Kälteanlagentechnik

Elektro- und Steuerungstechnik

Bearbeitet von
Von: Dietmar Schittenhelm, und Dr. Michael Hoffmann

7., neu bearbeitete und erweiterte Auflage 2017. Buch. XII, 360 S. Paperback
ISBN 978 3 8007 4333 9
Format (B x L): 17 x 24 cm
Gewicht: 736 g

Kapitel 3

Elektrische Energie

3.1 Elektrische Arbeit und elektrische Leistung

Damit man Ladungen Q trennen kann, um eine elektrische Spannung U zu erhalten, ist elektrische Arbeit W erforderlich. Je größer die getrennten Ladungen und je größer die entstandene Spannung ist, desto größer ist der Aufwand an elektrischer Arbeit. Aus diesen Überlegungen lässt sich eine Berechnung für die elektrische Arbeit herleiten.

Elektrische Arbeit

$$W = U \cdot Q \quad \text{in} \quad \text{VAs} \tag{3.1}$$

Ersetzt man die Ladung $Q = I \cdot t$ so erhält man:

$$W = U \cdot I \cdot t \tag{3.2}$$

Aus der allgemeinen Definition, dass Arbeit Leistung mal Zeit ist, lässt sich die elektrische Leistung ableiten. Aus:

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{wird} \quad P = \frac{U \cdot I \cdot t}{t}$$

Elektrische Leistung

$$P = U \cdot I \quad \text{in} \quad \text{VA} = \text{W(Watt)} \tag{3.3}$$

Die **Elektrizitätszähler** messen die elektrische Arbeit, als das Produkt aus Spannung, Strom und Zeit. Die Einheit wird meistens in **kWh** angegeben.

Beispiel 1

Eine elektrische Abtauheizung ist viermal pro Tag für 20 Minuten in Betrieb. Die Heizung ist an 230 V angeschlossen und zieht einen Strom von 1,5 A.

Gesucht:

Welche Leistung hat die Heizung?

Wie groß ist die elektrische Arbeit pro Tag?

Lösung:

$P = U \cdot I = 230\,\text{V} \cdot 1{,}5\,\text{A} = 345\,\text{W}$

$W = P \cdot t = 345\,\text{W} \cdot 20\,\text{min} \cdot 4 = 27600\,\text{Wmin} = 460\,\text{Wh} = 0{,}46\,\text{kWh}$

In Verbindung mit dem ohmschen Gesetz kann die Leistung direkt über den Widerstand bestimmt werden.

Mit $P = U \cdot I$ und $I = \frac{U}{R}$ erhält man: $P = U \cdot \frac{U}{R}$ oder:

$$P = \frac{U^2}{R} \tag{3.4}$$

$P = U \cdot I$ und $U = I \cdot R$ erhält man: $P = I \cdot R \cdot I$ oder:

$$P = I^2 \cdot R \tag{3.5}$$

Beispiel 2

Eine elektrische Abtauheizung bringt beim Anschluss an 230 V eine Leistung von 100 W.

Gesucht:

Welchen Wert hat der Widerstand der Heizung?

Lösung:

nach (3.4): $P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{P} = \frac{(230\,\text{V})^2}{100\,\text{W}} = 529\,\Omega \qquad \left(\frac{V \cdot V}{V \cdot A} = \frac{V}{A} = \Omega\right)$

oder: $I = \frac{R}{U} = \frac{100\,\text{W}}{230\,\text{V}} = 0{,}4348\,\text{A}$ und $R = \frac{U}{I} = \frac{230\,\text{V}}{0{,}4348\,\text{A}} = 529\,\Omega$

oder: $P = I^2 \cdot R \Rightarrow R = \frac{P}{I^2} = \frac{100\,\text{W}}{(0{,}4348\,\text{A})^2} = 529\,\Omega$

Beispiel 3

Von einer Abtauheizung sind folgende Daten bekannt:

$U = 230\,\text{V}$

$P = 1\,\text{kW}$

Infolge des Zuleitungswiderstands für die Abtauheizung kann diese nur mit einer Spannung von 220 V betrieben werden.

Gesucht:

Welche Leistung hat dann noch die Abtauheizung?

Lösung:

Aus den Daten der Abtauheizung wird der Widerstand bestimmt.

$$P = \frac{U^2}{R} \implies R = \frac{U^2}{P} = \frac{(230\,\mathrm{V})^2}{1000\,\mathrm{W}} = 52{,}9\,\Omega$$

Dann wird die neue Leistung bei geringerer Spannung berechnet.

