eine Querschnittsänderung der Druckleitung reduziert werden. Berechnen Sie den hierzu erforderlichen Leitungsdurchmesser d_2 in mm.
- Eine Rohrleitung in einem Hydrauliksystem verengt sich vor dem Verbraucher von $d_1 = 10 \text{ mm}$ auf $d_2 = 8,5 \text{ mm}$. Welche Strömungsgeschwindigkeit v_1 ist im Leitungssystem erforderlich, wenn die Einströmgeschwindigkeit in den Verbraucher $v_2 = 5,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ betragen soll?
- Eine Hydraulikpumpe liefert einen Volumenstrom $\dot{V} = 30 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ bei einem Druck $p = 120 \text{ bar}$. Berechnen Sie den erforderlichen Leitungsdurchmesser d unter Berücksichtigung von Abbildung → 2.

- Berechnen Sie die Kräfte F_1 und F_2 der Zylinder, siehe Abbildung → 1. Der Druck beträgt $p_1 = 125 \text{ bar}$. Durch welche konstruktive Maßnahme erreicht man $F_1 = F_2$.



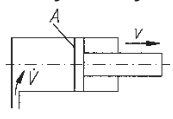
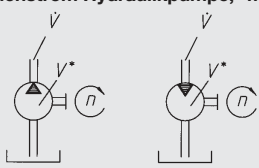
1 Reihenschaltung zweier Zylinder

Leistungsart	Ölstrom-Geschwindigkeiten in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
Saugleitungen	0,5 ... 1,5
Rücklaufleitungen	2,0 ... 3,0
Druckleitungen bei p (in bar)	
< 50	4,0
50 ... <100	4,0 ... 5,0
100 ... <200	5,0 ... 6,0
≥ 200	6,0 ... 7,0

2 Ölstrom-Geschwindigkeiten in Rohrleitungen

- Durch eine Rohrleitung mit einem Querschnitt $A_1 = 12 \text{ cm}^2$ fließt eine Hydraulikflüssigkeit mit einer Geschwindigkeit $v_1 = 30 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$. Wie groß wird die Flüssigkeitgeschwindigkeit v_2 , wenn sich der Leitungsquerschnitt auf $A_2 = 4 \text{ cm}^2$ verringert?

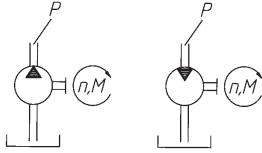
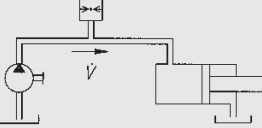
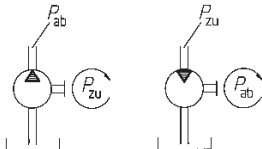
2.4 Volumenströme in Hydraulikanlagen

	Formel	Formelzeichen	Erklärung	
Volumenstrom Hydraulikzylinder 	$\dot{V} = 600 \cdot v \cdot A$ $v = \frac{\dot{V}}{600 \cdot A}$ $A = \frac{\dot{V}}{600 \cdot v}$	\dot{V} v A	Volumenstrom Strömungsgeschwindigkeit Querschnittsfläche	in $\frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ in dm^2
Volumenstrom Hydraulikpumpe, -motor 	$\dot{V} = V^* \cdot n$ $V^* = \frac{\dot{V}}{n}$ $n = \frac{\dot{V}}{V^*}$	\dot{V} V^* n	Volumenstrom Fördervolumen pro Umdrehung Drehzahl	in $\frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$ in dm^3 in $\frac{1}{\text{min}}$

