

Inhaltsverzeichnis

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
1	Stromdichte	6 – 7
2	Ohmsche Gesetz (Rechnen mit dem Widerstand)	8 – 10
3	Ohmsche Gesetz (Rechnen mit dem Leitwert)	11 – 12
4	Widerstand und Abmessungen (spez. Widerstand)	13 – 15
5	Widerstand und Abmessungen (spez. Leitfähigkeit)	16 – 17
6 / 6A	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	18 – 20
6 / 6B	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes (Rechnen mit dem fiktiven Materialnullpunkt)	21 – 22
7 / 7A	Elektrische Leistung (1. Teil)	23 – 24
7 / 7B + 7C	Elektrische Leistung (2. Teil)	25 – 27
7 / 7D	Elektrische Leistung (3. Teil)	28 – 29
8 / 8A	Elektrische Arbeit	30 – 31
8 / 8B	Elektrische Leistung / Arbeit	32 – 33
8 / 8C	Elektrische Arbeit / Energiekosten	34 – 36
9	Einzelwirkungsgrad	37 – 38
10	Gesamtwirkungsgrad	39 – 40
11	Reihenschaltung	41 – 43
12	Vorwiderstand	44 – 45
13	Parallelschaltung	46 – 48
14	Gemischte Schaltung	49 – 51
15	Spannungsteilerschaltung	52 – 54
16	Brückenschaltung	55 – 56
17	Dreieck – Stern und Stern – Dreieck Umwandlung	57 – 59
18	Messschaltungen	60 – 62
19	Messgerätefehler	63 – 64
20	Spannungsfall auf Leitungen	65 – 67
21	Chemische Wirkung des elektrischen Stromes	68 – 69
22	Primärelement (Galvanische Elemente)	70 – 71
23	Entladen eines Primärelementes	72 – 73
24	Sekundärelement	74 – 75
25	Ersatzspannungsquelle	76 – 77
26	Ersatzstromquelle	78 – 79
27	Anpassung (Spannungsanpassung / Leistungsanpassung / Stromanpassung)	80 – 81
28	Reihenschaltung von Spannungsquellen	82 – 84
29	Parallelschaltung von Spannungsquellen	85 – 87
30	Gemischte Schaltung von Spannungsquellen	88 – 90
31	Netzwerke (Kreisstromverfahren)	91 – 92
32	Netzwerke (Überlagerungsmethode)	93 – 94

Inhaltsverzeichnis

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
33	Elektrisches Feld	95 – 96
34	Elektrische Feldstärke und Durchschlagfestigkeit	97 – 98
35	Verschiebungsdichte und Verschiebungsfluss	99 – 100
36	Dielektrische Polarisierung (Isolierstoffe / Dielektrikum)	101 – 102
37	Kondensator	103 – 104
38	Kapazität von Kondensatoren	105 – 106
39	Kapazität von Leitungen	107 – 108
40	Reihenschaltung von Kondensatoren	109 – 110
41	Parallelschaltung von Kondensatoren	111 – 112
42	Gemischte Schaltung von Kondensatoren	113 – 115
43	Energie des elektrostatischen Feldes	116 – 117
44	Laden eines Kondensators mit konstantem Strom	118 – 119
45	Laden eines Kondensators mit einer Gleichspannungsquelle	120 – 121
46	Entladen eines Kondensators	122 – 123
47	Magnetische Durchflutung	124 – 125
48	Magnetische Feldstärke	126 – 127
49	Magnetische Flussdichte oder magnetische Induktion	128 – 129
50	Permeabilität; eisenlose Spule	130 – 131
51	Permeabilität; Umgebung von Leitern	132 – 134
52	Magnetische Eigenschaften von ferromagnetischen Stoffen	135 – 136
53	Magnetisierungskurve	137 – 139
54	Magnetischer Widerstand	140 – 141
55	Der magnetische Kreis	142 – 144
56	Induktivität (1. Teil)	145 – 146
57	Induktivität (2. Teil)	147 – 148
58	Induktivität von Leitungen	149 – 150
59	Reihenschaltung von Induktivitäten	151 – 152
60	Parallelschaltung von Induktivitäten	153 – 154
61	Gemischte Schaltung von Induktivitäten	155 – 156
62	Elektromagnetische Induktion durch Bewegen eines Leiters	157 – 158
63	Elektromagnetische Induktion durch Magnetfeldänderung	159 – 161
64	Selbstinduktion	162 – 163
65	Einschaltverhalten einer Induktivität an Gleichspannung	164 – 165
66	Ausschaltverhalten einer Induktivität	166 – 167
67	Kraftwirkung zwischen zwei Magneten	168 – 169
68	Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld	170 – 171
69	Kraftwirkung zwischen stromdurchflossenen Leitern	172 – 173