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(220\,\mathrm{V})^2}{52{,}9\,\Omega} = 914{,}9\,\mathrm{W}$$

Dies bedeutet, dass bei 10 V **Spannungsfall** ca. 85 W Leistungsverlust entstehen.

In den Kapiteln 2.4.1 und 2.4.2 wurden die Reihen- bzw. Parallelschaltung elektrischer Widerstände behandelt. Nun sollen diese auch bezüglich ihrer Leistung untersucht werden.

Bei einer Reihenschaltung nach Abbildung 2.41 wird an jedem Teilwiderstand die Leistung $P_1 = U_1 \cdot I$, $P_2 = U_2 \cdot I$ und $P_3 = U_3 \cdot I$ umgesetzt. Die Gesamtleistung ist $P_{\mathrm{Ges}} = U \cdot I$. Da sich bei der reinen Reihenschaltung die Spannung aufteilt, kann man für die Gesamtleistung auch $P = (U_1 + U_2 + U_3) \cdot I$ schreiben. Löst man die Klammer durch Multiplizieren auf, so erhält man:

$$P_{\mathrm{Ges}} = U_1 \cdot I + U_2 \cdot I + U_3 \cdot I \quad \text{und somit} \quad P_{\mathrm{Ges}} = P_1 + P_2 + P_3$$

Für die Parallelschaltung nach Abbildung 2.48 ergeben sich die Teilleistungen $P_1 = U \cdot I_1$, $P_2 = U \cdot I_2$ und $P_3 = U \cdot I_3$. Die Gesamtleistung ist auch $P_{\mathrm{Ges}} = U \cdot I$. Bei der reinen Parallelschaltung teilen sich die Ströme auf und es kann auch $P = U \cdot (I_1 + I_2 + I_3)$ geschrieben werden. Nach Auflösen der Klammer erhält man:

$$P_{\mathrm{Ges}} = U \cdot I_1 + U \cdot I_2 + U \cdot I_3 \quad \text{und somit} \quad P_{\mathrm{Ges}} = P_1 + P_2 + P_3$$

Für beide Fälle gilt:

Die Gesamtleistung ist gleich der Summe der Teilleistungen.

Beispiel 4

Die Heizstäbe zur Abtauung haben die Daten 200 W/230 V und 300 W/230 V. Diese können so geschaltet werden, dass entweder einer von beiden allein, beide parallel oder beide in Reihe geschaltet sind.

Gesucht:

Welche unterschiedlichen Gesamtheizleistungen lassen sich somit erreichen?

Lösung:

Ist je ein Heizstab allein geschaltet, so ist die jeweilige Gesamtleistung auch die entsprechende Einzelleistung. Also entweder 200 W oder 300 W.

Sind beide parallel geschaltet, so entspricht die Gesamtleistung der Summe der Einzelleistungen, da beide an Nennspannung 230 V liegen, also 500 W.

Da sich bei der Reihenschaltung die Spannungen entsprechend der Widerstände der Heizstäbe aufteilen, muss die Leistung der Heizstäbe auch entsprechend geringer werden (vgl. Beispiel 3). Berechnet man nach (3.4) zunächst die Widerstände, so ergeben sich folgende Werte:

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{U^2}{P_1} = \frac{(230\,\text{V})^2}{200\,\text{W}} = 264{,}5\,\Omega \quad \text{und}$$

$$R_2 = \frac{U^2}{P_2} = \frac{(230\,\text{V})^2}{300\,\text{W}} = 176{,}33\,\Omega$$

Danach lässt sich mit (2.12) die jeweilige Teilspannung bestimmen:

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U}{R_{\text{Ges}}} \Rightarrow U_1 = U \cdot \frac{R_1}{R_{\text{Ges}}} = 230\,\text{V} \cdot \frac{264{,}5\,\Omega}{440{,}83\,\Omega} = 138\,\text{V}$$

$$U_2 = U - U_1 = 230\,\text{V} - 138\,\text{V} = 92\,\text{V}$$

Mit (3.4) wird die Teilleistung bestimmt:

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{(138\,\text{V})^2}{264{,}5\,\Omega} = 72\,\text{W} \quad \text{und} \quad P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{(92\,\text{V})^2}{176{,}33\,\Omega} = 48\,\text{W}$$

Die Gesamtleistung entspricht dann auch der Summe der Teilleistungen:

$$P_{\text{Ges}} = P_1 + P_2 = 72\,\text{W} + 48\,\text{W} = 120\,\text{W}$$

Somit lassen sich die Leistungen 120 W, 200 W, 300 W und 500 W einstellen.