Übungen

- Ein Hydraulikzylinder mit einer Kolbenfläche $A = 12,5 \text{ cm}^2$ soll mit einer Geschwindigkeit $v = 1,85 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ ausgefahren werden. Berechnen Sie den erforderlichen Volumenstrom \dot{V} in $\frac{\text{l}}{\text{min}}$.
- Berechnen Sie die Ausfahrgeschwindigkeit v in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ eines Hydraulikzylinders mit dem Kolbendurchmesser $d = 28 \text{ mm}$, wenn der Volumenstrom $\dot{V} = 0,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$ beträgt.
- Ein dreistufiger Teleskopzylinder hat in den einzelnen Stufen die folgenden Kolbendurchmesser:
 Stufe I: $d = 100 \text{ mm}$
 Stufe II: $d = 80 \text{ mm}$
 Stufe III: $d = 60 \text{ mm}$
 Berechnen Sie die Kolbengeschwindigkeiten v der drei Zylinderstufen bei einem Volumenstrom $\dot{V} = 1,2 \frac{\text{l}}{\text{min}}$.
- Ein Differenzialzylinder hat einen Kolbendurchmesser $d_1 = 58 \text{ mm}$ und einen Stangendurchmesser $d_2 = 32 \text{ mm}$. Die angeschlossene Zahnradpumpe versorgt diesen Zylinder im Vor- und Rücklauf gleichmäßig mit einem Volumenstrom $\dot{V} = 6,5 \frac{\text{l}}{\text{min}}$. Berechnen Sie:
 a) die Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit v_V und v_R ,
 b) die Zeit für den Vor- und Rücklauf t_V und t_R , wenn der Kolben in beide Richtungen 420 mm ausgefahren wird.
- Der Hydraulikzylinder einer Hydraulikanlage erhält von einer Zahnradpumpe Öl mit dem Volumenstrom $\dot{V} = 16,69 \frac{\text{l}}{\text{min}}$. Die Kolbengeschwindigkeit soll $v = 8,5 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ betragen. Ermitteln Sie den erforderlichen Zylinderdurchmesser d in mm .
- Eine Zahnradpumpe mit einem Fördervolumen $V^* = 26 \text{ cm}^3$ pro Umdrehung wird mit einer Drehzahl $n = 1200 \frac{1}{\text{min}}$ angetrieben. Berechnen Sie den Förderstrom \dot{V} dieser Pumpe in $\frac{\text{l}}{\text{min}}$.
- Eine Hydraulikpumpe mit einem Fördervolumen $V^* = 22 \text{ cm}^3$ pro Umdrehung soll einen Förderstrom $\dot{V} = 40 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ liefern. Berechnen Sie die erforderliche Antriebsdrehzahl n dieser Pumpe in $\frac{1}{\text{min}}$.
- Die Hydraulikmotoren an den beiden Antriebsrädern eines Mähreschers besitzen je ein Schluckvolumen $V^* = 100 \text{ cm}^3$ pro Umdrehung und werden über einen Mengenteiler gemeinsam von einer Hydraulikpumpe mit einem Volumenstrom $\dot{V} = 25 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ versorgt. Berechnen Sie die Drehzahl n der Motoren in $\frac{1}{\text{min}}$.
- Der Hydraulikmotor zum Antrieb eines Mähwerkes am Mährescher mit einem Schluckvolumen $V^* = 100 \text{ cm}^3$ pro Umdrehung wird von einer Pumpe mit einem Fördervolumen $V^* = 12 \text{ cm}^3$ pro Umdrehung und einer Antriebsdrehzahl $n = 2400 \frac{1}{\text{min}}$ mit Drucköl versorgt. Berechnen Sie:
 a) den Volumenstrom \dot{V} der Anlage,
 b) die Drehzahl n des Hydraulikmotors.
- Der Hydraulikzylinder einer Kraftheberhydraulik soll bei einem Kolbendurchmesser $d = 60 \text{ mm}$ eine Kraft $F = 42,5 \text{ kN}$ aufbringen.
 a) Berechnen Sie den erforderlichen Öldruck p in bar .
 b) Bestimmen Sie unter Berücksichtigung von Abbildung $\rightarrow 2$, vorherige Seite, die mögliche Ölstromgeschwindigkeit v in der Druckleitung.
 c) Ermitteln Sie den Volumenstrom \dot{V} in der Rohrleitung, wenn der Nenn Durchmesser $d = 12 \text{ mm}$ beträgt.
 d) Berechnen Sie die mögliche Ausfahrgeschwindigkeit v des Zylinderkolbens in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
 e) Berechnen Sie die hierzu erforderliche Drehzahl n der Hydraulikpumpe, wenn diese ein Fördervolumen $V^* = 26,5 \text{ cm}^3$ pro Umdrehung besitzt.