Inhaltsverzeichnis

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
70	Grundlagen Wärmelehre	174 – 175
71	Mischung unterschiedlicher Wärmemengen	176 – 177
72	Aggregatzustandsänderung	178 – 179
73	Elektrowärme (Wärmewirkung des elektrischen Stromes)	180 – 181
74	Erwärmung von isolierten Leitern	182 – 184
75	Stationärer Zustand in der Erwärmung von isolierten Leitern	185 – 187
76	Wärmenutzungsgrad (Wärmewirkungsgrad)	188 – 189
77	Wärmedurchgangswiderstand	190 – 191
78	Wärmedurchgangskoeffizient (u-Wert)	192 – 193
79	Wärmeleitung	194 – 195
80	Wärmestrahlung	196 – 197
81	Wärmeströmung (Konvektion)	198 – 199
82	Transmissionswärmebedarf	200 – 201
83	Lüftungwärmebedarf	202 – 203
84	Wärmeleistungsbedarf	204 – 205
85	Wärmequellen	206 – 207
86	Anschlusswert von Elektroheizungen	208 – 209
87	Elektrowärmepumpen	210 – 211
Anhang 1 / 2		212
Anhang 3 / 4		213
Anhang 5 / 6 / 7 / 8		214
Anhang 9 / 10		215
Anhang 11 / 12 / 13a / 13b		216
Griechisches Alphabet		217
Naturkonstanten		217
Auszug einiger mathematischer Zeichen		218
SI - Vorsätze		218
SI – Basiseinheiten (Internationales Einheitensystem)		219 – 223
Raum und Zeit		220
Mechanik und Akustik		221
Elektrizität, Magnetismus und Licht		222
Temperatur und Wärme		223
Radioaktivität, ionisierende Strahlung und Chemie		223
Radiometrie		223
Überstromunterbrecher DIAZED		224
Zuordnung Nennauslösestromstärke der ÜUB zu den Leiterquerschnitten		224
Zusammenstellung der spezifischen Stoffwerte 1. Teil		225
Zusammenstellung der spezifischen Stoffwerte 2. Teil		226
Literatur		227

3 OHMSCHE GESETZ

Der elektrische Leitwert G hat die Einheit Siemens (S) nach Werner von Siemens, deutscher Ingenieur, 1816 bis 1892.

Der elektrische Leitwert ist das Verhältnis von Stromstärke I zur Spannung U. Er sagt aus, wie gut ein Bauelement den elektrischen Strom leitet. Besitzt ein Verbraucher z.B. einen kleinen Widerstand, leitet er den elektrischen Strom gut. Er hat somit einen grossen Leitwert (G).

Der Fachbegriff „Widerstand“ wird in zweifacher Hinsicht verwendet. Er bezeichnet zum einen das Bauelement – Widerstand – und zum anderen die Eigenschaft eines Materials, dem elektrischen Strom einen Widerstand entgegen zu setzen. Üblicherweise wird in der Elektrotechnik jeweils der Widerstandswert von Verbrauchern, Bauelementen, Leitungen usw. angegeben.

