

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 37 (1946)
Heft: 11

Artikel: Elektrische Raumheizung
Autor: Hottinger, Max
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061103>

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: 03.04.2026

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:

Sekretariat des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Zürich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telefon 23 77 44
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

37. Jahrgang

N^o 11

Samstag, 1. Juni 1946

Elektrische Raumheizung

Von Max Hottinger, Zürich

621.364.3

Der Verfasser geht von den durch die Zollstatistik ausgewiesenen jährlich in die Schweiz eingeführten Wärmemengen und deren Preisen aus. Während der beiden Weltkriege gingen jene stark zurück, diese dagegen in die Höhe, was beides das Aufkommen der elektrischen Raumheizung sehr begünstigte. Sodann werden anhand der Gradtagtheorie die durchschnittliche Verteilung des Heizwärmebedarfs auf die einzelnen Monate des Jahres dargelegt, und unter Hinweisen auf die einschlägige Literatur die verschiedenen Möglichkeiten und Verfahren der Raumheizung mit Elektrizität dargestellt, wobei dem Problem der Wärmespeicherung sowie der Ausbildung der elektrischen Decken-, Wand- und Fussbodenheizung besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Ferner enthält der Aufsatz interessante Ausblicke auf die Möglichkeiten der direkten und indirekten Wärmeversorgung aus Atomkraftwerken.

L'auteur, se basant sur la statistique de l'administration des douanes, constate que la très forte diminution des importations annuelles, en Suisse, de combustibles solides et liquides et l'augmentation des prix, au cours des deux guerres mondiales, ont eu pour conséquence de favoriser le développement du chauffage électrique des locaux. La répartition moyenne, sur les différents mois, des quantités de chaleur à produire, par les installations de chauffage, est exposée en partant de la méthode de la température journalière. Les différents procédés et possibilités de chauffage des locaux par l'électricité sont décrits et les publications traitant cette question mentionnées; le problème de l'accumulation de la chaleur ainsi que la réalisation du chauffage électrique par le plafond, les parois et le sol sont plus particulièrement examinés. L'article contient également un aperçu intéressant des possibilités de production directe ou indirecte, de la chaleur par des centrales alimentées par l'énergie atomique.

Als die Elektrizitätsversorgung in den Städten im letzten Viertel des vorigen und auf dem Lande zu Beginn des jetzigen Jahrhunderts einsetzte, da wurden schon bald hie und da elektrische Heizöfen angeschlossen. Insbesondere aber Besitzer eigener kleiner Kraftwerke (Gemeinden, Fabrikbesitzer usw.) nützten ihre Wasserkräfte durch elektrische Raumheizung oft besser aus. So ist z. B. die Gemeinde Schuls im Unterengadin schon vor langer Zeit dazu gelangt, ihr Schulhaus elektrisch zu heizen, weil die grossen Hotels, die im Sommer die elektrische Energie benötigen, im Winter geschlossen sind. Und in Fabriken sind etwa elektrische Heizkörper als Zusatzheizung zur üblichen vorgesehen und mit Abfallenergie, nach Massgabe der gerade herrschenden Wasserführung, betrieben worden, während man später vielerorts dazu gelangte, diese Möglichkeit planmässig durch Aufstellung von Wärmespeichern auszubauen. Sehr frühzeitig und in immer steigendem Masse wurden auch elektrische Kirchenheizungen erstellt, und im Ausland, namentlich in Schweden, Norwegen, Holland und Belgien, erlangte die elektrische Gewächshausheizung grosse Verbreitung. Die Entwicklung und Ausbreitung der elektrischen Raumheizung fällt naturgemäss hauptsächlich zusammen mit den Zeiten aussergewöhnlicher Brennstoff-Preissteigerung und -Verknappung. Solche Zeiten waren bei uns die letzten Jahre des Weltkriegs 1914/18 und die darauffolgenden Nachkriegsjahre sowie die Gegenwart.

In Fig. 1 sind die auf Grund der schweizerischen Zollstatistik ermittelten, seit 1910 in die Schweiz eingeführten Wärmemengen (berechnet nach den durchschnittlichen Heizwerten der verschiedenen Brennstoffarten) in Tcal¹⁾, die Einstandspreise an der Grenze pro Gcal¹⁾ und die Verkaufspreise pro 100 kg Ruhrbrechkoks in Zürich angegeben. Die Zeiten der beiden Weltkriege sind durch Schraffierung hervorgehoben. Es zeigt sich deutlich, wie insbesondere von 1918 bis 1920 die Wärmepreise ausserordentliche Höhe aufwiesen und andererseits der Wärmeimport seit 1943 einen abnormen Tiefstand erreicht hat. Ausserdem sind in die Darstellung die Gradtage, die als Produkt aus den Heiztagen und den Temperaturunterschieden zwischen Innen und Aussen ein unmittelbares Mass für den Heizwärmebedarf in den einzelnen Wintern darstellen, eingetragen. Die Ueber- bzw. Unterschreitung des Durchschnittes von 2940 Gradtagen (diese Zahl bezieht sich auf Wohnhäuser, Bureaugebäude und andere auf 18° beheizte Gebäude in Zürich) kann in Prozenten unmittelbar abgelesen werden. Besonders hohe Heizkosten ergeben sich natürlich, wenn auf Jahre mit hohen Wärmepreisen Winter mit erheblich über dem Durchschnitt liegenden Gradtagzahlen folgen²⁾. Solche Jahre, in denen sich die

¹⁾ 1 Tcal (Teracalorie) = 10¹² cal = 10⁹ kcal = 10⁶ Mcal (Megacalorie) = 10³ Gcal (Gigacalorie); 1 kWh = 860 kcal = 0,86 Mcal.

²⁾ Näheres zu Fig. 1 s. unter Hottinger, M.: Wärmeimport, Wärmepreis und Heizwärmebedarf seit dem Jahr 1910. NZZ Bd. 166(1945), Nr. 1106.

Auslagen für Heizung unter Verwendung importierter Brennstoffe besonders hoch stellen, sind der Ausbreitung der elektrischen Heizung natürlich günstig. In noch höherem Masse ist das aber der Fall bei starker Brennstoffverknappung, weil man dann, koste es was es wolle, auf irgendeine Weise Heizwärme zu beschaffen sucht.

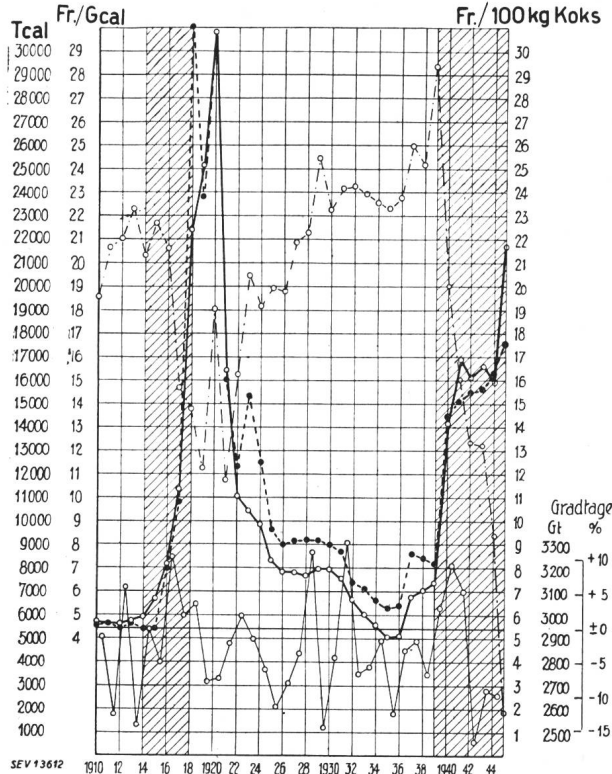


Fig. 1.