2.5 Hydraulische Leistung und hydraulischer Wirkungsgrad

	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Leistung Hydraulikpumpe, -motor 	$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot M \cdot n}{60}$ $P = \frac{W \cdot n}{60}$ $W = \frac{P \cdot 60}{n}$ $n = \frac{P \cdot 60}{W}$	<p>P</p> <p>M</p> <p>n</p> <p>W</p>	<p>Leistung (1 kW = 1000 W) in W</p> <p>Drehmoment in N·m</p> <p>Drehzahl in $\frac{1}{\text{min}}$</p> <p>Dreharbeit bei einer Umdrehung in N·m</p>
Hydraulische Leistung (allgemein) 	$P = \frac{p \cdot \dot{V}}{600}$ $p = \frac{600 \cdot P}{\dot{V}}$ $\dot{V} = \frac{600 \cdot P}{p}$	<p>P</p> <p>p</p> <p>\dot{V}</p>	<p>Leistung (1 kW = 1000 W) in kW</p> <p>Druck in bar</p> <p>Volumenstrom in $\frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$</p>
Wirkungsgrad 	$\eta_t = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$ $P_{ab} = \eta_t \cdot P_{zu}$ $P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta_t}$ $\eta_t = \eta_v \cdot \eta_{hm}$	<p>P_{ab}</p> <p>P_{zu}</p> <p>η_t</p> <p>η_v</p> <p>η_{hm}</p>	<p>Abtriebsleistung in kW</p> <p>Antriebsleistung in kW</p> <p>Gesamtwirkungsgrad –</p> <p>volumetrischer Wirkungsgrad –</p> <p>hydraulisch-mechanischer Wirkungsgrad –</p>

Übungen

- In einer Hydraulikanlage soll ein Volumenstrom $\dot{V} = 32 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ bei einem Druck $p = 250 \text{ bar}$ fließen. Berechnen Sie die hydraulische Leistung P in kW.
- Die Kolben zweier parallel geschalteter Hydraulikzylinder mit einem Kolbendurchmesser von jeweils 80 mm sollen gleichzeitig mit einer Kolbengeschwindigkeit $v = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ausgedehnt werden. Welche hydraulische Leistung P in kW ist erforderlich, wenn pro Zylinder eine Kraft $F = 30 \text{ kN}$ aufgebracht wird?
- Ein Axialkolbenmotor soll bei einer Drehzahl $n = 1600 \frac{1}{\text{min}}$ ein Drehmoment von $M = 450 \text{ N}\cdot\text{m}$ übertragen.
 - Berechnen Sie die Leistung P des Axialkolbenmotors.
 - Berechnen Sie die erforderliche hydraulische Leistung P_{zu} , wenn der Wirkungsgrad des Axialkolbenmotors $\eta_t = 0,82$ beträgt.
 - Berechnen Sie den erforderlichen Volumenstrom \dot{V} zum Betrieb des Axialkolbenmotors bei einem Nenn- druck $p = 230 \text{ bar}$.
- Eine Radialkolbenpumpe besitzt einen volumetrischen Wirkungsgrad $\eta_v = 0,95$ und einen hydraulisch-mechanischen Wirkungsgrad $\eta_{hm} = 0,8$.
 - Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad η_t der Pumpe.
 - Berechnen Sie die erforderliche Antriebsleistung P_{zu} dieser Radialkolbenpumpe, wenn deren hydraulische Abtriebsleistung $P_{ab} = 6,84 \text{ kW}$ beträgt.
- Eine Zahnradpumpe hat ein Fördervolumen $V^* = 10,2 \text{ cm}^3$ pro Umdrehung und besitzt die folgenden Wirkungsgrade.

$$\eta_v = 0,9$$

$$\eta_{hm} = 0,7$$
 - Berechnen Sie den Volumenstrom \dot{V} dieser Pumpe bei einer Drehzahl $n = 1450 \frac{1}{\text{min}}$.
 - Berechnen Sie die notwendige Antriebsleistung P_{zu} für diese Pumpe bei einem Druck $p = 200 \text{ bar}$.
- Von einem hydrostatischen Mährescherantrieb sind die folgenden Daten angegeben.