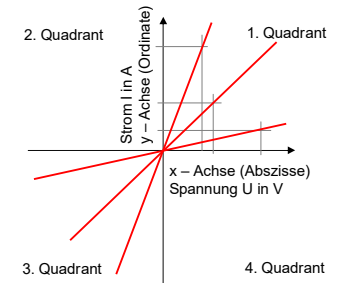
$$U = \frac{I}{G} \quad V = \frac{A}{S}$$

$$G = \frac{I}{U} \quad S = \frac{A}{V}$$

$$I = U \cdot G \quad A = V \cdot S$$

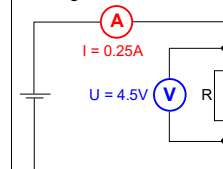
$$G = \frac{1}{R} \quad S = \frac{1}{\Omega}$$

Bei ohmschen oder linearen Widerständen ist die Stromstärke direkt von der Spannung abhängig. Kennzeichnend für dieses Verhalten ist die Widerstandsgerade im Koordinatensystem. Die unterschiedlichen Widerstandswerte werden aufgrund der verschiedenen Steigungen der Geraden erkannt. Das Verhalten dieser Widerstände ist unabhängig von der Spannungs- bzw. Strompolarität gleich, was dazu führt, dass die Kennlinien im 1. sowie im 3. Quadranten gleich verlaufen. Aus diesem Grund wird für die grafische Darstellung nur der erste Quadrant verwendet.



Beispiel 1

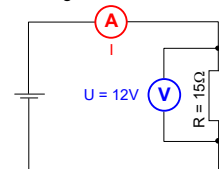
Wie gross sind der Widerstand R und der Leitwert G?



Geg.: $I = 0.25A$ $U = 4.5V$
 Ges.: R, G
 $R = \frac{U}{I} = \frac{4.5V}{0.25A} = 18\Omega$
 $G = \frac{I}{U} = \frac{0.25A}{4.5V} = 56mS$

Beispiel 2

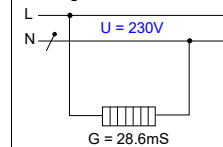
Wie gross sind der Strom I und der Leitwert G?



Geg.: $U = 12V$ $R = 15\Omega$
 Ges.: I, G
 $I = \frac{U}{R} = \frac{12V}{15\Omega} = 0.8A$
 $G = \frac{1}{R} = \frac{1}{15\Omega} = 67mS$

Beispiel 3

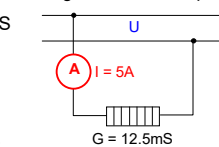
Wie gross sind der Strom I und der Widerstand R?



Geg.: $U = 230V$ $G = 28.6mS$
 Ges.: I, R
 $I = U \cdot G$ oder $\frac{U}{R} = 6.58A$
 $R = \frac{1}{G} = \frac{1}{0.0286S} = 35\Omega$

Beispiel 4

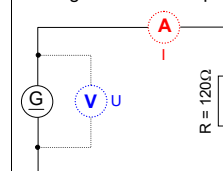
Wie gross sind die Spannung U und der Widerstand R?



Geg.: $I = 5A$ $G = 12.5mS$
 Ges.: U, R
 $U = \frac{I}{G}$ oder $U \cdot R = 400V$
 $R = \frac{U}{I} = \frac{400V}{5A} = 80\Omega$

Beispiel 5

Wie gross sind die Spannung U und der Strom I?



Aufgabe nicht lösbar!
 Es sind zwei Werte unbekannt.
 Durch Messen einer dieser beiden Werte ist die Aufgabe lösbar.

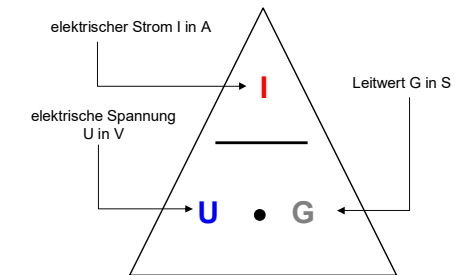


Bild 3.1 Ohmsche Gesetz

- 6.13** Der Widerstand einer 40W/230V (0.174A) Kohlefadenlampe beträgt bei 20°C 2'215Ω.
 a) Wie gross ist der Betriebswiderstand und
 b) der mittlere Temperaturkoeffizient bei einer Wendel – Betriebstemperatur von 1'937°C?