Wärmeimport und dessen Kosten von 1910 bis 1945

- Jährlicher Wärmeimport in Tcal
 - Einstandspreis an der Grenze in Fr./Gcal
 - Verkaufspreis Fr./100 kg Ruhrbrechkoks in Zürich
 - Gradtage für Gebäude mit 18° C Innentemperatur in Zürich
- 1 Tcal = 10²² cal = 10⁹ kcal = 10⁶ Mcal = 10³ Gcal
 1 Gcal = 10⁹ cal = 10⁶ kcal
 1 kWh = 0,86 Mcal

Zwecks Nutzbarmachung elektrischer Energie zu Raumheizwecken wurden im Laufe der Zeit eine grosse Zahl verschiedener *Stecköfen* herausgebildet, die zu beschreiben hier nicht erforderlich ist³⁾. Die Verwendung solcher unmittelbar wirkender Öfen ist leicht möglich, solange genügend elektrische Energie zur Verfügung steht und die Anschlussnetze ausreichen. Ueberschuss an Energie besteht im allgemeinen in den Uebergangszeiten, d. h. im Herbst und Frühjahr, und selbstverständlich erst recht an kühlen Sommertagen. Dagegen ist der Betrieb derartiger unmittelbar wirkender Heizöfen in den kalten Wintermonaten der Hydroelektrizitätswirtschaft unwillkommen und in grosser Zahl überhaupt unmöglich, weil die Energieerzeugungsmöglichkeit der Laufwerke um diese Jahreszeit klein ist und die Speicherwerke andere Anforderungen zu befriedigen haben.

Ueber die durchschnittliche prozentuale Verteilung des Wärmebedarfes auf die einzelnen Monate

³⁾ Bull. SEV Bd. 31(1940), Nr. 18, S. 395...397, u. Bd. 33 (1942), Nr. 12, S. 349...351.

für auf 18° C beheizte Gebäude in Zürich und Lugano gibt Tabelle I Aufschluss. Daraus geht hervor, dass auf die Monate Juli bis und mit November sowie März bis und mit Juni im Mittel in Zürich 46,3 %, in Lugano 37,3 % des gesamten jährlichen Heizwärmebedarfes entfallen. Rechnet man den März nur halb, weil eine merkliche Verbesserung

Verteilung des durchschnittlichen Brennstoffaufwandes (1869/1929) für Raumheizung auf die einzelnen Monate in Gebäuden mit 18° C durchschnittlicher Innentemperatur (Wohnhäusern, Bureaugebäuden usw.)

Tabelle I

| Monat | Zürich % | Lugano % |
|-----------|----------|----------|
| Juli | 0,0 | 0,0 |
| August | 0,0 | 0,0 |
| September | 1,1 | 0,0 |
| Oktober | 7,3 | 3,8 |
| November | 14,0 | 14,8 |
| Dezember | 18,2 | 21,4 |
| Januar | 19,4 | 22,7 |
| Februar | 16,1 | 18,6 |
| März | 13,6 | 13,6 |
| April | 7,4 | 4,6 |
| Mai | 2,6 | 0,5 |
| Juni | 0,3 | 0,0 |

der Wasserführung in manchen Jahren erst von Mitte März an eintritt, so sind es an beiden Orten rund 6 % weniger. Während dieser Monate kann also immerhin ein ansehnlicher Teil des jährlichen Gesamtbedarfes auf elektrischem Wege gedeckt werden. Natürlich ist in den einzelnen Jahren mit gewissen Abweichungen zu rechnen. In Tabelle II sind die betreffenden Anteile für die letzten Jahre angegeben. Wie ersichtlich, liegen sie durchweg tiefer als die Durchschnittswerte.

Brennstoffanteil für Raumheizung am jährlichen Gesamtverbrauch in den Monaten Juli bis und mit November sowie März bis und mit Juni im Durchschnitt (1869/1929) sowie in den einzelnen Wintern seit 1938

Tabelle II

| Zeitraum | Zürich % | Lugano % |
|--------------------------|----------|----------|
| Durchschnitt (1869/1929) | 46,3 | 37,3 |
| 1938/39 | 44,6 | — |
| 1939/40 | 39,6 | — |
| 1940/41 | 43,8 | 35,2 |
| 1941/42 | 40,0 | 36,3 |
| 1942/43 | 39,7 | 28,9 |
| 1943/44 | 43,5 | 33,2 |
| 1944/45 | 40,4 | 29,6 |

Um auch zu Zeiten der Energieknappheit elektrisch heizen zu können, wurden verschiedene Wege beschritten. Einmal suchte man nach Möglichkeiten, mit kleinen Energiemengen auszukommen und stellte hiezu *Strahler* her, die die Wärme unmittelbar dahin abgeben, wo sie gebraucht wird. Auch die in protestantischen Kirchen erstellten *elektrischen Fussbankheizungen* sind in besonderem Masse wirtschaftlich, weil auch hier die Wärme *da* frei wird, wo sie in erster Linie benötigt wird, an den Füßen, und die erwärmte Luft von da am Körper hoch-

steigt, so dass im übrigen die Lufttemperatur in der Kirche, ohne dass es unbehaglich wäre, nur 12° und sogar 10° C betragen kann. Dies ist um so mehr der Fall, als man im Winter warm angezogen ist. Dazu kommt, dass billige Nacht- und Sonntagsenergie zum Betrieb dieser Kirchenheizungen verwendet werden kann. Und noch weitergehend in bezug auf die Konzentration der Wärme sind die mit elektrischer Heizung versehenen *Imhofschen Heizmäntel*, die den Körper unmittelbar umschliessen. Allerdings handelt es sich hier nicht mehr um eigentliche Raumheizung; die Heizmäntel haben vielmehr die Aufgabe, allzu grosse Wärmeverluste des Körpers an die kalte Raumluft zu verhindern. Nach eingehenden Untersuchungen⁴⁾ genügt bis etwa 16° C warme Kleidung allein, bei 15° einschliesslich Heizmantel, jedoch noch *ohne* Energiezufuhr. Bei tieferen Raumtemperaturen sind einschliesslich des Energieverbrauchs des Transformators (in dem die Spannung von den üblichen 220 V auf 10 V herabgesetzt wird) erforderlich:

| | |
|--------------------------|------|
| bei 14° C Raumtemperatur | 20 W |
| bei 12° C Raumtemperatur | 40 W |
| bei 10° C Raumtemperatur | 60 W |
| bei 8° C Raumtemperatur | 85 W |

In Temperaturen unter 8° lässt die Behaglichkeit, auch bei 85...100 W Anschlusswert, zu wünschen übrig, weil sich hierbei alle Gegenstände kalt anfühlen, die Nase zu fließen beginnt und auch die eingeatmete Luft auf die Dauer als zu kalt empfunden wird⁵⁾. Dagegen ist die Behaglichkeit unter Benützung eines solchen Heizmantels bei Raumtemperaturen von 12° oder gar 14° sehr gut, weil man warm hat und doch frische, kühle Luft einatmen kann, und es ist klar, dass, wenn die Räume nur auf die genannten Temperaturen statt auf 18° und 20° C geheizt werden müssen, sich bedeutende Brennstoffmengen einsparen lassen. Allerdings kommen derartige Heizmäntel mehr nur in Ausnahmefällen für Einzelpersonen mit zur Hauptsache sitzender Beschäftigung in Frage, da man durch das Anschlusskabel mit dem Transformator und Wandstecker verbunden ist.