Hydraulikmotor:
 Bauart: Konstantmotor – Axialkolbenmotor
 Abtriebsnenn Drehzahl: $n = 1700 \frac{1}{\text{min}}$
 Nenn Drehmoment: $M = 500 \text{ N}\cdot\text{m}$
 Nenn druck: $p = 420 \text{ bar}$
 Gesamtwirkungsgrad: $\eta_t = 0,92$

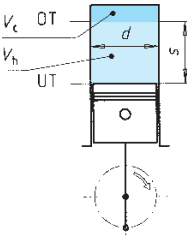
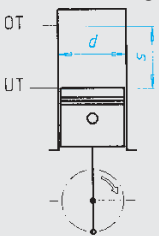
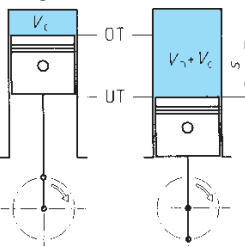
Hydraulikpumpe:
 Bauart: Verstellförderpumpe – Axialkolbenpumpe
 Gesamtwirkungsgrad: $\eta_t = 0,87$

Berechnen Sie:

 - die Nennleistung P des Hydraulikmotors,
 - die hydraulische Antriebsleistung P_{zu} des Motors,
 - den erforderlichen Volumenstrom \dot{V} des Motors,
 - die Abtriebsleistung P_{ab} der Pumpe.

3 Motorentechnik

3.1 Hubraum, Hubverhältnis, Verdichtungsverhältnis und Verdichtungsraum

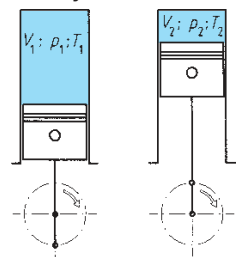
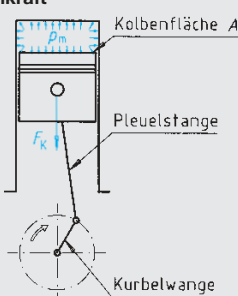
	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Hubraum 	$V_h = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot s}{4}$ $s = \frac{4}{d^2 \cdot \pi} \cdot V_h$ $d = \sqrt{\frac{4}{s \cdot \pi} \cdot V_h}$ $V_H = V_h \cdot z$ $V_h = \frac{V_H}{z}$ $z = \frac{V_H}{V_h}$	V_h V_H d s z	Hubraum eines Zylinders Gesamthubraum Durchmesser der Bohrung Hub Anzahl der Zylinder in mm ³ , cm ³ , dm ³ in mm ³ , cm ³ , dm ³ in mm, cm, dm in mm, cm, dm –
Hubverhältnis/Hub-Bohrungsverhältnis 	$\text{Hubverhältnis} = \frac{s}{d}$ $s = \text{Hubverhältnis} \cdot d$ $d = \frac{s}{\text{Hubverhältnis}}$	d s	Durchmesser der Bohrung Hub Hubverhältnis < 1: Kurzhubmotor (Kurzhuber) Hubverhältnis = 1: Quadrathubmotor (Quadrathuber) Hubverhältnis > 1: Langhubmotor (Langhuber) in mm, cm, dm in mm, cm, dm
Verdichtungsverhältnis 	$\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c}$ $V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}$ $V_h = V_c \cdot (\varepsilon - 1)$	ε V_h V_c	Verdichtungsverhältnis Hubraum eines Zylinders Verdichtungsraum in mm ³ , cm ³ , dm ³ in mm ³ , cm ³ , dm ³

