

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 31 (1940)
Heft: 18

Artikel: Die Bestimmung des Ladezustandes von Heisswasserspeichern
Autor: Degen, Alfred
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058016>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 20.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

nicht gerade glücklich zu nennen, da sie zu sehr mit der vorausgesetzten, im Querschnitt rechteckförmigen Platte zusammenhängt. Aus der Vorstellung der eindringenden Wellen folgt eine allgemeinere Verwendbarkeit der Erkenntnis über die

an der Oberfläche stattfindende Abdämpfung der Induktion und die Darstellung durch Eindringtiefe (Φ/B_0) oder resultierenden Fluss Φ wäre dementsprechend sinnvoller als die Angabe einer mittleren Induktion $B_m = \Phi/\Delta$.

Die Bestimmung des Ladezustandes von Heisswasserspeichern.

Von Alfred Degen, Basel.

621.364.5 : 644.62

Es werden zwei Methoden zur Bestimmung des Ladezustandes von Heisswasserspeichern entwickelt. Die eine besteht im Einbau einer Reihe von Temperaturmeßstellen, die andere im Einbau eines Drahtes, dessen elektrischer Widerstand eine lineare Funktion des Wärmeinhaltes des Speichers ist. Die Anwendungsmöglichkeit und die Messgenauigkeit der beiden Methoden wird angegeben.

L'auteur développe deux méthodes pour déterminer l'état de charge des chauffe-eau électriques. L'une consiste à prévoir une série de points de mesure de la température, l'autre à monter un fil dont la résistance électrique est fonction linéaire de la capacité thermique du chauffe-eau. L'auteur décrit ensuite les possibilités d'application et l'exactitude de chacune de ces méthodes.

I. Einleitung.

Mit dem Aufkommen des Hochdruck-Heisswassersystemes bei grösseren Heizungsanlagen ist das Problem der Wärmespeicherung für diejenigen Betriebe besonders wichtig geworden, die dauernd oder zeitweise hydraulische Ueberschussenergie in Elektrokesseln an Stelle fester oder flüssiger Brennstoffe verwenden. Während schon bei den rein mit Kohle oder Oel beheizten Anlagen zur Einhaltung einer möglichst konstanten Kesselbelastung mit optimalem Kesselwirkungsgrad ein Speicher zum Ausgleich des wechselnden Bedarfes der angeschlossenen Verbraucher grosse Vorteile bietet, gilt dies in weit vermehrtem Masse für Anlagen mit Elektrokesseln, bei denen im allgemeinen die hydraulische Ueberschussenergie nicht im Momente des Anfallens, sondern erst in einem späteren Zeitpunkt verwendet werden kann. Diese Ueberschussenergie muss somit in Form von Wärme gespeichert werden, wenn man das zur Verfügung stehende Wasser eines Laufkraftwerkes nicht unausgenutzt abfliessen lassen will. Für die Akkumulierung hydraulischer Energieüberschüsse in Form von Wärme benötigt man einen besonderen Heisswasserspeicher, der unter entsprechendem Drucke stehen muss, um keine Verdampfung des über 100° C heissen Wassers zu ermöglichen. Für den Betrieb einer Heizungsanlage ist es nun wichtig, jederzeit über den Ladezustand eines solchen Speichers orientiert zu sein. Im folgenden soll näher untersucht werden, wie dieser Ladezustand auf einfache Weise festgestellt werden kann.

II. Bestimmung des Ladezustandes durch Temperaturmessungen mittels Thermoelementen.

In Fig. 1 ist ein Heisswasserspeicher vom inneren Durchmesser D gezeichnet, dessen heisses, im oberen Teile des Speichers sich befindendes Wasser die Temperatur t_1 °C besitze, während das kalte Wasser im unteren Teile t_2 °C aufweise. Zwischen der heissen und der kalten Wasserzone befinde sich eine Trennschicht, in der die Wassertemperatur von oben nach unten von t_1 °C auf t_2 °C linear abnehme. Die Höhe der heissen Wasser-schicht betrage h_1 , diejenige der kalten h_2 und die-

jenige der Trennschicht h_3 . Bis zur maximal erreichbaren Wasserhöhe h in dem zu 100 % aufgeladenen Speicher seien y Temperaturmeßstellen in Form von Thermoelementen vorhanden, die über