- 6.14** Ein Leiter erwärmt sich aufgrund des Betriebsstromes auf eine Leitertemperatur von 70°C. Der dadurch vorhandene Leitungswiderstand ist aus der vorliegenden Tabelle ersichtlich. Ergänzen Sie die Tabelle (siehe Anhang 3) mit den dafür nötigen maximalen Leitungslängen.

Nennquerschnitt in mm ² (Cu)	Überstromschutzeinrichtung	maximaler Widerstand in Ω (bei 70°C)	maximale Leitungslänge in m
1.5	10	0.920 → R ₂₀ →	32.9
1.5	13	0.707	
1.5	16	0.575	
1.5	20	0.460	
2.5	13	0.707	
2.5	16	0.575	
2.5	20	0.460	
2.5	25	0.368	
4.0	16	0.575	
4.0	20	0.460	
4.0	25	0.368	
4.0	32	0.287	
6.0	20	0.460	
6.0	25	0.368	
6.0	32	0.287	
6.0	40	0.230	

Der max. Widerstand ergibt sich aus der Überlegung, dass der Spannungsfall für eine 230V Leitung 4% nicht überschreiten soll, auch dann nicht, wenn die Leitertemperatur 70°C beträgt.

- 6.15** Welcher spezifische Widerstand besitzt Kupfer bei a) -30°C, b) 40°C, c) 80°C und d) 150°C?

- 6.16** Eine Transformatorenwicklung aus Kupfer hat bei einer Betriebstemperatur von 63°C einen Widerstand von 4.37Ω. Wie gross ist der Wicklungswiderstand bei 20°C?

- 6.17** Ergänzen Sie die Tabelle (siehe Anhang 4). Die Stromkreise sind an 230V angeschlossen.

Überstromunterbrecher	Charakteristik B (3... 5 mal I _N)			Charakteristik C (5... 10 mal I _N)			Charakteristik D (10... 20 mal I _N)		
	1.5mm ²	2.5mm ²	6mm ²	1.5mm ²	2.5mm ²	6mm ²	1.5mm ²	2.5mm ²	6mm ²
Leiterquerschnitt	x								
Nennstrom in A	10	13	16	13	16	20	20	25	32
minimaler I _k in A	50								
max. Widerstand R in Ω	4.6								
max. Leitungslänge ℓ in m bei 20°C und R	197.1								
max. Leitungslänge ℓ in m bei 160°C und R	126.4								

- 6.18** Ein Motor hat bei einer Wicklungstemperatur von 12°C einen Widerstand von 3.78Ω. Nach 6.5-stündigem Dauerbetrieb beträgt der Wicklungswiderstand 5.17Ω. Welche Temperatur besitzt die warme Wicklung?

62 ELEKTROMAGNETISCHE INDUKTION DURCH BEWEGEN EINES LEITERS

Hendrik Antoon Lorentz, niederländischer Mathematiker und Physiker, 1853 bis 1928, entwickelte div. Theorien im Magnetismus
 Heinrich Friedrich Emil Lenz, deutscher Physiker, 1804 bis 1865, untersuchte unter anderem die elektromagnetische Induktion

Die Erzeugung von Magnetfeldern mit Hilfe des elektrischen Stromes wird mit dem Durchflutungsgesetz beschrieben. Das Induktionsgesetz (lat. inductio = das Hineinführen) beschreibt die entgegengesetzte Richtung, nämlich die Erzeugung einer elektrischen Spannung durch sich ändernde magnetische Felder oder das Bewegen eines elektrischen Leiters in einem homogenen Magnetfeld.