Übungen

- Der Dieselmotor eines Traktors/Schleppers hat einen Bohrungsdurchmesser $d = 106,5 \text{ mm}$ und einen Hub $s = 110 \text{ mm}$. Das Verdichtungsverhältnis beträgt $\varepsilon = 16,8 : 1$.
 - Wie groß ist der Hubraum V_h eines Zylinders?
 - Bestimmen Sie das Hubverhältnis.
 - Wie groß ist der Verdichtungsraum V_c ?
 - Bestimmen Sie den Gesamthubraum V_H des Verbrennungsmotors, wenn dieser je nach Ausführung über 3, 4 oder 6 Zylinder verfügt.
- Ein Vierzylinder-Dieselmotor eines Traktors/Schleppers hat einen Bohrungsdurchmesser $d = 102 \text{ mm}$ und einen Hub $s = 120 \text{ mm}$. Das Verdichtungsverhältnis beträgt $\varepsilon = 16,5 : 1$.
 - Wie groß ist der Hubraum V_h eines Zylinders?
 - Bestimmen Sie das Hubverhältnis.
 - Wie groß ist der Verdichtungsraum V_c ?
 - Berechnen Sie den Gesamthubraum V_H des Verbrennungsmotors.
- Ein Sechszylinder-Dieselmotor verfügt über einen Gesamthubraum $V_H = 5958 \text{ cm}^3$. Der Hub beträgt 133 mm . Die Größe des Verdichtungsraumes wird mit $V_c = 64 \text{ cm}^3$ angegeben.
 - Wie groß ist der Durchmesser d der Bohrung?
 - Bestimmen Sie das Hubverhältnis.
 - Wie groß ist das Verdichtungsverhältnis ε ?
- Für einen Dieselmotor werden die folgenden technischen Daten genannt. $d = 100 \text{ mm}$; $V_h = 895,4 \text{ cm}^3$; $V_c = 59,7 \text{ cm}^3$; $z = 4$
 - Wie groß ist der Hub s ?
 - Bestimmen Sie das Hubverhältnis.
 - Wie groß ist das Verdichtungsverhältnis ε ?
 - Berechnen Sie den Gesamthubraum V_H des Verbrennungsmotors.

- 5 Das Hubverhältnis eines Dreizylinder-Dieselmotors beträgt 1,033. Der Bohrungsdurchmesser beträgt $d = 106,5$ mm. Das Verdichtungsverhältnis wird mit $\varepsilon = 17,4 : 1$ angegeben.
- Wie groß ist der Hubraum V_H eines Zylinders?
 - Wie groß ist der Verdichtungsraum V_C ?
 - Berechnen Sie den Gesamthubraum V_H des Verbrennungsmotors.
- 6 Für einen Dieselmotor werden folgende technische Daten angegeben: $s = 127$ mm; Hubverhältnis 1,29; $V_C = 59,7$ cm³; $z = 4$.
- Wie groß ist der Hubraum V_H eines Zylinders?
 - Ermitteln Sie das Verdichtungsverhältnis ε .
 - Berechnen Sie den Gesamthubraum V_H des Verbrennungsmotors.
- 7 Die Bohrung eines Sechszylinder-Dieselmotors hat einen Durchmesser $d = 100$ mm. Der Hub beträgt $s = 127$ mm. Die Größe des Verdichtungsraumes wird mit $V_C = 63,1$ cm³ angegeben.
- Wie groß ist der Hubraum V_H eines Zylinders?
 - Bestimmen Sie das Hubverhältnis.
 - Ermitteln Sie das Verdichtungsverhältnis ε .
 - Berechnen Sie den Gesamthubraum V_H des Verbrennungsmotors.
- 8 Von einem Dieselmotor sind folgende Daten bekannt: $d = 105$ mm; $s = 120$ mm; $\varepsilon = 16,4 : 1$; $z = 4$.
- Wie groß ist der Gesamthubraum V_H des Verbrennungsmotors?
 - Bestimmen Sie das Hubverhältnis.
 - Berechnen Sie die Größe des Verdichtungsraumes V_C .
 - In einer leistungsstärkeren Version wird der ansonsten baugleiche Verbrennungsmotor mit einem Abgasturbo-lader ausgerüstet. Das Verdichtungsverhältnis beträgt in dieser Ausführung 15,5 : 1. Durch welche technische Änderung kann dieses erreicht werden?
- 9 In den technischen Unterlagen sind für den Zweitakt-Ottomotor einer Motorsäge folgende Angaben enthalten: $d = 48$ mm; $s = 34$ mm; $\varepsilon = 9,5 : 1$.
- Wie groß ist der Gesamthubraum V_H des Verbrennungsmotors?
 - Bestimmen Sie das Hubverhältnis.
 - Berechnen Sie die Größe des Verdichtungsraumes V_C .
- 10 Die Bohrung eines Viertakt-Ottomotors hat einen Durchmesser $d = 76,2$ mm. Der Hub beträgt $s = 68,9$ mm. Die Größe des Verdichtungsraumes wird mit $V_C = 43,64$ cm³ angegeben.
- Wie groß ist der Hubraum V_H des Einzylindermotors?
 - Bestimmen Sie das Hubverhältnis.
 - Ermitteln Sie das Verdichtungsverhältnis ε .
 - Bei Reparaturarbeiten an diesem Verbrennungsmotor wird versehentlich eine Zylinderkopfdichtung eingebaut, welche 1 mm dicker ist als das Originalteil. Welche Veränderungen ergeben sich dadurch am Verdichtungsraum und am Verdichtungsverhältnis?