In neuester Zeit wurden, um Brennstoff zu sparen und weniger elektrische Energie zu verbrauchen, als wenn die Elektrizität unmittelbar in Wärme umgesetzt würde, an einigen Orten *Wärmepumpen* zum Betrieb von Warmwasserheizungen aufgestellt. Hierbei hat man jedoch mit ausserordentlich hohen Anschaffungskosten, d. h. mit einem die Wirtschaftlichkeit stark belastenden Kapitaldienst zu rechnen und ausserdem mit den Wärmeverlusten, die bei der Uebertragung der Wärme von der Wärmepumpe bis in die Räume entstehen, während sie bei unmittelbarer Aufstellung von elektrischen Heizöfen in den Räumen dahinfallen. Es ist daher leicht verständ-

⁴⁾ Vgl. hiezu *Hottinger, M.*: Versuchsergebnisse mit dem Heizmantel «Thermoflex». Schweiz. Bl". Heiz. Lüft. Bd. 10 (1943), Nr. 2, S. 52...72, und *Imhof, A.*: Berührungsheizung. Bull. SEV Bd. 34(1943), Nr. 18, S. 527...538.

⁵⁾ Vgl. auch *Hottinger, M.*: Wirtschaftliche Raumheizung in Beispielen. Zürich, Rascher & Cie. A.-G., 1945, S. 137.

lich, wenn *Wirth*⁶⁾, auf Grund eingehender Untersuchungen, zum Schluss gelangt, «*dass die Wärmepumpe in normalen Heizungen wirtschaftlich nicht interessant ist*» und dass er infolge dessen «*keinen Anlass sieht, an eine Umwälzung im Sinne einer grundlegenden Aenderung in der Abhängigkeit von ausländischen Brennstoffen zu glauben*»⁷⁾.

Von erheblicher Wichtigkeit ist auch die bereits erwähnte *Wärmespeicherung* geworden, weil es dadurch möglich ist, Nacht-, Sonntags- und andere Abfallenergie nutzbar zu machen. Zu diesem Zweck gibt es in den Räumen selber stehende *Akkumulieröfen* verschiedener Art. Ausserdem sind auch die Raumböden schon als Wärmespeicher verwendet worden⁸⁾. Bei allen diesen Ausführungen fehlt jedoch genügende Regelbarkeit der Wärmeabgabe, so dass sie sich mehr nur für Orte, an denen mit einem ganz bestimmten täglichen Wärmebedarf gerechnet werden kann, eignen.

Anders liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse bei der Einschaltung *flüssiger Wärmespeicher*, d. h. grosser Heisswasserspeicher, in die üblichen Warmwasserheizungen. Solchen Speichern kann die Wärme nach Bedarf durch Beimischen von Speicherwasser zum zirkulierenden Heisswasser oder unter Benützung von Umformern entzogen werden. Auch Dampf lässt sich gewünschtenfalls aus ihnen entnehmen⁹⁾. Sie sind bei uns in Fabriken, Schulhäusern, Krankenanstalten usw. zu finden¹⁰⁾. Im *Kantonsspital Olten* wird sogar eine Heisswasserheizung zur Versorgung der verschiedenen Spitalbauten mit Heiz- und technischer Wärme sowie mit Warmwasser so betrieben, indem ein Speicher von 3 m Durchmesser und 13 m Länge, d. h. einem Speichervolumen von rd. 90 m³, über Nacht auf elektrischem Wege auf 190° hoch geheizt und tagsüber auf 130° entladen wird. Zur Deckung der vom Speicher nicht lieferbaren Wärme in der kältesten Zeit des Winters oder auch für den Fall, dass die Energiezufuhr vorübergehend ausgeschaltet werden muss, sind ausserdem öl- und kohlebefeuerte Kessel vorhanden¹¹⁾. Auch im Ausland, z. B. in England, vor allem in *London*, wurden solche Anlagen, sogar ganz unabhängig von Zusatzkesseln, erstellt. Das scheint auf den ersten Blick sonderbar, weil dort die elektrische Energie zur Hauptsache durch thermische Kraftwerke erzeugt wird. Trotzdem kann sie für den genannten Zweck billig genug abgegeben werden, weil solche Speicheranlagen den Elektrizitätswerken die Möglichkeit bieten, ihre Maschinensätze gleichmässiger auszunützen und dadurch die Be-

⁶⁾ *Wirth, P. E.*: Die Bestreitung von Heizungs- und Wärmeprozessen mittels der Wärmepumpe. Schweiz. Bauztg. Bd. 117(1941), Nr. 23, S. 265...270.

⁷⁾ Vgl. auch *Hottinger, M.*: Die Wärmepumpe. Schweiz. Bl". Heiz. Lüft. Bd. 6(1939), Nr. 1, S. 1...10.

⁸⁾ Vgl. *Hottinger, M.* u. *Imhof, A.*: Elektrische Raumheizung. Zürich, A.-G. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei, 1924, S. 77...82.

⁹⁾ Vgl. *Hottinger, M.*: Wärmespeicherung. Schweiz. techn. Z. Bd. 19(1944), Nr. 39, S. 513...520.

¹⁰⁾ Vgl. *Hottinger, M.* u. *Imhof, A.*: Elektrische Raumheizung. Zürich, A.-G. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei, 1924, S. 89...125.

¹¹⁾ Vgl. *Hottinger, M.*: Die neue Elektro-Heisswasserheizung im Kantonsspital Olten. Schweiz. techn. Z. Bd. 9 (1934), Nr. 19, S. 281...289.

triebswirkungsgrade ihrer Werke zu steigern. Bau-lich ist zudem von Vorteil, dass in den Gebäuden keine Schornsteine, Kessel- und Kohlenräume vorgesehen werden müssen, wodurch wertvoller Platz für andere Zwecke gewonnen wird. Die Speicher können in solchen Fällen gut z. B. im dritten Keller-geschoss untergebracht werden. Ausserdem fällt da-durch der geräuschvolle, staubige und schmutzige Betrieb mit den Lastautomobilen, die sonst die Kohle bringen sowie Asche und Schlacke wegführen, dahin, und es ist auch weniger Bedienungspersonal erforderlich, da die Regelung zur Hauptsache selbst-tätig eingerichtet werden kann.