Zudem wirkt das Induktionsgesetz in folgenden zwei Zusammenhängen:

Gegeninduktion	Selbstinduktion
Spule wird nicht ursächlich von einem Strom durchflossen sondern sich einem ändernden Magnetfeld ausgesetzt. Dabei wird in der Spule eine Spannung induziert.	Dieses Phänomen tritt in jeder stromdurchflossenen Spule selber auf und zwar immer dann, wenn der magnetische Fluss infolge Stromänderungen ebenfalls ändert.

Dieses Kapitel beschäftigt sich ausschliesslich mit der Bewegung eines Leiters in einem homogenen Magnetfeld (Gegeninduktion). Die Induktion durch Bewegung wird auch Generatorprinzip genannt.

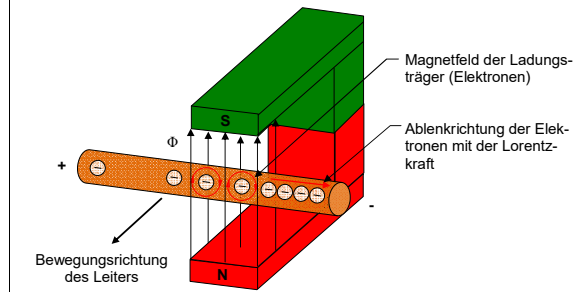


Bild 62.1 Ladungsverschiebung durch Leiterbewegung im homogenen Magnetfeld

Ein Leiter aus Kupfer besitzt freie Elektronen. Diese Ladungsträger bewegen sich um ihre eigene Achse, weshalb sie von einem Magnetfeld umgeben werden. Durch den Einfluss eines weiteren Magnetfeldes (z.B. Dauermagnet wie in Bild 62.1) beginnen die Elektronen in eine bestimmte Richtung zu wandern. Dies trifft jedoch nur dann zu, wenn der Leiter bewegt wird. Die Ablenkung erfolgt mit der Lorentzkraft und zwar senkrecht zur Bewegungsrichtung.

Der erwähnte Sachverhalt führt dazu, dass während der Leiterbewegung im Magnetfeld auf der einen Seite des Leiters sich ein Elektronenüberschuss bildet und auf der anderen Seite ein Elektronenmangel. Dieser Vorgang wird elektromagnetische Induktion genannt.

Die Richtung der induzierten Spannung ist von der Bewegungsrichtung und der Richtung des Magnetfeldes abhängig.

Wird nun an den Leiter ein Verbraucher angeschlossen, sodass der Stromkreis geschlossen ist, können die Elektronen fließen. Dieser durch die Induktionsspannung hervorgerufene Strom verursacht ein Magnetfeld um den Leiter. Weil dieses Magnetfeld stets so gerichtet ist, dass es zusammen mit dem Polfeld eine Kraft gegen die Bewegung ausübt, wird der Leiter abgebremst – Lenz'sche Regel –.

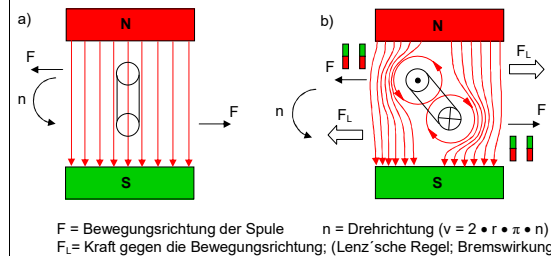


Bild 62.2 a) drehbar gelagerte Spule im Magnetfeld ohne Leiterfeld
 b) Spule in Drehbewegung mit Leiterfeld