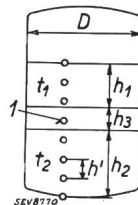


Fig. 1.
Prinzip der ersten Methode.
Bezeichnungen und Anordnung der Temperaturmeßstellen (t).

die ganze Speicherhöhe von unten nach oben gleichmässig verteilt sein sollen; ihr gegenseitiger Abstand betrage h' . Wenn im weiteren mit γ das spezifische Gewicht des Wassers bezeichnet wird, so ist der effektive Ladezustand x eines Speichers definiert durch

$$x = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h_1 \cdot \gamma_1 \cdot (t_1 - t_2)}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h \cdot \gamma_1 \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{h_1}{h} \quad (1)$$

Aus Fig. 1 ergibt sich ferner

$$h = (y - 1) \cdot h' \quad (2)$$

Bei der weiteren Untersuchung ergeben sich nun 2 verschiedene Fälle:

A. Das Wasservolumen und damit auch die Wasserspiegellhöhe seien bei allen Ladezuständen konstant.

Wenn von den y Temperaturmeßstellen n ($n < y$) die Temperatur des heissen Wassers t_1 °C anzeigen, so ist nach Gl. (1) der Ladezustand des Speichers gegeben durch

$$\frac{(n - 1) \cdot h'}{h} \leq x \leq \frac{n \cdot h'}{h} \quad (3)$$

Setzt man in Gl. (3) an Stelle von $\frac{h'}{h}$ den Wert aus Gl. (2) ein, so erhält man

$$\frac{n - 1}{y - 1} \leq x \leq \frac{n}{y - 1} \quad (4)$$

In Fig. 2 sind die aus Gl. (4) sich ergebende obere und untere Grenzkurve aufgezeichnet, und zwar für einen beliebig angenommenen Wert von $y=20$.

B. Das Wassergewicht im Speicher sei bei allen Ladezuständen konstant:

In diesem Falle ist die Wasserspiegelhöhe im Speicher nicht konstant, sondern steigt mit wachsendem Ladezustand bis zum Höchstwert h bei

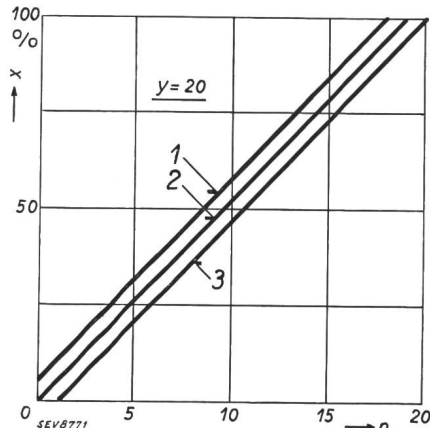


Fig. 2.

Ladezustand (x) in Funktion der Zahl der Meßstellen (n), die die Temperatur t_1 des Heiswassers anzeigen.

- 1 Obere Grenzkurve für konstantes Wassergewicht.
- 2 Obere Grenzkurve für konstantes Wasservolumen.
- 3 Untere Grenzkurve für konstantes Wasservolumen und konstantes Wassergewicht.

100 % Aufladung. Auf analoge Weise wie sub A findet man

$$\frac{n-1}{y-1} \leq x \leq \frac{n+1}{y-1} \tag{5}$$

III. Bestimmung des Ladezustandes durch Messung eines elektrischen Widerstandes.

Im Heiswasserspeicher, dessen Ladezustand gemessen werden soll, wird ein besonderer Messdraht eingebaut, der von oben nach unten durch den ganzen Speicher verläuft und der senkrecht zu den drei Wasserschichten stehen soll. Der Querschnitt dieses Messdrahtes betrage bei 0° C q_0 mm², bei

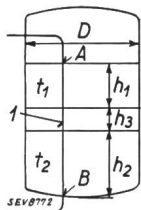


Fig. 3.

Prinzip der zweiten Methode.