3.2 Leistungsverluste

In Kapitel 2.4.1.2 wurde eine Formel für den Spannungsfall auf Zuleitungen hergeleitet. Multipliziert man nun diesen Wert mit dem Strom I, so erhält man nach (3.3) den Leistungsverlust P_V.

Leistungsverlust

$$P_V = U_V \cdot I \quad \text{oder} \quad P_V = \frac{\ell \cdot I^2}{\kappa \cdot A} \quad \text{oder} \quad P_V = \frac{\ell \cdot P^2}{\kappa \cdot A \cdot U^2} \tag{3.6}$$

Diese Gesetzmäßigkeit ist jedoch immer nur dann richtig anwendbar, wenn der Strom I, der sich aus einer Reihenschaltung von Leitungswiderstand und Verbraucherwiderstand berechnet, bekannt ist.

Beispiel 1

Ein Verbraucher wird in 150 m Entfernung von der Stromversorgung über ein 2,5 mm² Kupferkabel angeschlossen. Dabei stellt sich ein Strom von 5 A ein.

Gesucht:

Wie groß ist der Leistungsverlust auf der Zuleitung?

Lösung:

$$P_V = \frac{\ell \cdot I^2}{\kappa \cdot A} = \frac{2 \cdot 150\,\text{m} \cdot (5\,\text{A})^2}{56\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}} \cdot 2{,}5\,\text{mm}^2} = 56{,}6\,\text{W}$$

Die **TAB (Technische Anschlussbedingungen)** sowie die DIN 18015 Teil 1 geben höchstzulässige Werte für den Spannungsfall U_V an, die der Errichter einer Verbraucheranlage einzuhalten hat.

- 0,5 % Spannungsfall bei Leitungen vom Hausanschluss bis zu den Zählern
- 3 % Spannungsfall bei Leitungen nach dem Zähler

Aufgrund dieser Vorgaben lässt sich der zu verlegende Querschnitt bei bekannter Leiterlänge und zu übertragener Leistung oder Stromaufnahme berechnen. Da die Leitungsverlegung im Kälteanlagenbau fast ausschließlich nach dem Zähler erfolgt, sind hier die 3 % anzusetzen.

Beispiel 2

Mehrere Abtauheizungen werden über eine gemeinsame Kupferzuleitung an 230 V angeschlossen. Je nach Schaltung der Heizungen stellt sich ein maximaler Strom von 10 A ein. Die Entfernung zur Stromversorgungs-Anlage beträgt 200 m.

Gesucht:

Welcher – rein rechnerische – Leiterquerschnitt ist zu verlegen, damit die 3 % Spannungsfall eingehalten werden können?

Lösung:

3 % von 230 V = 6,9 V d. h. $U_V = 6{,}9\,\text{V}$

$$U_V = \frac{I \cdot \ell}{\kappa \cdot \text{A}} \Rightarrow A = \frac{I \cdot \ell}{\kappa \cdot U_V} = \frac{10\,\text{A} \cdot 2 \cdot 200\,\text{m}}{56\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}} \cdot 6{,}9\,\text{V}} = 10{,}35\,\text{mm}^2$$

Zu beachten ist bei dieser Berechnung, dass die Formel nur für Gleichstrom oder Wechselstrom mit rein ohmschen Verbrauchern (z. B. Heizungen) gilt. Eine Erweiterung der Formel ist im Kapitel Wechselstrom nachzulesen.

Für die Praxis gibt uns diese Berechnung keine Auskunft darüber, welche Leistungsverluste bezüglich eines angeschlossenen Verbrauchers entstanden sind. Denn es ist lediglich der Leistungsverlust über den Spannungsfall auf der Zuleitung bestimmt worden. Um die Leistungsverluste des Verbrauchers durch eine Zuleitung berechnen zu können, betrachten wir noch einmal das in Kapitel 2 bereits dargestellte Ersatzschaltbild.