$U_i = N \cdot B \cdot \ell \cdot v$	$v = \frac{v_s}{m^2} \cdot m \cdot \frac{m}{s}$	$N = \frac{U_i}{B \cdot \ell \cdot v}$	$k.E. = \frac{v}{\frac{v_s}{m^2} \cdot m \cdot \frac{m}{s}}$	$B = \frac{U_i}{N \cdot \ell \cdot v}$	$\frac{v_s}{m^2} = \frac{v}{m \cdot \frac{m}{s}}$
$\ell = \frac{U_i}{N \cdot B \cdot v}$	$m = \frac{v}{\frac{v_s}{m^2} \cdot \frac{m}{s}}$	$v = \frac{U_i}{N \cdot B \cdot \ell}$	$\frac{m}{s} = \frac{v}{\frac{v_s}{m^2} \cdot m}$	U _i = induzierte Spannung N = Windungszahl B = magnetische Flussdichte v = Bewegungsgeschwindigkeit ℓ = wirksame Leiterlänge im Magnetfeld	

ACHTUNG: Befindet sich eine Leiterschleife in einem Magnetfeld, muss die Formel um den Faktor 2 erweitert werden (Hin- und Rückleiter!)

Lenz'sche Regel: Jeder durch eine induzierte Spannung hervorgerufene Strom ist stets so gerichtet, dass sein Magnetfeld der Ursache der Induktion entgegenwirkt.

Die Richtung des Stromes resp. der induzierten Spannung ist dabei von der Bewegungsrichtung der Leiterschleife und der Magnetfeldrichtung abhängig (Generatorregel: rechte Hand).

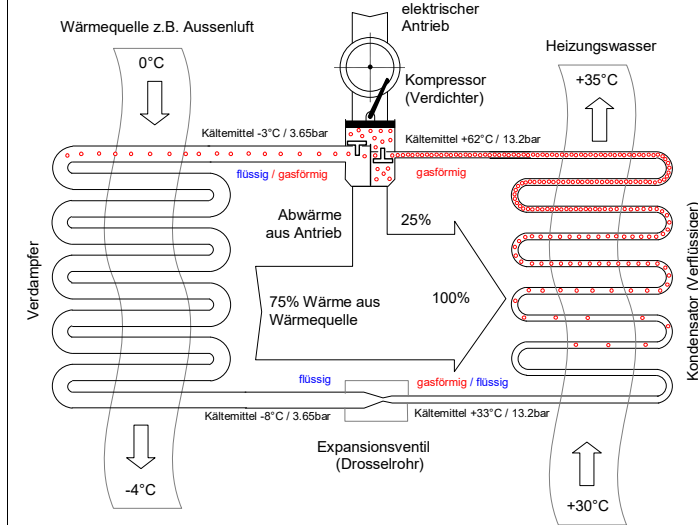
76 WÄRMENUTZUNGSGRAD (WÄRMEWIRKUNGSGRAD)