Die thermischen Wirkungsgrade solcher Speicher sind im allgemeinen nicht schlecht. Es kommt dabei auf die Grösse, die erforderliche Aufladetemperatur, die angewendete Isolierart sowie auf die Entlade-zeit an. Je grösser die Speicher sind, um so günstiger fallen die Wirkungsgrade aus, weil z. B. bei kugel- und würfelförmiger Ausgestaltung der Spei-cherinhalt mit der dritten, die Oberfläche jedoch nur mit der zweiten Potenz des Durchmessers bzw. der Seitenlänge wächst. Für andere Speicherformen bestehen ähnliche Verhältnisse. *Seehaus*¹²⁾ hat die Wärmeverlustberechnung für kugelförmige Wärme-speicher ohne und mit guter Korkschrötisolierung (Volumen = 24,6 % des Wasserinhaltes) durchge-führt und dabei für 100° Anfangstemperatur und 0° Lufttemperatur die in Tabelle III gezeigten thermi-schen Wirkungsgrade für Speicherinhalte von 0,8 bis 10 000 m³ und verschiedene Abkühlungszeiten festgestellt. Daraus geht beispielsweise hervor, dass

Endtemperaturen in kugelförmigen Warmwasserspeichern ver-schiedener Grösse nach verschiedenen Abkühlungszeiten bei 100° Anfangstemperatur des Wassers und einer Temperatur der umgebenden Luft von 0° (Nach Seehaus)

Tabelle III

| Abkühlungs- zeit h | Speicher-Inhalt in m ³ | | | | | |
|--|-----------------------------------|------|------|------|------|--------|
| | 0,8 | 1 | 10 | 100 | 1000 | 10 000 |
| ohne Isolierung | | | | | | |
| 10 | 70 | 76 | 88 | 93 | 97 | 99 |
| 100 | 2,6 | 5 | 26 | 53,5 | 76 | 88 |
| 500 | | | | 4,4 | 23,6 | 51 |
| 1000 | | | | | 5,5 | 26 |
| 2000 | | | | | | 7 |
| mit Korkschröt-Isolierung (Volumen 24,6 % des Wasserinhaltes) | | | | | | |
| 10 | 93 | 95 | 99 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 48 | 62,5 | 89,5 | 97 | 100 | 100 |
| 500 | 2,7 | 10,4 | 56,7 | 87,5 | 97 | 99,5 |
| 1000 | | 0,9 | 32,5 | 77,5 | 94,5 | 98,7 |
| 2000 | | | 10,5 | 60,5 | 89,5 | 97,5 |
| 4000 | | | 1,1 | 37,0 | 80,5 | 94,0 |
| 8000 | | | | 13,0 | 65,0 | 90,5 |

die Wassertemperatur in einem 1000-m³-Heisswasser-speicher nach 1000 Abkühlungsstunden bei Nicht-abdämmung nur noch 5,5°, bei der genannten Iso-lierung dagegen noch 94,5° C beträgt¹³⁾. Trägt man

¹²⁾ *Seehaus, P.*: Winterheizung mit Sommerenergie. Bull. SEV Bd. 31(1940), Nr. 15, S. 317...331.

¹³⁾ Betr. Isolierung vgl. *Hottinger, M. u. Imhof, A.*: Wär-me-Isolierung (Wärmetechnische Grundlagen und Techno-logie der Isolierstoffe). Zürich, Schweizer Druck- u. Verlags-haus, 1945.

die thermische Wirkungsgradkurve z. B. für eine Abkühlungszeit von 8000 Stunden auf, so zeigt sich, dass von etwa 3000 m³ Speicherinhalt an aufwärts, selbst bei so langen Abkühlungszeiten, günstige Be-dingungen bestehen, indem der Wirkungsgrad bei 3000 m³ rd. 81 %, bei 9000 m³ sogar 90 % beträgt. *Seehaus* dachte bei der Durchführung dieser Unter-suchungen an Saisonspeicher, die im Sommer auf elektrischem Wege mit überschüssiger Sommer-energie auf etwa 95° hoch geheizt werden und im Winter zur Raumheizung dienen. Mit diesem Pro-blem hat sich auch *Gasser* befasst, der vorschlägt, derartige flüssige Speicher in Seen zu versenken und mit Wärmepumpen zu heizen¹⁴⁾, während *Spoerli*¹⁵⁾ die in Frage stehende Aufgabe anders an-packt, indem er vorschlägt, statt Wärme zu spei-chern, im Sommer in noch höherem Masse als dies bisher der Fall ist, Inkonstantenergie in Industrie-wärme umzusetzen, um dadurch den bisher aufge-wendeten Brennstoff für den Heizbedarf im Winter zu sparen. Und schliesslich will *Frei*¹⁶⁾ durch überschüssige Sommerenergie grosse, im Erdboden liegende feste Speichermassen auf hohe Tempera-turen erwärmen und ihnen im Winter die Wärme zu Heizzwecken, gegebenenfalls unter Benutzung von Dampfturbinen, Generatoren und Wärmepum-pen, entziehen.

Diese Vorschläge, mit Ausnahme desjenigen von *Spoerli*, muten zunächst phantastisch an. Nun soll aber doch ein Versuch mit einem von *E. Runte* entwickelten Geländewärmespeicher beim Schulhaus Buhn in *Zürich* durchgeführt werden. Dabei ist nach den bisher bekannt gewordenen Angaben [Bull. SEV Bd. 37(1946), Nr. 10, S. 279...281, und NZZ Bd. 167(1946), Nr. 863 u. 910] vorgesehen, den Speicherkern mit Sommer-Abfallenergie bis auf 800° C zu erwärmen und sowohl das Auf- als das Entladen durch Luft, die die im Boden liegenden Kanäle durchströmt, vorzunehmen.

Die genannten Vorschläge und auch die bereits beschlossene Erstellung der erwähnten Versuchs-anlage sind natürlich hauptsächlich zurückzuführen auf die grosse Brennstoffknappheit in den letzten Jahren und den Umstand, dass die elektrische Ener-gie bei uns fast ausschliesslich auf hydraulischem Wege gewonnen wird. Wo sie auf kalorischem Wege erzeugt wird, im Winter also keine so grosse Verknapp-ung erfährt wie bei uns, liegt der Wunsch nach der-art grosser und langfristiger Speicherung nicht vor, und noch geringer oder überhaupt nicht mehr vorhan-den wird das Bedürfnis nach Speicherung sein, wenn die elektrische Energie einmal in Atomkraftwerken erzeugt werden sollte, deren Wärmeproduktion den Bedürfnissen durch selbsttätige Regelung Sommer und Winter, Tag und Nacht mit Leichtigkeit ange-

¹⁴⁾ *Gasser, A.*: Weiterer Vorschlag für Winterheizung durch Sommerwärme. Bull. SEV Bd. 32(1941), Nr. 6, S. 93...99.

¹⁵⁾ *Spoerli, A.*: Speicherung von Sommer-Ueberschuss-energie für den Wärmebedarf im Winter. Bull. SEV Bd. 31 (1940), Nr. 24, S. 564...567.

¹⁶⁾ *Frei, O.*: Verwendung elektrischer Ueberschussenergie zur Erzeugung von Wärme. Schweiz. Bauztg. Bd. 118(1941), Nr. 21, S. 243...245.