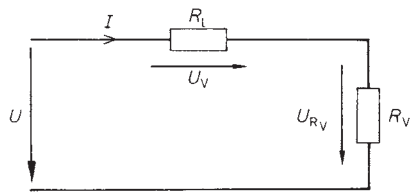

Abb 3.1: Ersatzschaltbild zur Leistungsverlustberechnung

Hierbei sind:

U = Anschlussspannung (z. B. 230 V)
I = Gesamtstrom
R_L = Leitungswiderstand der Zuleitung
U_V = Spannungsfall
R_V = Verbraucherwiderstand
U_{R_V} = Spannung am Verbraucherwiderstand

Da die nachfolgende Berechnung exakte Ergebnisse liefern soll, ist folgende Überlegung zwingend notwendig. Die Leistungsangaben eines elektrischen Verbrauchers beziehen sich nur auf seine **Nennanschlusswerte**. Dies bedeutet, dass z. B. eine Abtauheizung mit den Angaben 1000 W/230 V nur dann 1000 W Leistung bringt, wenn sie genau an einer Spannung von 230 V angeschlossen ist. Jede kleinere Spannung hat auch eine geringe Leistung zur Folge. Diese sinkt jedoch nicht proportional (10 % weniger Spannung bedeuten nicht 10 % weniger Leistung), da sich nach dem ohmschen Gesetz auch der Strom verringert. Einzige Größe, die bei veränderter Spannung **konstant bleibt**, und sich aus den Angaben 1000 W/230 V, also aus Leistung und Spannung nach Leistungsschild bzw. Herstellerangaben, berechnen lässt, ist der **elektrische Widerstand des Verbrauchers**. Über diesen lässt sich nach (3.4) die veränderte elektrische Leistung bestimmen. Folgendes Beispiel soll dies verdeutlichen.

Beispiel 3

Auf welche Leistung sinkt eine elektrische Abtauheizung mit den Herstellerdaten 1000 W/230 V, wenn infolge eines Spannungsfalls auf einer Zuleitung nur noch 220 V an der Abtauheizung anliegt?

Lösung:

Mit den Herstellerangaben wird zunächst der elektrische Widerstand bestimmt.

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{(230\,\text{V})^2}{1000\,\text{W}} = 52{,}9\,\Omega$$

Mit der verminderten Spannung bestimmt man die verbleibende Leistung.

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(220\,\mathrm{V})^2}{52{,}9\,\Omega} = 914{,}93\,\mathrm{W}$$

Aufgrund dieser Überlegung ist sicherlich klar, dass ein Verbraucher, sobald dieser über eine Zuleitung angeschlossen wird, niemals mit seiner vollen Leistung betrieben werden kann. Dabei ist das Verhältnis von Verbraucherwiderstand zu Leitungswiderstand wesentlich, wie später noch gezeigt wird.

Zunächst wollen wir folgende **Definition** treffen:

P_O = Leistung eines Verbrauchers nach Herstellerangaben oder nach dem Leistungsschild

P = tatsächliche, noch vorhandene Leistung nach Anschluss einer Zuleitung

P_{OV} = Leistungsverlust des Verbrauchers durch Zuleitung

Grundlage für folgende Herleitung ist Abbildung 3.1:

Mit $U_{R_V} = U - U_V$ wird $P = \dfrac{U_{RV}^2}{R_V} = \dfrac{(U - U_V)^2}{R_V}$.

Ersetzt man $R_V = \dfrac{U^2}{P_O}$ so gilt:

$$P = \frac{(U - U_V)^2}{\frac{U^2}{P_O}} \quad \text{oder} \quad P = P_O \cdot \left(\frac{U - U_V}{U}\right)^2 \tag{3.7}$$

Um den tatsächlichen Spannungsfall bei Zuleitungswiderstand genau bestimmen zu können, muss folgende Überlegung angestellt werden:

Mit $U_V = I \cdot R_L$ und $I = \dfrac{U}{R_L + R_V}$ wird der

tatsächliche Spannungsfall

$$U_V = U \cdot \frac{R_L}{R_L + R_V} \tag{3.8}$$

Wobei sich R_L weiter mit $R_L = \dfrac{\ell}{\kappa \cdot A}$ berechnet.

Setzt man nun den tatsächlichen Spannungsfall (3.8) in die Formel (3.7) ein, so erhält man:

$$P = P_O \cdot \left(\frac{U - U \cdot \frac{R_L}{R_L + R_V}}{U} \right)^2 \Rightarrow P = P_O \cdot \left(1 - \frac{R_L}{R_L + R_V} \right)^2$$

$$\Rightarrow P = P_O \cdot \left(\frac{R_L + R_V - R_L}{R_L + R_V} \right)^2$$

Tatsächlich verbleibende Leistung

$$P = P_O \cdot \left(\frac{R_L}{R_L + R_V} \right)^2 \qquad (3.9)$$

Somit kann die tatsächlich verbleibende Leistung eines Verbrauchers nach Anschluss über eine Zuleitung durch die Widerstände von Zuleitung und Verbraucher bestimmt werden.

