

Inhaltsverzeichnis

Seite

Eigenschaften und Verhalten der Körper 1 bis 6

Lektion 1

Die Körper 1

1.1	Aggregatzustand und Eigenschaften der Körper	1
1.1.1	Das Fluid als Körper	1
1.2	Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen als Folge von Molekularkräften	2
1.2.1	Wesen der Molekularkräfte	2
1.2.2	Kohäsion und Adhäsion	3
1.2.3	Die Oberflächenspannung	3
1.2.3.1	Oberflächenspannung als Funktion der Oberflächenenergie	3
1.2.3.2	Ermittlung der Oberflächenspannung	4
1.2.4	Benetzende und nicht benetzende Flüssigkeiten	4
1.2.5	Kapillarität	5
1.2.6	Oberflächenbildung ruhender Flüssigkeiten	5
1.2.6.1	Flüssigkeitsbehälter kleiner Ausdehnung	5
1.2.6.2	Flüssigkeitsbehälter großer Ausdehnung	5

Hydrostatik und Aerostatik 6 bis 46

Lektion 2

Hydrostatischer Druck 6

2.1	Preßdruck und Schweredruck; Berechnung des Preßdruckes	6
2.2	Berechnung des Schweredruckes	7
2.3	Internationales Einheitensystem und Druckeinheiten	7
2.4	Umrechnung alter Druckeinheiten in Pascal	8
2.5	Kompressibilität der Körper infolge Drucksteigerung	9
2.6	Die ideale Flüssigkeit	10

Lektion 3

Aerostatischer Druck 11

3.1	Gesetz von Boyle-Mariotte	11
3.2	Der Schweredruck von Gasen	12
3.2.1	Nachweis des Luftdruckes	12
3.2.2	Absoluter Druck und Atmosphärische Druckdifferenz	13
3.2.3	Normzustand eines Gases	14
3.2.4	Die Gasdichte	14
3.2.4.1	Die Normdichte von Gasen	15
3.2.5	Das spezifische Volumen	15

Lektion 4	Druckkraft	16
4.1	Druckausbreitung in Flüssigkeiten und Gasen	16
4.2	Druckkraft auf Flächen	16
4.2.1	Druckkraft auf ebene Flächen	17
4.2.2	Druckkraft auf gewölbte Flächen	17
4.2.3	Die hydraulische Kraftübersetzung	18
4.2.3.1	Der Wirkungsgrad einer hydraulischen Presse	19
4.3	Die hydraulische Druckübersetzung	21
Lektion 5	Flüssigkeitsgewicht und hydrostatischer Druck	24
5.1	Druckverteilung bei zunehmender Tiefe	24
5.1.1	Addition von Einzeldrücken	24
5.1.2	Die Druckhöhe als weitere „Druckeinheit“	25
5.2	Die Bodendruckkraft	25
5.3	Seitendruckkraft und Druckmittelpunkt	26
5.4	Die Aufdruckkraft	28
5.5	Verbundene Gefäße	29
5.6	Die Saugwirkung	30
5.7	Flüssigkeitsmanometer, Flüssigkeitsvakuummeter, Piezometer	31
Lektion 6	Der Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen	36
6.1	Das Archimedische Prinzip	36
6.2	Berechnung der Auftriebskraft	36
6.3	Sinken, Schweben, Schwimmen	38
6.4	Gleichgewichtslagen schwimmender Körper	38
6.4.1	Das Metazentrum	39
6.5	Anwendung des Archimedischen Prinzipes zur Bestimmung von Dichten	39
6.5.1	Die Hydrostatische Waage	39
6.5.2	Die Mohrsche Waage und das Aräometer	40
Lektion 7	Ausbildung der Flüssigkeitsoberfläche in bewegten Gefäßen	42
7.1	Allgemeine Eigenschaften der Flüssigkeiten	42
7.2	Erweiterte Definition des Begriffes Hydrostatik	42
7.3	Flüssigkeit in einem mit konstanter Geschwindigkeit bewegten Gefäß	43
7.4	Flüssigkeit in einem gleichmäßig beschleunigten Gefäß	43
7.5	Flüssigkeit in einem rotierenden Gefäß	44
Hydrodynamik und Aerodynamik		47 bis 71
Lektion 8	Geschwindigkeitsänderungen inkompressibler Fluide bei wechselndem Rohrquerschnitt und ohne Reibung	47
8.1	Definition des inkompressiblen Fluides	47
8.2	Die stationäre Strömung ohne Reibungsverluste	47
8.2.1	Die Begriffe „Stromlinie“ und „Stromröhre“	48

8.3	Die Kontinuitätsgleichung für inkompressible Mittel	48
-----	---	----

Lektion 9**Energieerhaltung Inkompressibler Fluide beim Strömen durch Rohrleitungen und ohne Reibungsverluste** 51

9.1	Die drei Energieformen eines strömenden Fluides	51
9.2	Energieeinheiten	52
9.3	Die Energiegleichung nach Bernoulli	52
9.4	Anwendungen zur Kontinuitäts- und Energiegleichung	57
9.4.1	Das Venturi-Prinzip	57
9.4.2	Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit	58

Lektion 10**Ausfluß aus Gefäßen** 61

10.1	Ausfluß in die freie Umgebung bei gleichbleibendem Flüssigkeitsspiegel	61
10.2	Ausfluß aus Seitenöffnungen	63
10.2.1	Ausfluß aus Seitenöffnungen mit kleinem Strömungsquerschnitt	63
10.2.2	Ausfluß aus hohen Seitenöffnungen	64
10.2.3	Einfluß der geometrischen Form der Ausflußöffnung	64
10.2.3.1	Ausfluß aus hohen rechteckigen Seitenöffnungen	65
10.2.3.2	Der Überfall	66
10.3	Ausfluß bei sinkendem Flüssigkeitsspiegel	66
10.4	Ausfluß unter Gegendruck	68
10.4.1	Ausgleich des Fluidspiegels	68
10.4.2	Konstante Fluidspiegel	68
10.5	Ausfluß aus Gefäßen mit Überdruck	69