passt werden kann. Wann dies der Fall sein wird, entzieht sich unserer derzeitigen Kenntnis, doch dürfte über kurz oder lang damit zu rechnen sein, und es ist, wenn auch noch nicht sicher, so doch wahrscheinlich, dass dadurch die Verhältnisse auf dem Gebiete der Raumheizung einschneidende Veränderungen erfahren werden. Dabei kommt es jedoch darauf an, ob nur einzelne Gross-Atomkraftwerke entstehen werden, die verschiedener Umstände halber womöglich noch weitab von den Städten liegen müssen, oder ob kleinere derartige Werke bei oder sogar in den Städten errichtet werden können. Im erstgenannten Fall ist es wohl möglich, mit der entstehenden Wärme unter Benutzung von Dampf- oder Gasturbinen durch den Antrieb elektrischer Generatoren grosse Energiemengen zu erzeugen; doch wird es schwer halten, für die frei werdende Abwärme in vollem Umfang geeignete Verwendung in der Nähe dieser Werke zu finden. Und sie auf weite Strecken hin fernzuleiten wird wohl kaum in Frage kommen. Dagegen muss man annehmen, dass hiebei die elektrische Raumheizung einen starken Aufschwung nehmen wird, was allerdings einem weitgehenden Ausbau des bestehenden Elektrizitätsversorgungsnetzes rufen würde. Unter Berücksichtigung dieser Umstände ist vorauszusehen, dass die mit Atomenergie erzeugte elektrische Energie kaum billiger zu stehen kommen wird, als die auf hydraulischem Wege gewonnene, weil die Verkaufspreise nur zum Teil durch die Gestehungs-, zum anderen, grösseren Teil jedoch durch die Verteilungskosten zustande kommen. Das wäre aber kein Hinderungsgrund dafür, dass die elektrische Raumheizung weiteste Verbreitung erlangen würde, weil ihre Bedienung ausserordentlich bequem ist. Die Bequemlichkeit wird hoch geschätzt und gern bezahlt. Das hat sich bei den grossen Städteheizungen im Ausland stets gezeigt, wo sich die Anwohner zum Anschluss drängten, auch wenn die Heizkosten dabei höher waren.

Nun besteht aber noch die Möglichkeit, dass vielleicht auch kleinere solche Atomkraftwerke bei oder sogar in den Städten erstellt werden können, wodurch es leicht möglich würde, die Abwärme in Fernheizwerken erheblichen Umfangs zu verwerten. Dadurch würde sich eine gute Kombination mit den hydraulischen Kraftwerken ergeben, die im Sommer die Energielieferung wohl auch in weitgehendem Masse für den technischen Wärmebedarf in der Industrie, den Spitälern usw. übernehmen könnten, während im Herbst bei steigendem Heizwärmebedarf die an die Atomwerke angeschlossenen Fernheizungen in Betrieb gesetzt würden und von diesen Werken aus gleichzeitig elektrische Energie für Heiz- und andere Zwecke abgegeben würde, was insbesondere im strengen Winter, wenn die Produktion hydraulischer Energie stark zurückgeht, willkommen wäre.

Der Heizungsindustrie würden dadurch grosse Aufgaben erwachsen, jedoch eigentlich keine, deren einwandfreie Lösung nicht jetzt schon möglich wäre. Wir besitzen bereits einige Fernheizwerke, z. B. dasjenige an der ETH und dasjenige von der Kehrichtverbrennungsanstalt in Zürich bis zum

Hauptbahnhof hinauf, nebst einer grossen Zahl von Fernheizungen für Siedlungen, Fabrikanlagen, Spitäler usw., und im Ausland sind Städteheizungen in ausserordentlich grossem Ausmass schon längst im Betrieb. Das Neue beim Aufkommen von Atomkraftwerken betrifft also nur die Atomenergie- und vielleicht auch die Dampfkesselingenieurere. Allerdings müsste, wenn die elektrische Heizung so grosse Ausmasse annehmen würde, auch dieses Gebiet noch wesentlich ausgebaut werden, u. a. wohl derart, dass die bereits bekannten elektrischen Decken-, Wand- und Fussbodenheizungen vervollkommenet und ihnen die Bauausführungen der Gebäudemauern angepasst würden. Da diese Heizart bei uns noch wenig bekannt ist, sei hiezu noch einiges gesagt.

Decken-, Wand- und Fussbodenheizungen, bei denen die Wärmezufuhr durch Pumpen-Warmwasserheizung erfolgt, sind heute keine Neuheit mehr, wurde die erste Deckenheizung durch die englische Firma *Crittall* doch bereits im Jahre 1918 erstellt. Die Urteile über die Zweckmässigkeit und Annehmlichkeit solcher Deckenheizungen sind geteilt. Die weniger günstigen Aussagen hängen jedoch fast ausnahmslos mit der grossen Wärmespeicherung zusammen, die sich dadurch ergibt, dass die Heizröhren *meist in mehrere Zentimeter dicke* Betonplatten hineingelegt werden¹⁷⁾. Dadurch ist die Anpassung der Heizwirkung an den augenblicklichen Wärmebedarf sehr erschwert. Es sind deshalb auch mehrfach Ausführungsvorschläge aufgetaucht und Patente angemeldet worden, die durch andere Bauausführungen grössere Geschmeidigkeit bezwecken¹⁸⁾.

Selbstverständlich ist elektrische Oberflächen-Strahlungsheizung hinsichtlich dieser Regelbarkeit weit besser geeignet, weil hiebei die Wärmespeicherung unvergleichlich viel kleiner ausfällt. Fast unmittelbar nach dem Einschalten macht sich die Wärmewirkung bemerkbar und nach dem Ausschalten hört sie ebenso rasch wieder auf. Selbsttätige Regelung der Raumtemperatur steigert diesen Vorteil zur Vollkommenheit und führt auch zu höchstmöglicher Wirtschaftlichkeit, da bei steigender Temperatur, z. B. infolge Sonneneinstrahlung durch die Fenster oder bei Menschenansammlungen, die Energiezufuhr automatisch vermindert bzw. gänzlich abgestellt wird. Die Mauern sind natürlich so zu erstellen, dass die von der Flächenheizung abgegebene Wärme fast ausschliesslich dem zu heizenden Raum zugute kommt, während sie nach der Aussenseite hin vorzüglich isoliert sein müssen, was beim heutigen Stand der Isoliertechnik, unter Verwendung von Isolierplatten, Alfol, Glasseide usw., keine Schwierigkeiten mehr bietet¹⁹⁾. Erstellt man die Mauer z. B. derart, dass sie aussen als verputzte Tragmauer ausgebildet, nach innen zu mit einer guten Wärmeisolierung versehen wird, auf die die elektrische Heizschicht und nach dem Raum zu

¹⁷⁾ Vgl. hiezu z. B. *Ros, M.*: Bewehrte Betondecken mit Strahlungsheizung, System Gebrüder Sulzer, Winterthur. Schweiz. Bauztg. Bd. 118(1941), Nr. 14, S. 161...165, u. Nr. 15, S. 169...172.

¹⁸⁾ Vgl. z. B. *Hottinger, M.*: Beitrag zur Berechnung und Beurteilung der Strahlungsheizung. Gesundh.-Ing. Bd. 61 (1938), Nr. 33, S. 449...454, u. Nr. 34, S. 465...472.

Tapete zu liegen kommt, so ist der Wärmeverlust durch die Mauer klein und, was ebenfalls wichtig ist, die Wärmespeicherung bei inneren Temperaturänderungen gering. Besteht die Konstruktion von innen nach aussen z. B. aus Tapete, Heizschicht, 5-cm-Isolierplatte ($\lambda = 0,07 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$), 5 cm Luftschicht mit einer Alfolie in der Mitte, 25 cm normal gelochten Backsteinen und Aussenputz, so beträgt die Wärmedurchgangszahl von der Heizschicht nach aussen etwa 0,4, nach innen etwa $4,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$. Bei z. B. 30° Heizflächentemperatur, -15° Aussen- und $+18^\circ$ Innentemperatur gehen somit pro m^2 beheizte Aussenwandfläche an den Raum über: 48 kcal/h , durch die Mauer verloren: 18 kcal/h . Bei grösseren Aussentemperaturen ist der Verlust, dem kleineren Temperaturgefälle entsprechend, noch geringer. Erforderlichenfalls kann das Verhältnis zwischen Nutzwärme und Verlust gut durch bessere Isolierung der Mauer zudem noch günstiger gestaltet werden. Ob sich dies lohnt, hängt vom Energiepreis ab und kann durch eine kleine Wirtschaftlichkeitsrechnung leicht festgestellt werden.