Bezeichnungen und Anordnung des Messdrahtes (1).

t° C sei er q_t mm², während der lineare Ausdehnungskoeffizient des Drahtmaterials mit β bezeichnet werde. Der spezifische Widerstand des Drahtes bei 20° C sei q_0 , der Temperaturkoeffizient des Drahtmaterials sei α . Der Widerstand des Messdrahtes in Fig. 3, soweit er vom Wasser berührt wird (Strecke AB), setzt sich aus 3 Teilwiderständen in den 3 Wasserschichten zusammen; er kann an Hand von Fig. 3 folgendermassen berechnet werden:

Heisses Wasser mit der Temperatur t_1° C:

$$r_1 = \frac{h_1 \cdot q_{t_1}}{q_{t_1}} \tag{6}$$

Kaltes Wasser mit der Temperatur t_2° C:

$$r_2 = \frac{h_2 \cdot q_{t_2}}{q_{t_2}} \tag{7}$$

Der Widerstand des Messdrahtes, soweit er in der Trennschicht von der Höhe h_3 liegt, kann durch Summierung der Teilwiderstände sämtlicher Längenelemente mit der Länge dh_x bestimmt werden:

$$r_3 = \int_{h_x=0}^{h_x=h_3} \frac{q_{t_x} \cdot dh_x}{q_{t_x}} \tag{8}$$

Nach Abschnitt II soll die Temperatur des Wassers in der Trennschicht von oben nach unten linear abnehmen, d. h. es ist für $h_x = 0$ $t_x = t_2$ und für $h_x = h_3$ $t_x = t_1$. Man erhält somit

$$t_x = \left(\frac{t_1 - t_2}{h_3} \right) \cdot h_x + t_2 \tag{9}$$

Im weiteren gilt noch

$$q_{t_x} = q_0 + \alpha \cdot (t_x - 20) \tag{10}$$

$$q_{t_x} = q_0 \cdot (1 + \beta \cdot t_x)^2 \cong q_0 \cdot (1 + 2 \cdot \beta \cdot t_x) \tag{11}$$

Setzt man nun in die Gl. (10) und (11) für t_x den Wert aus Gl. (9) ein und substituiert die so erhaltenen Ausdrücke für q_{t_x} und q_{t_x} in Gl. (8), so erhält man

$$r_3 = \frac{1}{q_0} \int_{h_x=0}^{h_x=h_3} \frac{\left\{ q_0 + \alpha \cdot \left[\left(\frac{t_1 - t_2}{h_3} \right) \cdot h_x + t_2 - 20 \right] \right\} \cdot dh_x}{1 + 2 \beta \cdot \left[\left(\frac{t_1 - t_2}{h_3} \right) \cdot h_x + t_2 \right]} = \frac{J_1}{q_0} \tag{12}$$

Der Wert des Integrales J_1 in Gl. (12) lässt sich, wenn die Grössen t_1 , t_2 und h_3 bekannt sind, für einen bestimmten Messdraht ohne weiteres durch graphische Integration bestimmen.

Man kann nun in Analogie zum Abschnitt II auch hier 2 Fälle unterscheiden:

A. Das Wasservolumen und damit auch die Wasserspiegelhöhe seien bei allen Ladezuständen konstant:

Wenn das konstante Wasservolumen mit V und die Wasserspiegelhöhe mit h bezeichnet werden, so gilt

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (h_1 + h_2 + h_3) \tag{13}$$

Für den gesamten Widerstand des Messdrahtes ergibt sich zum Schluss aus den Gl. (6), (7) und (12) unter Berücksichtigung der Gl. (1) und (13) die folgende Beziehung, wobei J_1 durch Gl. (12) näher bestimmt ist

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = \frac{1}{q_0} \cdot \left\{ x \cdot \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} \cdot \frac{\rho_0 + \alpha \cdot (t_1 - 20)}{1 + 2 \cdot \beta \cdot t_1} + \left[\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} \cdot (1 - x) - h_3 \right] \cdot \frac{\rho_0 + \alpha \cdot (t_2 - 20)}{1 + 2 \cdot \beta \cdot t_2} + J_1 \right\} \quad (14)$$