Nr. Aufgabe

- 76.1** Ein Wassererwärmer kann mit einer Energie von 2kWh seinen 60ℓ Inhalt von 14°C auf eine Endtemperatur von 40°C erwärmen. Wie gross ist der Wärmewirkungsgrad?
- 76.2** Nach welcher Zeit ist der Inhalt eines 150ℓ Elektrospeichers auf 60°C erwärmt, wenn der Anschlusswert des Elektroeinsatzes 5kW beträgt und der Wirkungsgrad 97%? Die Kaltwassertemperatur liegt bei 13.5°C.
- 76.3** Welche Anschlussleistung muss ein 100ℓ Elektrospeicher besitzen, wenn der Inhalt innert einer Stunde von 12°C auf 60°C erwärmt werden soll (Wirkungsgrad Elektroheizstab 97%)?
- 76.4** Auf einer 1.5kW Kochplatte werden 2.4ℓ Wasser erwärmt. Wie lange dauert es, wenn das Wasser von 13°C auf 96°C erwärmt wird und der Wärmewirkungsgrad 58% beträgt?
- 76.5** In einem Landwirtschaftsbetrieb werden 400ℓ Wasser von 14°C auf 70°C erwärmt. Die Zählerablesung ergab einen elektrischen Energiebezug von 28kWh. Wie gross ist der Wirkungsgrad des Wassererwärmers?
- 76.6** In einem Gefäss welches mit 2.5ℓ Wasser von 13°C gefüllt ist, wird ein Tauchsieder gelegt. Der Tauchsieder besitzt einen Widerstand von 30Ω und ist für eine Nennspannung von 230V vorgesehen. Der Wirkungsgrad wird mit 95% angenommen. Das Wasser soll bis zum Siedepunkt (100°C) erhitzt werden.
 a) Wie gross ist die aufzuwendende Erwärmungsenergie?
 b) Wie lange dauert es, bis das Wasser siedet, wenn die Anschlussspannung 205V beträgt?
 c) Wie lange dauert es, bis das Wasser bei Nennspannung siedet?
- 76.7** Ein Tauchsieder mit einer Anschlussleistung von 3.5kW ist während 15 Minuten eingeschaltet. Welche Wassermenge kann in dieser Zeit von 12°C auf 60°C erhitzt werden, wenn der Wärmewirkungsgrad 98% beträgt?
- 76.8** Der Wasserinhalt eines 250ℓ Wassererwärmers soll in der Zeit von 22.00Uhr bis 06.00Uhr von 15°C auf 65°C erwärmt werden. Welcher elektrische Anschlusswert ist dafür erforderlich, wenn mit einem Wärmewirkungsgrad von 92% gerechnet werden muss?
- 76.9** Aus einem Herstellerkatalog ist zu entnehmen, dass die Erwärmung von 2ℓ Wasser von 12°C auf 98°C 8 Minuten dauert, wenn die beschriebene 2.5kW Kochplatte dafür verwendet wird.
 a) Wie gross ist der berücksichtigte Wärmewirkungsgrad?
 b) Welche Bedingungen müssen berücksichtigt werden, damit dieser Wärmewirkungsgrad erreicht werden kann?
- 76.10** Um auf einer Blitzkochplatte (∅ 180mm) 5ℓ Wasser von 6.8°C auf 88°C zu erwärmen, ist eine Zeit von 35min. 25sek. notwendig. Während dieser Zeit macht der Zähler mit einer Zählerkonstante von c = 150U/kWh 177 Umdrehungen.
 a) Wie gross ist der Wärmewirkungsgrad?
 b) Auf welche Leistungsstufe wurde der 7 Takt – Stufenschalter der Blitzkochplatte eingestellt, wenn die Verluste zwischen Kochplatte und Kochgeschirr auftreten?
- 76.11** Zu Spitzenlastzeiten, wie dies zur Mittagszeit der Fall ist, sinkt die Spannung von 400V auf 375V. Dadurch braucht Frau Müller zum Erwärmen von 1ℓ Wasser mit einer 1.5kW Kochplatte von 12°C auf 98°C 8min. 19sek. .
 a) Wie lange dauert die Aufheizzeit bei einer Spannung von 400V?
 b) Wie gross ist der Wärmewirkungsgrad?

87 ELEKTROWÄRMEPUMPEN

Mit einer Wärmepumpe wird aus minderwertiger (ungenutzter) Wärme, hochwertige Raumwärme hergestellt. Die Arbeitsweise entspricht derjenigen eines Kompressorkühlschranks. Über einen Verdampfer wird der Umgebung (Umgebungsluft / Erdreich / Wasser) Wärme entzogen und einem Heizsystem zugeführt. Damit dies funktioniert, wird ein Arbeitsmittel (Kältemittel) benötigt, welches bei niedriger Temperatur den Siedepunkt erreicht. Die sich in einem Kreislauf befindende Flüssigkeit wird nacheinander verdampft, verdichtet, verflüssigt und entspannt.