3.2 Gasdruck im Zylinder und Kolbenkraft

	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Gasdruck im Zylinder 	$\frac{\rho_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{\rho_2 \cdot V_2}{T_2}$ $\rho_1 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1 \cdot T_2} \cdot \rho_2$ $V_1 = \frac{\rho_2 \cdot T_1}{\rho_1 \cdot T_2} \cdot V_2$ $T_1 = \frac{\rho_1 \cdot V_1}{\rho_2 \cdot V_2} \cdot T_2$ $\rho_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{V_2 \cdot T_1} \cdot \rho_1$ $V_2 = \frac{\rho_1 \cdot T_2}{\rho_2 \cdot T_1} \cdot V_1$ $T_2 = \frac{\rho_2 \cdot V_2}{\rho_1 \cdot V_1} \cdot T_1$	ρ_1 ρ_2 V_1 V_2 T_1 T_2	absoluter Druck vor dem Verdichten absoluter Druck nach dem Verdichten Volumen vor dem Verdichten Volumen nach dem Verdichten Temperatur vor dem Verdichten Temperatur nach dem Verdichten in bar in bar in mm ³ , cm ³ , dm ³ in mm ³ , cm ³ , dm ³ in K in K
Kolbenkraft 	$F_k = 10 \cdot p_m \cdot A$ $p_m = \frac{F_k}{10 \cdot A}$ $A = \frac{F_k}{10 \cdot p_m}$	F_k p_m A	Kolbenkraft Druck (= mittlerer Verbrennungsdruck) Fläche des Kolbenbodens in N in bar cm ²

Übungen

- Der Dieselmotor eines Traktors/Schleppers hat einen größten Verbrennungsraum $V_b (= V_1) = 1042 \text{ cm}^3$ und einen Verdichtungsraum $V_c (= V_2) = 62 \text{ cm}^3$. Vor dem Verdichten herrscht im Zylinder ein Druck $p_1 = 0,9 \text{ bar}$. Die bei kaltem Verbrennungsmotor angesaugte Luft wird mit Hilfe einer Flammstartanlage auf eine Temperatur $t_1 = 120^\circ \text{C}$ erwärmt.
 - Berechnen Sie die Temperatur t_2 im Zylinder am Ende des Verdichtungstaktes bei folgenden Kompressionsdrücken p_2 : 20 bar, 24 bar, 28 bar und 32 bar.
 - Stellen Sie die Ergebnisse grafisch in Form eines x-y-Diagramms dar.
 x-Achse: Kompressionsdruck in bar
 y-Achse: Temperatur des Gases nach dem Verdichten in °C
 Wählen Sie einen geeigneten Maßstab selbst aus.
 - Welchen Zusammenhang zwischen dem Kompressionsdruck und der Gastemperatur nach dem Verdichten zeigt die grafische Darstellung?
 - Welcher Kompressionsdruck p_2 darf bei diesem Verbrennungsmotor nicht unterschritten werden, damit am Ende des Verdichtungstaktes die für die Selbstzündung des Dieselmotors erforderliche Gastemperatur von 350°C erreicht wird?
- Wie groß ist der Druck p_2 im Zylinder eines Dieselmotors am Ende des Verdichtungstaktes, wenn die folgenden Größen bekannt sind:
 $V_1 = 1054 \text{ cm}^3$; $V_2 = 61 \text{ cm}^3$; $t_1 = 90^\circ \text{C}$; $t_2 = 780^\circ \text{C}$;
 $p_1 = 0,9 \text{ bar}$?
- Wie groß ist die Gastemperatur t_2 im Zylinder eines Dieselmotors am Ende des Verdichtungstaktes, wenn die folgenden Größen bekannt sind?
 $\varepsilon = 17,5 : 1$; $t_1 = 80^\circ \text{C}$; $p_2 = 45 \text{ bar}$; $p_1 = 0,85 \text{ bar}$