In bezug auf die Wärmespeicherung ergibt sich, dass bei gleichbleibender Aussentemperatur und 1°C Temperaturänderung der Heizschicht die von 1 m^2 Mauerfläche aufgenommene bzw. abgegebene Wärmemenge $13,8 \text{ kcal}$ beträgt. Ändert sich die Temperatur im Freien um 1°C , so ist die Wärmezu- bzw. -abnahme der Mauer dagegen $81,1 \text{ kcal/m}^2$. Das besagt, dass der Wärmeverlust durch Speicherung beim Aufheizen der Räume klein ausfällt und äussere Temperaturänderungen sich im inneren Mauerteil nur langsam bemerkbar machen.

Bei Deckenheizung können die Wärmeverluste ebenfalls sehr klein gehalten werden, so dass die Wärmedurchgangszahlen k auch hier in der Grössenordnung zwischen $0,3 \dots 0,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ liegen. Und zudem kommt in diesen Fällen hinzu, dass die durch die Zwischendecke hindurchgehende Wärme den darüberliegenden Räumen zugute kommt; sofern diese auch beheizt werden müssen, ergibt sich also überhaupt kein Verlust.

Da ausserdem die Raumtemperatur bei Strahlungsheizung, der warmen Wände wegen, für gleiche Behaglichkeit niedriger als bei Konvektionsheizung, d. h. Heizung mit an den Wänden aufgestellten Heizkörpern, sein kann, kommt man mit geringerem Energieverbrauch aus. Allerdings sollen dabei die Fenster nicht grösser als erforderlich bemessen und selbstverständlich auch Doppelverglasung oder Doppelfenster vorgesehen werden. Ausserdem ist wichtig, dass Fenster und Türen gut schliessen¹⁹⁾. Handelt es sich um besonders sonnige Gebäudelagen, so sind grosse Fensterflächen jedoch

¹⁹⁾ Vgl. hierzu: *Hottinger, M.*: Die Ausführung von Baukonstruktionen mit Rücksicht auf die Wärmespeicherung. Hoch- u. Tiefbau Bd. 45 (1946), Nr. 14, S. 114...117, Nr. 17, S. 135...137, u. Nr. 19, S. 161...163.

Hottinger, M. u. Imhof, A.: Wärme-Isolierung. Zürich, Schweizer Druck- und Verlagshaus, 1945.

Hottinger, M.: Wärmespeicherung in Baukonstruktionen. Schweiz. techn. Z. Bd. 19 (1944), Nr. 51, S. 663...669.

²⁰⁾ Vgl. hierzu *Hottinger, M.*: Die Fenster in wärmeschutztechnischer Beziehung. Schweiz. Bl". Heiz. Lüft. Bd. 11 (1944), Nr. 1, S. 5...15.

weniger schädlich, u. U. sogar erwünscht, weil hierbei die Sonneneinstrahlung wirksam zur Geltung kommt.

Ueber einige bisher bekanntgewordene Ausführungen und Erfahrungen mit derartigen elektrischen Flächenheizungen sei folgendes mitgeteilt:

Doczekal sieht als Heizwiderstand mäanderförmig verlegte Bänder aus Alfol vor, die zwecks Erhöhung der mechanischen Festigkeit auf beiderseits vorstehende Papierstreifen aufgeklebt sind. Diese Heizmäander sind an Hartpapierleisten aufgehängt. Es sollen Betriebsspannungen von $42 \dots 250 \text{ V}$ anwendbar sein. Die stromführenden Verbindungen werden durch beiderseits des Heizbandes aufgenietete Aluminiumklemmleisten hergestellt²¹⁾.

In neuerer Zeit sind auch in Skandinavien Versuche mit elektrischer Wandheizung durchgeführt worden²²⁾, wobei Wände, Decke und Fussboden mit Sperrholzplatten versehen wurden, auf die dünne, miteinander verbundene Streifen aus Aluminiumfolien geklebt sind. Die Spannung des hindurchgeschickten Stromes wird zu 42 V angegeben und bemerkt, dass die Wände mit Tapete beklebt werden können, so dass von der Heizanlage nichts zu sehen ist. Ueber die Erstellungs- und Betriebskosten fehlen leider Angaben.

Die elektrische Fussbodenheizung ist besonders von *Jaspers* (DRP 656196) entwickelt worden²³⁾. Seinen Mitteilungen in bezug auf die Beheizung von Räumen in elektrischen Versorgungsbetrieben sei folgendes entnommen:

«Die Heizeinrichtung ist einfach gestaltet und verdankt diesem Umstand eine besonders grosse Betriebssicherheit. In ihrer meist angewandten Form liegt unter dem üblichen Linoleumbelag des Fussbodens der Heizleiter, ein engmaschiges, meist $0,3$ bis $1,2 \text{ m}$ breites Gewebe aus dünnem, blankem Metalldraht, dessen Bahnen einen möglichst grossen Teil der Bodenfläche bedecken. Der Gesamtbelag (Linoleum, Drahtgewebe, 2 Lagen Filzpappe) ist nur 4 bis 6 mm stark und wird auf den in üblicher Weise hergestellten Fussboden aufgebracht; nur bei stärkerem Wärmegefälle zu dem darunter befindlichen Raum ist eine zusätzliche Wärmedämmschicht erforderlich. Der Heizstrom wird jedem Raum gesondert über einen Trockentransformator aus dem allgemeinen Stromnetz zugeführt, und zwar mit Kleinspannung (höchstens 42 V). Es ist deshalb eine vollwertige Isolierung überflüssig; zugleich wird so jeder Gefährdung von Menschen durch Spannungsübergang oder Kurzschluss und jeder Brandgefahr wirksam vorgebeugt. Kontaktthermometer, die die Temperatur jedes Raumes überwachen, und geräuschlos arbeitende Relais steuern die Stromzufuhr so, dass die Temperatur auf dem gewünschten Wert auch bei den schroffsten Änderungen der Aussentemperatur genau festgehalten wird. Wird auf Wärmespeicherung Wert gelegt (etwa um Spitzenzeiten ohne Stromverbrauch zu überbrücken), so kann statt des Linoleums auch ein Bodenbelag aus Steinplatten oder dergleichen verwendet werden.

Die Montage an Ort und Stelle ist einfach und beansprucht nicht viel Zeit und Arbeitskräfte. Da die Heizung völlig selbsttätig arbeitet, fällt jede Wartung weg. Instandsetzungsarbeiten haben sich selbst nach langjährigem Betrieb

²¹⁾ *Doczekal, R.*: Die Wirtschaftlichkeit der Folien-Flächen-Heizung. Haustechn. Rdsch. Bd. 45 (1940), Nr. 31, S. 299...302 (Nachdruck aus Elektr.-Wirtsch. Bd. 39 (1940), Nr. 14, S. 200...203), Kurzbericht im Gesundh.-Ing. Bd. 64 (1941), Nr. 13, S. 196.

²²⁾ Vgl. NZZ Bd. 165 (1944), Nr. 2103.