B. Das Wassergewicht G im Speicher sei bei allen Ladezuständen konstant:

Wenn in diesem Falle mit h die Wasserspiegelhöhe im voll aufgeladenen Speicher bezeichnet wird, so folgt unter der gleichen Annahme wie sub A, dass der innere Speicherdurchmesser bei allen Wassertemperaturen gleich bleibe, für den ganz, bzw. teilweise aufgeladenen Speicher

$$G = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h \cdot \gamma \quad (15)$$

$$G = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h_1 \cdot \gamma_1 + \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h_2 \cdot \gamma_2 + \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \int_{h_x=0}^{h_x=h_3} \gamma_{h_x} \cdot dh_x \quad (16)$$

Der Wert des Integrales in Gl. (16) kann mit Hilfe von Gl. (9) graphisch ermittelt werden; es ist nämlich

$$J_2 = \int_{h_x=0}^{h_x=h_3} \gamma_{h_x} \cdot dh_x = \frac{h_3}{t_1 - t_2} \cdot \int_{t_x=t_2}^{t_x=t_1} \gamma_{h_x} \cdot dt_x \quad (17)$$

Für den gesamten Widerstand des Messdrahtes bei konstantem Wassergewicht erhält man somit aus den Gl. (6), (7) und (12) unter Berücksichtigung der Gl. (1) und (15) bis (17)

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = \frac{1}{q_0} \cdot \left\{ x \cdot \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2 \cdot \gamma_1} \cdot \frac{\rho_0 + \alpha \cdot (t_1 - 20)}{1 + 2 \cdot \beta \cdot t_1} + \left[\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot D^2 \cdot \gamma_2} \cdot (1 - x) - \frac{J_2}{\gamma_2} \right] \cdot \frac{\rho_0 + \alpha \cdot (t_2 - 20)}{1 + 2 \cdot \beta \cdot t_2} + J_1 \right\} \quad (18)$$

Wie aus den beiden Gl. (14) und (18) hervorgeht, steht der gesamte Widerstand des Messdrahtes r in linearem Zusammenhang mit dem Ladezustand des Speichers x . Auf Grund dieser Tatsache wird im folgenden Abschnitt eine Meßschaltung angegeben, die mit Hilfe einer Spannungsmessung die Bestimmung des Ladezustandes x gestatten wird.

IV. Die Schaltung zur Bestimmung des Widerstandes r .

Zur Messung des durch die Gl. (14) und (18) dargestellten Widerstandes des Messdrahtes eignet sich die in Fig. 4 gezeichnete Schaltung, wobei im Falle konstanten Wassergewichtes im Speicher der Anschluss der Zuleitung zum Messdraht im Punkte A mit Hilfe eines Schwimmers beweglich sein muss. Die verschiedenen Ströme und Spannungen, soweit sie in der folgenden Untersuchung benötigt werden, sind in Fig. 4 eingezeichnet. Zur Bestimmung des Widerstandes r geht man so vor, dass man für alle Messungen mittels des Regulierwiderstandes R den Strom auf den konstanten Wert $I = 1$ A ein-

stellt. Dann ist die Spannung U dem Widerstande r des Messdrahtes ständig proportional; sie weist ferner rein zahlenmässig den gleichen Wert wie der Widerstand r auf, wenn man vorderhand den durch das Voltmeter fließenden, zahlenmässig im

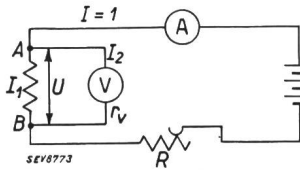


Fig. 4.
Schaltungsschema.
A-B Messdraht
mit dem Widerstand r .

Verhältnis zu I aber nur geringen Strom I_2 vernachlässigt. Der aus dieser Vernachlässigung resultierende Fehler wird im folgenden Abschnitt näher untersucht werden.

Aus diesen Zusammenhängen geht somit hervor, dass der Ladezustand x und die Spannung U in linearem Zusammenhange stehen, so dass die Skala des Voltmeters in Fig. 4 direkt in % zur unmittelbaren Ablesung des Ladezustandes geeicht werden kann. Dabei muss allerdings die wichtige Voraussetzung gemacht werden, dass nebst den Grössen G , V , q_0 , D , α , β und ρ_0 , die als unveränderlich angesehen werden dürfen, auch die Temperaturen t_1 des heissen, t_2 des kalten Wassers und die Höhe h_3 der Trennschicht für alle Ladezustände x als konstant angesehen werden dürfen.