Reibungsverluste strömender Fluide 72 bis 117**Lektion 11****Fluidreibung** 72

11.1	Der Unterschied zwischen äußerer und innerer Reibung	72
11.2	Fluidität und Zähigkeit, Newtonsches und Nicht-Newtonsches Fluid	73
11.2.1	Die dynamische Viskosität	73
11.2.2	Die kinematische Viskosität	75
11.3	Der Einfluß der Zähigkeit auf die Strömungsform	76
11.3.1	Laminare und turbulente Strömungsform	76
11.3.2	Die Reynoldssche Zahl als Kriterium für die Strömungsform	76

Lektion 12**Kräfte am umströmten Körper** 79

12.1	Definition des umströmten Körpers	79
12.2	Die Entstehung von Fluidwirbeln	79
12.3	Der Strömungswiderstand	80
12.4	Der dynamische Auftrieb	82
12.5	Der Magnuseffekt	83

Lektion 13**Erweiterte Bernoullische Gleichung für die Fluidströmung
in Rohren**

85

13.1	Erfassung von Verlusthöhe und Druckverlust mit der Gleichung von Bernoulli ...	85
13.2	Verlusthöhe und Druckverlust in einer von einem inkompressiblen Fluid durchströmten Rohrleitung mit konstantem Kreisquerschnitt	86
13.2.1	Das Druckliniengefälle	86
13.2.2	Verluste bei der laminaren Rohrströmung inkompressibler Fluide	89
13.2.2.1	Gesetz von Stokes	89
13.2.2.2	Gesetz von Hagen-Poiseuille	89
13.2.2.3	Die Berechnung der Verlusthöhe und des Druckverlustes bei der laminaren Rohrströmung eines inkompressiblen Fluides	90
13.2.3	Verluste bei der turbulenten Rohrströmung inkompressibler Fluide	91
13.2.3.1	Verteilung der Geschwindigkeit über den Rohrquerschnitt bei turbulenter Strömung	91
13.2.3.2	Die Berechnung der Verlusthöhe und des Druckverlustes bei der turbulenten Rohrströmung eines inkompressiblen Fluides	91
13.2.3.2.1	Reibungszahl bei glatten Rohren	92
13.2.3.2.2	Reibungszahl bei rauhen Rohren	93
13.2.3.2.3	Hinweis für die Rohrleitungsberechnung	94

Lektion 14**Druckverluste in Rohrleitungssystemen mit
Einbauten und Formstücken**

97

14.1	Einzelwiderstände in einem Rohrleitungssystem	97
14.2	Berechnung des Druckverlustes in Rohrleitungssystemen	99
14.2.1	Die gleichwertige Rohrlänge	101

Lektion 15**Geschwindigkeits- und Durchflußmessung strömender
inkompressibler Fluide**

103

15.1	Einteilung der Meßverfahren für hydraulische Daten	103
15.2	Beschreibung der Meßverfahren	103
15.2.1	Ausschlagverfahren	103
15.2.2	Induktive Durchflußmessung	103
15.2.3	Verdrängungsprinzip	104
15.2.4	Durchflußmessung mit Ultraschall	104
15.2.5	Geschwindigkeits- und Durchflußmessung mittels Kontinuitäts- gleichung und Energiegleichung	105
15.2.5.1	Staugeräte	105
15.2.5.2	Schwebekörper-Durchflußmeßgeräte	105
15.2.5.3	Drosselgeräte	106
15.2.5.3.1	Das Normventurirohr	106
15.2.5.3.2	Normdüse und Normblende	108

Lektion 16**Strömung von Flüssigkeiten in oben offenen Gerinnen**

111

16.1	Das offene Gerinne	111
16.2	Die gleichförmige Fließgeschwindigkeit in einem offenen Gerinne	111
16.3	Die Fließformel	112

16.4	Hydraulisch günstige Querschnitte oben offener Gerinne	114
16.4.1	Hydraulisch günstig, da kleinster benetzender Umfang	114
16.4.1.1	Festgelegter Rechteckquerschnitt	114
16.4.1.2	Festgelegter Trapezquerschnitt mit festgelegtem Böschungswinkel	115
16.4.2	Hydraulisch günstig, da größter Querschnitt	116

Kompressible Fluide 118 bis 125

Lektion 17

Kontinuitäts- und Energiegleichung des kompressiblen Massenstromes 118

17.1	Kompressibilität in der Technischen Strömungslehre	118
17.2	Die Kontinuitätsgleichung des kompressiblen Massenstromes	118
17.3	Der maximale Massenstrom	119
17.3.1	Die Ursache der Kompressibilitätszunahme bei großer Strömungsgeschwindigkeit	120
17.3.2	Berechnung der Schallgeschwindigkeit	120
17.3.2.1	Die Schallgeschwindigkeit in festen Stoffen	121
17.3.2.2	Die Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten	121
17.3.2.3	Die Schallgeschwindigkeit in Gasen und Dämpfen	122
17.3.3	Die Machzahl	122
17.4	Ansatz zur eindeutigen Beschreibung des kompressiblen Massenstromes	124
17.4.1	Die Energiegleichung des kompressiblen Massenstromes	124

Lösungsgänge zu den Übungsaufgaben 126 bis 140

Ergebnisse der Vertiefungsaufgaben 141 bis 145

Sachwortverzeichnis 146 bis 149

Griechisches Alphabet 150

DIN-Normen, Auswahl zu den Sachgebieten dieses Buches 150