²³⁾ *Jaspers, B.*: Elektrische Raumheizung durch milde Wärmestrahlen. Gesundh.-Ing. Bd. 61 (1938), Nr. 6, S. 73...78. *Jaspers, B.*: Ein neues elektrisches Raumheizverfahren. Gesundh.-Ing. Bd. 61 (1938), Nr. 12, S. 157...160.

als nicht notwendig erwiesen, da keine dem Verschleiss ausgesetzten Teile vorhanden sind. Arbeitskräfte erfordert der Betrieb überhaupt nicht.»

Und in bezug auf den Energieverbrauch wird bemerkt, dass nach den gesammelten Erfahrungen derartige elektrische Fussbodenheizungen, die z. B. in Schalthäusern schon seit dem Jahre 1934 erstellt werden, gegenüber elektrischen Widerstandsöfen mit der Hälfte der Heizleistung und des jährlichen Gesamtenergieverbrauches auskommen, was im Hinblick auf den bessern Raumwirkungsgrad und die sorgfältige automatische Regelung verständlich ist.

Ferner soll sich auch bei Wohn- und Verwaltungsbauten, deren Räume ausserhalb der Benützungsdauer nicht oder nur schwach geheizt werden müssen, gezeigt haben, dass einem Verbrauch von 1 kg Koks in der Zentralheizung ein solcher von nur 1 kWh elektrischer Energie bei Anwendung der Fussbodenheizung gegenübersteht. Dieses gute Ergebnis wird darauf zurückgeführt, dass die Aufheizzeit, hochwertige Mauer-Isolierung vorausgesetzt, kürzer ausfällt, der Raumwirkungsgrad zufolge des Freiwerdens der Wärme am Fussboden sehr günstig ist und die Kessel- sowie die Wärmeübertragungsverluste dahinfallen. Es wird beigefügt, dass sich das genannte Verhältnis zu Ungunsten der elektrischen Heizung in Gebäuden mit langen täglichen Heizzeiten, also beispielsweise in Krankenhäusern, verschiebt, während es für solche mit kurzen täglichen Heizzeiten, wie Schulen und protestantische Kirchen sowie andere Räume, die nur gelegentlich benutzt werden, noch günstiger ausfällt.

Es ist mir nicht bekannt, ob zur einwandfreien Abklärung der Richtigkeit dieser Aequivalenzzahlen genügende Untersuchungen durchgeführt worden sind. Nach der Gradtagtheorie müsste, trotz besserer Mauerisolierung und unter Berücksichtigung der übrigen genannten Umstände, mit etwa 2...3 kWh an Stelle von 1 kg Koks (mit 7000 kcal/kg unterem Heizwert) gerechnet werden, jedenfalls, wenn statt Fussboden-, elektrische Decken- und Wandheizung erstellt wird, was in Wohn- und Bureaubauten, Krankenhäusern usw. erforderlich erscheint, weil sich hier Fussbodenheizung aus hygienischen, Annehmlichkeits- und wärmetechnischen Gründen nicht gut eignet.

In wärmetechnischer Beziehung ist folgendes zu beachten: Bei 20° C Raumtemperatur können höchstens etwa folgende stündliche Wärmeleistungen pro m² freie Fläche angenommen werden ²⁴⁾:

Bei Deckenheizung mit 45° C Oberflächentemperatur
 $Q_h = 200 \text{ kcal/m}^2\text{h}$
 Bei Wandheizung mit 40° C Oberflächentemperatur
 $Q_h = 194 \text{ kcal/m}^2\text{h}$
 Bei Fussbodenheizung mit 30° C Oberflächentemperatur
 $Q_h = 98 \text{ kcal/m}^2\text{h}$

Es entfallen also bei Raumhöhen von 2,5...5 m die in Tabelle IV angegebenen max. Wärmeleistungen auf den m³ Rauminhalt.

Die von der Fussbodenheizung abgegebenen Wärmemengen sind demnach nicht hoch, obschon

Maximale Wärmeleistung pro m³ Rauminhalt bei Decken- und Fussbodenheizung

Tabelle IV

| Raumhöhe m | Max. Wärmeleistung bei | |
|---------------|--|---|
| | Deckenheizung kcal/m ² h | Fussbodenheizung kcal/m ² h |
| 2,5 | 80 | 39 |
| 3,0 | 67 | 33 |
| 3,5 | 57 | 28 |
| 4,0 | 50 | 25 |
| 4,5 | 44 | 22 |
| 5,0 | 40 | 20 |

30° Fussbodentemperatur angenommen worden sind, was in Hinsicht auf die Behaglichkeit schon recht viel ist. In manchen Fällen sind diese Wärmeleistungen nicht ausreichend, um genügende Erwärmung der Räume bei kalten Aussentemperaturen herbeizuführen, besonders dann nicht, wenn ein grösserer Teil des Fussbodens durch Teppiche und Möbel abgedeckt ist.

Auf Grund dieser Ueberlegungen ist anzunehmen dass es sich hauptsächlich um Deckenheizung handeln wird, falls die elektrische Raumheizung im Grossen eingeführt werden sollte. Daneben wird, etwa im unteren Teil von Aussenwänden und dort, wo keine Bilder aufgehängt werden, auch Wandheizung und, z. B. unter den Fenstern, in speziellen Fällen, auch Fussbodenheizung in Frage kommen. Der Ausführung solcher Heizungen stehen technisch keine Hindernisse im Wege. Auch Personengefahr besteht bei Anwendung niederer Spannungen nicht, und ein Vorteil ist darin zu erblicken, dass solche Flächenheizungen ein wirksames Mittel zur Verhinderung von Schwitzwasserbildung an den Wandflächen darstellen. Die Erstellungskosten dürften, trotz der bessern Mauerisolierung, kaum höher sein als bei Zentralheizung und auch die Betriebskosten sollten, wie aus den vorstehend genannten Aequivalenzzahlen hervorgeht, nicht unerschwinglich sein. Dieser Punkt wird um so weniger ins Gewicht fallen, als man in Hinsicht auf die grosse Bequemlichkeit und Annehmlichkeit solcher Heizungen, wie schon bemerkt, gern etwelche Mehrkosten in Kauf nehmen wird. Natürlich müsste jeder Raum, z. B. einer Wohnung, für sich heizbar sein und es wäre darauf zu achten, dass unbenützte Räume nicht unnötigerweise beheizt würden. Bedingung für die Ausbreitung solcher Heizungen ist allerdings, dass dauernd genügend elektrische Energie zur Verfügung steht, also nicht etwa im kältesten Winter der Energiebezug eingeschränkt werden muss.

Bis jetzt konnte man mit Sicherheit nachweisen, dass die Wasserkräfte der Schweiz, auch nach ihrem Vollausbau, nicht in der Lage sein werden, soviel Energie abzugeben, dass der Heizwärmebedarf unseres Landes zur Hauptsache auf elektrischem Wege gedeckt werden kann ²⁵⁾. Das gilt auch jetzt noch, trotz aller Bemühungen und unter Zuhilfenahme von Wärmespeicherung und Wärmepumpen. Immerhin werden die Verhältnisse nach dem Ausbau

²⁴⁾ Vgl. hierzu Hottinger, M.: Beitrag zur Berechnung und Beurteilung der Strahlungsheizung. Gesundh.-Ing. Bd. 61 (1938), Nr. 33, S. 449...454, u. Nr. 34, S. 465...472.