Als Material für den Messdraht dürfte am ehesten Stahldraht in Frage kommen, dessen Widerstandskoeffizient und dessen Temperaturkoeffizient beide ziemlich gross sind. Die Spannung U wird man im allgemeinen nicht zu gross wählen; es dürfte mit Spannungen von etwa 20 Volt auszukommen sein.

Bei Verwendung von Stahldraht mit einem Widerstandskoeffizient (spezifischer Widerstand) von 0,17 Ohm mm²/m und einem Temperaturkoeffizient von 0,0052 ergeben sich für einen Messdraht von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt folgende Verhältnisse:

Tabelle I.

Temperatur (°C)	20	60	100	140	180	220	260
Widerstand in Ohm, resp. Spannung in V bei 1 A Stromstärke . . .	0,17	0,378	0,586	0,794	1,002	1,210	1,418

Für Speicherhöhen von ca. 5 bis 10 m, die normalerweise in Frage kommen, sowie für andere Drahtquerschnitte als 1 mm² ist eine einfache Umrechnung an Hand von Tabelle I möglich.

Als weiterer Vorteil der in Fig. 4 dargestellten Schaltung muss erwähnt werden, dass der Spannungsabfall der Zuleitungsdrähte auf das Messergebnis keinen Einfluss ausübt, ausgenommen für das Voltmeter. Der dadurch verursachte Fehler bei der Messung des Ladezustandes x lässt sich jedoch bestimmen, wenn der Widerstand des Stromzweiges über das Voltmeter, bestehend aus dem Widerstand der Zuleitungsdrähte, des Vorschaltwiderstandes und des Voltmeters im Gesamtbetrage von r_v bekannt ist.

V. Die Ermittlung des Fehlers bei der Messung des Ladezustandes x .

Bei der Ermittlung des Ladezustandes x nach Abschnitt II mittels Temperaturmessungen ergeben sich, bezogen auf die untere Grenzkurve, folgende Abweichungen d in %:

A. Bei konstantem Wasservolumen nach Gl. (4):

$$d = \left(\frac{n}{y-1} - \frac{n-1}{y-1} \right) \cdot 100 = \left(\frac{1}{y-1} \right) \cdot 100 \% \quad (19)$$

B. Bei konstantem Wassergewicht nach Gl. (5):

$$d = \left(\frac{n+1}{y-1} - \frac{n-1}{y-1} \right) \cdot 100 = \left(\frac{2}{y-1} \right) \cdot 100 \% \quad (20)$$

Diese Werte stellen die maximal mögliche Abweichung des effektiven vom gemessenen unteren möglichen Ladezustand dar. Der Wert von d ist immer positiv; er wird um so kleiner, je mehr Temperaturmeßstellen y im Speicher eingebaut sind. Die Abweichung d ist unabhängig von der Zahl der Messstellen n , die die Temperatur des heissen Wassers t_1 anzeigen. Sie ist ferner für konstantes Wassergewicht doppelt so gross wie für konstantes Wasservolumen.

Zur Ermittlung des Fehlers bei der Bestimmung des Ladezustandes nach der in Abschnitt III mittels Widerstandsmessung angeführten Methode kann man an Hand der Gl. (14) oder (18) schreiben

$$r = A \cdot x + B \quad (21)$$

$$r' = A \cdot x' + B \quad (22)$$

Dabei bedeuten A und B Konstanten, während für den Widerstand und den Ladezustand ein ' auf einen gemessenen Wert hindeute im Gegensatz zu den effektiven Werten, die ohne ' gekennzeichnet werden. An Hand von Fig. 4 gelten folgende Beziehungen:

$$U = I_1 \cdot r = I_2 \cdot r_v \quad (23)$$

$$I = I_1 = I_2 \quad (24)$$

$$\text{Gemessener Widerstand: } r' = \frac{U}{I} = \frac{U}{1} = U \quad (25)$$

$$\text{Effektiver Widerstand: } r = \frac{U}{I_1} \quad (26)$$

An Hand der Gl. (21) bis (26) findet man somit für den bei der Messung des Ladezustandes auf Grund einer elektrischen Widerstandsmessung begangenen Fehler

$$f = \frac{x' - x}{x} \cdot 100 = - \frac{U^2}{U \cdot r_v - B \cdot (r_v - U)} \cdot 100 \% \quad (27)$$

Beziehung (27) gilt sowohl für konstantes Wasservolumen als auch für konstantes Wassergewicht.