Beispiel 4

Eine Heizung mit den Angaben 1500 W/230 V ist von der Stromversorgung 300 m entfernt mit einem 2,5 mm² Kupferkabel angeschlossen worden.

Gesucht:

a) Welche Leistung bringt die Heizung noch?

b) Wie groß ist der tatsächliche Spannungsfall?

Lösung:

zu a):

$$P_O = \frac{U^2}{R_V} \Rightarrow R_V = \frac{U^2}{P_O} = \frac{(230\,\text{V})^2}{1500\,\text{W}} = 35{,}27\,\Omega$$

und

$$R_L = \frac{\ell}{\kappa \cdot A} = \frac{2 \cdot 300\,\text{m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 2{,}5\,\text{mm}^2} = 4{,}29\,\Omega$$

nach (3.9): $P = 1500\,\text{W} \cdot \left(\frac{35{,}27\,\Omega}{4{,}29\,\Omega + 35{,}27\,\Omega} \right)^2 = 1192{,}3\,\text{W}$

zu b):

nach (3.8): $U_V = 230\,\text{V} \cdot \left(\frac{4{,}29\,\Omega}{4{,}29\,\Omega + 35{,}27\,\Omega} \right)^2 = 25\,\text{V}$

Dies entspricht einem Spannungsfall von ca. 11 %.

Soll der Spannungsfall nach TAB 3 % nicht übersteigen, müsste in diesem Fall mit einem größeren Querschnitt gearbeitet werden.

Da eine Kälteanlage in der Regel aus mehreren Verbrauchern besteht und diese über eine größere Entfernung angeschlossen werden müssen, empfiehlt es sich in der Praxis eine sogenannte **Unterverteilung** vorzusehen. Dabei wird nur eine Hauptzuleitung mit großem Querschnitt von der Stromversorgung zur Unterverteilung an der Anlage verlegt und von dort werden mit kleinerem Querschnitt die einzelnen Verbraucher angeschlossen. Dadurch werden Spannungs- und Leistungsverluste entsprechend niedrig gehalten.

3.3 Leistungsermittlung von Kälteanlagen

Kälteanlagen bestehen nicht nur aus ohmschen Verbrauchern (z. B. Abtauheizungen), sondern sind im Wesentlichen durch den Anschluss ihrer elektrischen Motoren bestimmt. Diese haben jedoch nicht nur, wie bei den ohmschen Verbrauchern, eine reine Wirkleistung, sondern außerdem eine **Blindleistung.** Dieses wichtige Unterscheidungsmerkmal wird im Kapitel Wechselstrom näher untersucht. Da die elektrische Leistung nach (3.3) als das Produkt aus Strom und Spannung bestimmt wird, liegt der Schluss nahe, eine Leistungsermittlung einer Kälteanlage ließe sich auf eine Messung des Stroms und der Spannung zurückführen. Dies gilt jedoch nur für Gleichstrom oder für reine ohmsche Verbraucher an Wechselstrom.

3.3.1 Direkte Leistungsmessung

Um nun die reine Wirkleistung einer Anlage feststellen zu können, schließt man einen Leistungsmesser in die Zuleitung. Ein Leistungsmesser besteht grundsätzlich aus einem **Strom- und einem Spannungspfad** deren Anschlüsse nach DIN festgelegt sind.

Abbildung 3.2 zeigt, wie ein Leistungsmesser prinzipiell in einen Stromkreis geschaltet wird. Das nach DIN genormte Symbol eines Leistungsmessers mit den entsprechenden Anschlussbezeichnungen ist in Abbildung 3.3 dargestellt.

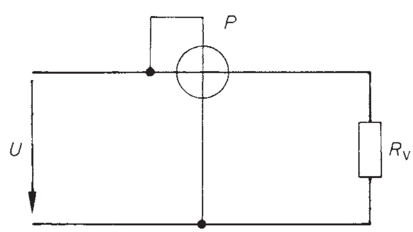

Abb 3.2: Prinzip einer Leistungsmessung

Wie Abbildung 3.3 zeigt, wird die Leitung aufgetrennt und zwischen 1 und 3 der Strompfad angeschlossen. Zwischen 2 und 5 wird dann der Spannungspfad geschaltet. Der Spannungspfad wird über einen Vorwiderstand geschaltet, der sich im Messgerät selbst befindet.