²⁵⁾ Vgl. Hottinger, M.: Brennstoffeinfuhr, Elektrizitätserzeugung und Heizwärmebedarf der Schweiz. Schweiz. Bauztg. Bd. 113(1939), Nr. 16, S. 189...192, u. Bull. SEV Bd. 30 (1939), Nr. 24, S. 750...752.

weiterer Großspeicherwerke günstiger liegen und sich in radikaler Weise durch die Erstellung von Atomkraftwerken ändern. Da über kurz oder lang mit einer derartigen Entwicklung der Dinge zu rechnen ist, scheint es nicht abwegig, der elektrischen Raumheizung, insbesondere in Form von Decken-, Wand- und Fussbodenheizung, heute schon erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken und die noch erforderlichen Untersuchungen durchzuführen.

Weitere Literaturhinweise über elektrische Decken-, Wand- und Fussbodenheizung

1. Bussy, R. M.: Electric panel heating. Electr. Rev. Bd. 98 (1926).
2. Grierson, R.: Notes on electric warming with special reference to low temperature panel systems. Proc. Inst. Heat. & Vent. Engrs. Bd. 28(1929).
3. Speirs, C. W.: Electrical heating by radiation. Electr. Rev. Bd. 105(1929), Nr. 2696, S. 139...142.
4. Ritter, P.: Elektrische Heizungsanlagen in Wänden und Decken. Gesundh.-Ing. Bd. 58(1935), S. 754.

5. Bartelds, J. W.: Elektrische Raumheizung in der Provinz Utrecht, Holland. Elektrowärme Bd. 7(1937), Nr. 2. S. 31...34.
6. Schraeder, F.: Elektrische Raumheizung mit besonders günstigem Wirkungsgrad. Elektrowärme Bd. 7(1937), Nr. 8, S. 161...165.
7. Liebenstein, G. von: Erfahrungen mit der Bodenheizung «System Jaspers» in einem Wohnhaus. Elektrowärme Bd. 7(1937), Nr. 8, S. 165...168.
8. Linka, A.: Bericht über Erfahrungen mit elektrischen Speicher-Heizungsanlagen. Elektrowärme Bd. 7(1937), Nr. 8, S. 174...180.
9. Kind, W.: Elektrische Strahlungsheizung. Elektrotechn. Z. Bd. 58(1937), Nr. 29, S. 785...789.
10. Kind, W.: Die elektrische Deckenheizung. Elektr.-Wirtsch. Bd. 36(1937), Nr. 23, S. 528...532.
11. Jaspers, B.: Elektrische Raumheizung durch milde Wärmestrahlen, insbesondere Fussbodenheizung. Elektr.-Wirtsch. Bd. 36(1937), Nr. 23, S. 532...536.
12. Castner, E.: Elektrische Deckenheizung. Haustechn. Rdsch. Bd. 43(1938), S. 540.

Adresse des Autors:

M. Hottinger, Ingenieur, Privatdozent für Heizung und Lüftung an der Eidg. Techn. Hochschule, Voltastrasse 27, Zürich 7.

Ein Beitrag zur Kenntnis der Schaltungstechnik

Von Karl Oehler, Zürich

621.316.31

Zur systematischen Behandlung komplizierter Schaltvorgänge, die z. B. in Bahnsicherungsanlagen vorkommen, hat sich eine eigentliche Schaltungstechnik entwickelt. Sie bezweckt, diejenige Lösung einer gegebenen Schaltaufgabe zu finden, welche mit einem Minimum von Schaltkontakten auskommt.

In der vorliegenden Arbeit wird auf den Unterschied zwischen dem Stromlaufschaltplan und dem sonst üblichen Montage- oder Wirkschaltplan hingewiesen. An Hand eines als Beispiel gestellten allgemeinen Schaltproblems wird, ausgehend von einem Aufsatz von Edler, der Weg zur Lösung gezeigt und das Resultat in der Pfeilschen Strichschaltung dargestellt. Das Beispiel soll anregen, die Vorteile der Stromlaufschaltung bei der Behandlung schaltungstechnischer Probleme auszunützen.

Pour l'étude systématique de couplages compliqués, qui interviennent notamment dans les installations de sécurité des services ferroviaires, on a mis au point une technique particulière, dont le but est de fournir la solution qui exige le minimum de contacts.

M. Oehler mentionne tout d'abord la différence qui existe entre le schéma des courants et les schémas de montage ou de couplage usuels. Puis, à l'aide d'un problème général de couplage servant d'exemple, il indique la voie à suivre pour le résoudre, en partant d'un article de M. Edler, et expose le résultat obtenu par le couplage de Pfeil. Cet exemple est destiné à montrer les avantages qu'il y a à utiliser le couplage des courants pour la solution des problèmes de couplage.

Ueber die Schaltungstechnik sind schon eine ganze Reihe von Arbeiten erschienen¹⁾, die sich insbesondere zum Ziel setzen, die Vorteile der Anwendung des sog. Stromlaufschaltplanes darzutun. Es lassen sich sogar Normungsbestrebungen für diese Stromlaufschaltpläne verzeichnen (DIN/VDE 719). Die Stromlaufpläne unterscheiden sich von den sonst üblichen Montage- oder Wirkschaltplänen im wesentlichen dadurch, dass nicht der räumliche (mechanische) Zusammenhang der Schaltelemente, sondern der elektrische Zusammenhang dargestellt wird. Einzig diese Darstellung entspricht dem Erfordernis eines «Schalt»planes, aus dem in erster Linie hervorgehen soll, durch welche Schaltelemente und in welcher Weise die verschiedenen Stromkreise beeinflusst werden.

Was jedoch den Aufbau einer Schaltung mühsam macht, ist der Weg von der gestellten Bedingung bis zum Schaltplan, auch wenn für diesen eine möglichst einfache und übersichtliche Darstellung gewählt wird.

Die Aufgabe besteht auch hier, wie überall in der Technik, darin, dass eine Lösung gefunden

wird, die mit einem Minimum an Mitteln auskommt, d. h. sowohl die Zahl der Kontakte, als auch die Zahl der nötigen Verbindungsleitungen soll möglichst klein sein. Da die Verbindungsleitungen unter Umständen sehr teuer sein können (Kabel), wenn die Schaltelemente, die auf einen Stromkreis einwirken, weit auseinander liegen, so ist es bei der Wahl unter den verschiedenen Lösungen gelegentlich nötig, diejenige mit mehr Kontakten, aber weniger Verbindungsleitungen vorzuziehen.

Die heute meist angewendete Methode für den Aufbau eines Schaltplanes besteht darin, die einzelnen nicht gleichzeitig möglichen Stromläufe aufzuzichnen, die der gestellten Schalt-Bedingung entsprechen, und nachträglich durch Zusammenziehen gemeinsamer Stromkreisteile (Kürzung) zu einer Schaltung zu gelangen, die die gestellte Aufgabe mit möglichst geringem Aufwand an Kontakten und Verbindungsleitungen löst. Dabei muss man sich auf das Probieren verlassen, wenn man das Minimum an Aufwand feststellen will. Jedem, der sich intensiv mit solchen Problemen abgibt, ist es jedoch wahrscheinlich schon aufgefallen, dass es einige wenige Gesetzmässigkeiten gibt, deren Kenntnis das Auffinden der Lösung erleichtert und sogar gestattet, für gewisse Schaltungsprobleme allgemein

¹⁾ R. Edler: Der Weg von den Schaltbedingungen zum Stromlaufschaltplan (mit Literaturverzeichnis). E und M Bd. 62 (1944), Nr. 3/4, S. 30...52.