VI. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Auf Grund der vorangehenden Untersuchungen lässt sich sagen, dass die in Abschnitt II entwickelte Messmethode mittels in den Heisswasserspeicher eingebauter Temperaturmeßstellen in jedem Falle anwendbar sein wird, wenn auch die erzielte Messgenauigkeit besonders bei kleinen Ladezuständen als Nachteil empfunden werden muss. Sofern in diesem Falle eine grosse Messgenauigkeit erforderlich ist, muss eben die Zahl der Temperaturmeßstellen y gross genug gewählt werden, was jedoch eine Vergrösserung der Anlagekosten und damit einen teureren Betrieb infolge erhöhter Kapitalkosten mit sich bringt. Als Vorteil dieser Messmethode muss weiterhin der Umstand angesehen werden, dass eine genaue Konstanz der Temperaturen des heissen und des kalten Wassers bei den verschiedenen Ladezuständen nicht erforderlich ist, desgleichen ist die Kenntnis der Höhe der Trennschicht nicht nötig.

Im Gegensatz dazu liefert die Methode nach Abschnitt III mit Hilfe einer elektrischen Widerstandsmessung sehr genaue Werte, sofern die Temperaturen t_1 , t_2 und die Höhe h_3 der Trennschicht als bekannt und bei allen Ladezuständen als konstant vorausgesetzt werden dürfen.

Untersuchungen über die Wärmeausnutzung transportabler elektrischer Raumheizapparate.

621.364.3

In neuerer Zeit wurden zur physiologischen Untersuchung von Warmwasser-Strahlungsheizungen der Firma Sulzer Messmethoden entwickelt, die nun auch auf elektrische Oefen angewandt wurden. Es zeigt sich, dass man auch bei elektrischer Strahlungsheizung gleiche Behaglichkeit mit weniger Energieaufwand empfindet als bei elektrischer Konvektionsheizung, und zwar ist der Hochtemperaturstrahler noch etwas günstiger als der Niedertemperaturstrahler. (Red.)

Die zunehmende Brennstoffknappheit lenkt die Aufmerksamkeit wieder mehr auf die aushilfsweise Heizung mittels transportabler elektrischer Heizöfen. Die Nachfrage nach solchen ist mit Rücksicht auf die starke Einengung in der Brennstoffzuteilung für den nächsten Winter vielerorts vielleicht heute schon in einem Mass oder Uebermass gestiegen, die den energieabgebenden Elektrizitätswerken nicht restlos angenehm sein kann. Ein übermässiger Heizenergieverbrauch überlastet die bestehenden Verteilungsnetze, und es besteht überdies die Versuchung, solche Heizöfen nicht nur in Ueber-

gangszeiten, sondern auch im tiefen Winter zu benützen, zu einer Zeit, wo das Bedürfnis nach Licht am grössten und die zur Erzeugung elektrischer Energie zur Verfügung stehende Wasserkraft wegen des saisonmässigen Rückganges der Wasserläufe im Winter am stärksten geschwunden ist.

Deshalb ist es gerade heute von erheblicher Bedeutung, die Wärmeausnutzung der verschiedenen elektrischen Heizofentypen etwas näher zu kennen. Dabei ist an der Tatsache nicht zu rütteln, dass bei direkter Umsetzung der elektrischen Energie in Wärme nicht mehr und nicht weniger als 860 kcal/kWh erzeugt werden können. Die Betrachtungen haben also mit der sogenannten Wärmepumpe, bei welcher ein Vielfaches der eingeführten Energie an Wärme umgesetzt oder in Kreislauf gehalten wird, nichts zu tun. Aber auch die direkt aus elektrischer Energie erzeugte Wärme kann auf verschiedene Weise in einen Raum übergeführt werden und man muss deshalb auch mit verschiedenen sogenannten Raumwirkungsgraden rechnen.