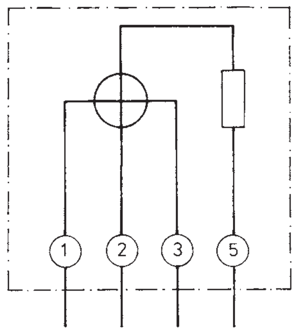

Abb 3.3: Leistungsmessung nach DIN

Beim Messen größerer Leistungen werden **Stromwandler** bzw. Strom- und **Spannungswandler** eingesetzt, die Strom und Spannung zuerst in einem festen Verhältnis heruntertransformieren, bevor diese an den Strom- und Spannungspfad des Messgerätes angeschlossen werden.

3.3.2 Zähler und Zählerkonstante

Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt, messen **Zähler** die elektrische Arbeit in kWh.

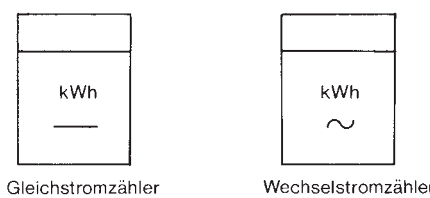

Abb 3.4: Gleichstrom- und Einphasen-Wechselstromzähler

Wird eine Leistung über einen Zähler eingeschaltet, so dreht sich eine Zählerscheibe je nach Größe der Leistung schneller oder langsamer. Die Anzahl der Umdrehungen in einer bestimmten Zeit ist also ein Maß für die angeschlossene Leistung. Ein Zähler misst also Strom und Spannung sowie die Zeit der Umdrehungen der Zählerscheibe. Dieses Produkt, also die elektrische Arbeit, wird mittels eines Zählwerks angezeigt. Jeder Zähler besitzt eine **Zählerkonstante** c_Z, die die Anzahl der Umdrehungen der Zählerscheibe pro kWh angibt. Aufgrund dieser Konstanten und der Beobachtung, wie viel Umdrehungen der Zähler in einer bestimmten Zeit macht, lässt sich die angeschlossene Leistung ermitteln.

Teilt man die Anzahl der gezählten Umdrehungen der Zählerscheibe pro Stunde durch den Wert der Zählerkonstanten, so erhält man die angeschlossene elektrische Leistung in kW.

$$P = \frac{N}{c_Z} \qquad c_Z \quad \text{in} \quad \frac{1}{\text{kWh}} \tag{3.10}$$

N = Anzahl der Umdrehungen der Zählerscheibe pro Stunde

c_Z = Zählerkonstante

Beispiel

Zur Leistungsermittlung einer Kälteanlage wird ein Zähler mit der Zählerkonstanten $c_Z = 75\,\frac{1}{\text{kWh}}$ in die Zuleitung geschaltet. Dabei wird festgestellt, dass sich die Zählerscheibe innerhalb von 5 min 75 mal gedreht hat.

Gesucht:

Welche Leistung hat die Anlage?

Lösung:

$$N = \frac{75 \quad 1}{5 \;\text{min}} = 15\,\frac{1}{\text{min}} = 15\,\frac{1}{\frac{1}{60}\text{h}} = 900\,\frac{1}{\text{h}} \qquad P = \frac{N}{c_Z} = \frac{900\,\frac{1}{\text{h}}}{75\,\frac{1}{\text{kWh}}} = 12\;\text{kW}$$

3.4 Kälteanlagen und Stromkosten

Die Erzeuger elektrischer Energie sind die **Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen (Netzbetreiber)**. Mit diesen wird ein Vertrag über die Bereitstellung der elektrischen Energie geschlossen. Die hieraus resultierenden Kosten teilen sich in fixe und variable Kosten auf. Die variablen Kosten – der sog. Arbeitspreis – ist in unterschiedliche Tarife eingeteilt. Er gibt die Kosten pro Verbrauch-kWh an.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Berechnung der jährlichen variablen Kosten nach einem durchschnittlichen Tarif für elektrische Komponenten im Kälteanlagenbau. Sie fallen im Regelfall nur für die Wirkarbeit an.

In Sonderfällen gibt es andere Abrechnungsverfahren bei denen neben der Wirkarbeit auch die Blindarbeit erfasst wird. Bei gewerblichen Großabnehmern wird zudem häufig die Viertelstunden-Leistungsmessung mit Maximalwerterfassung angewendet. Der Tarif richtet sich dann nach dem Maximalwert einer Viertelstunde.

Im Rahmen des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende werden stufenweise die mechanischen Messsysteme durch moderne Messeinrichtungen (digitale Stromzähler) und intelligente Messsystemen ersetzt.