Der Kompressor saugt den Arbeitsmitteldampf aus dem Verdampfer. Durch komprimieren steigt dessen Druck und Temperatur. Der in den Verflüssiger gelangende Arbeitsmitteldampf wird vom Heizwasserstrom umspült. Dabei wird die durch Verdichten und zugeführte Wärme (Energie) an das Heizwasser abgegeben, sodass dessen Temperatur ansteigt, während dem sich der Dampf verflüssigt. Über ein Expansionsventil wird das Kältemittel entspannt und gelangt mit niedrigerem Druck erneut in den Verdampfer. Unmittelbar an dessen Eintrittsstelle ist der Anfangsdruck und die Anfangstemperatur erreicht. Der Kreislauf ist geschlossen und der Vorgang beginnt wieder von vorne.

Bild 87.1 Prinzip einer Luft/Wasser – Wärmepumpe (mit Zahlenbeispiel)

In welchem Verhältnis die vom Verflüssiger abgegebene Wärmeleistung zur zugeführten elektrischen Leistung steht, ist hauptsächlich von den Temperaturen im Primär- und im Sekundärkreislauf abhängig. Je grösser die Temperatur auf der Verdampferseite (Primär.) und je niedriger die gewünschte Wasser – Vorlaufemperatur auf der Kondensatorseite (Sekundär.), desto grösser ist die Leistungszahl ε. Anstelle eines Wirkungsgrades dient bei Wärmepumpen die Leistungszahl ε (auch Leistungsziffer genannt) zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit.

$$\epsilon = \frac{\dot{Q}_{WP}}{P_{el}} \text{ oder } \frac{\dot{Q}_{WP}}{P_{el}} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta \cdot \eta}{P_{ab} \cdot t}$$

ε (Epsilon) = Leistungszahl (Leistungsziffer)
 \dot{Q}_{WP} = abgegebener Nutzwärmestrom in kW
 P_{el} = elektrische Antriebsleistung des Verdichters in kW (P_{an})
 P_{ab} = mechanische Antriebsleistung des Verdichters in kW (P_{ab})

Zur Ermittlung der Betriebskosten wird der Jahresenergiebedarf d.h. die Jahresarbeitszahl (JAZ) verwendet. Geht es um das Erfassen eines momentanen Energiebedarfes, nennt man die Jahresarbeitszahl nur Arbeitszahl.

$$\beta = \frac{Q}{W_{el}} \text{ oder } \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{\Sigma P_{el} \cdot t}$$

β = Jahresarbeitszahl (evt. auch nur Arbeitszahl)
 Q = abgegebene Nutzwärme in kWh
 W_{el} = Σ sämtlicher der WP zugeführten kostenpflichtigen elektrischen Energien in kWh

Eine weitere Kennzahl ist der COP (Coefficient of Performance). Die Ermittlung erfolgt durch Messungen unter bestimmten Prüfbedingungen (Temperaturverhältnisse, Zeitpunkt etc.). Er bezieht sich ebenfalls auf die Leistung. Im Unterschied zur Leistungszahl ε wird neben der Antriebsleistung zudem die nötige Leistung für die übrigen elektrischen Geräte in die Berechnung mit einbezogen.

$$COP = \frac{\dot{Q}_{WP}}{(P_{el} + P_V + P_K + P_{SR} + P_A)} \text{ oder } \frac{\dot{Q}_{WP}}{\Sigma P_{el}} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{\Sigma P_{el} \cdot t}$$

COP = Coefficient of Performance
 P_V = nötiger Leistungsanteil des Verdampfers in kW
 P_K = nötiger Leistungsanteil des Kondensators in kW
 P_{SR} = Leistungsanteil Steuerung/Regelung in kW
 P_A = Leistungsanteil Abtaeinrichtung in kW

Bei der Leistungszahl und dem COP – Wert handelt es sich nur um Momentanaufnahmen. Sie erlauben keine Bewertung einer Gesamtanlage. Dafür ist die Jahresarbeitszahl notwendig.

In der Praxis sollte eine Wärmepumpe so ausgelegt sein, dass die Leistungszahl ε zwischen ≥ 4...7 liegt. Die Jahresarbeitszahl ist erfahrungsgemäss um etwa einen Zählerplatz kleiner, d.h. ≥ 3...6.