Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 9 (1918)
Heft: 6

Artikel: Einiges über elektrische Speicheröfen für Raumheizung : aus den Arbeiten der Kommission für Heiz- und Kochapparate
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057188

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: 22.08.2025

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Erscheint monatlich mit den Jahres-Beilagen **„Statistik der Starkstromanlagen der Schweiz"** sowie **„Jahresheft"** und wird unter Mitwirkung einer vom Vorstand des S. E. V. ernannten Redaktionskommission herausgegeben.

Alle den Inhalt des „Bulletin" betreffenden Zuschriften sind zu richten an das

Generalsekretariat
des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins,
Neumühlequai 12, Zürich 1 - Telephon: Hottingen 37.08

Alle Zuschriften betreffend Abonnement, Expedition und Inserate sind zu richten an den Verlag:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.,
Hirschengraben 80/82 Zürich 1 Telephon Hottingen 36.40

Publié sous la direction d'une Commission de Rédaction nommée par le Comité de l'A. S. E.

Ce bulletin paraît mensuellement et comporte comme annexes annuelles la **„Statistique des installations électriques à fort courant de la Suisse"**, ainsi que l'**„Annuaire"**.

Prière d'adresser toutes les communications concernant la matière du „Bulletin" au

Secrétariat général
de l'Association Suisse des Electriciens
Neumühlequai 12, Zurich 1 - Telephon: Hottingen 37.08

Toutes les correspondances concernant les abonnements, l'expédition et les annonces, doivent être adressées à l'éditeur:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A.
Hirschengraben 80/82 Zurich 1 Téléphone Hottingen 36.40

Abonnementspreis
für Nichtmitglieder inklusive Jahresheft und Statistik:
Schweiz Fr. 15.—, Ausland Fr. 25.—.
Einzelne Nummern vom Verlage Fr. 1.50 plus Porto.

Prix de l'abonnement annuel (gratuit pour les membres de l'A. S. E.), y compris l'Annuaire et la Statistique, Fr. 15.— pour la Suisse, Fr. 25.— pour l'étranger.
L'éditeur fournit des numéros isolés à Fr. 1.50, port en plus.

IX. Jahrgang
IX^e Année

Bulletin No. 6

Juni
juin 1918

Einiges über elektrische Speicheröfen für Raumheizung.

Aus den Arbeiten der Kommission für Heiz- und Kochapparate.

Vom Generalsekretariat.

Zweck der vorliegenden Schrift soll sein, unsere Elektrizitätswerke und Fabrikanten *in vorläufiger Weise* auf einige Punkte aufmerksam zu machen, die für die erfolgreiche *Herstellung und Anwendung elektrischer Akkumulieröfen* wichtig sind, aber bisher zum Teil nicht genügend beachtet wurden. Wir brauchen dabei nicht besonders hervorzuheben, dass diese Sache für die Schweiz sehr aktuell, ja dringlich ist. Die ungeheure Steigerung der Preise und die immer geringer werdende Zufuhr der Kohle machen es unvermeidlich, auch zur Heizung soweit möglich hydroelektrische Energie heranzuziehen, und da die letztere nun auch für Licht- und Kraftzwecke knapp wird und für diese Anwendungen immer noch im Werte höher steht, wird es zur Notwendigkeit, *zum Heizen lediglich noch überschüssige Nachtenergie zu verwenden unter Aufspeicherung in Wärmeform in sogenannten Akkumulier-Oefen.*

Die ganze Frage wurde im Auftrag der Kommission für Koch- und Heizapparate seit längerer Zeit von uns theoretisch und durch Versuche studiert und alle Neuerscheinungen auf dem Gebiete geprüft. Verschiedene Umstände zwingen jedoch, einen *vollständigen Bericht* mit den theoretischen Entwicklungen und allen Versuchsergebnissen über die Materie erst in einem etwas späteren Zeitpunkt erscheinen zu lassen. Indem wir uns diese ausführlichen Darlegungen vorbehalten und heute lediglich die Durchführung dieser Studien feststellen, möchten wir vorläufig nur das für die praktischen Bedürfnisse Dringlichste aus unseren Ergebnissen zur Kenntnis bringen.

Wir sehen zunächst davon ab, die Fälle des *Ersatzes einer Zentralheizung* auf elektrischem Wege zu besprechen. Wir wiesen an anderer Stelle [1]) darauf hin, dass dafür heute verschiedene bewährte Methoden zur Benützung von Nachtkraft unter Wärmeak-

[1]) Bulletin 1917, Seite 310.

kumulierung bestehen, teils unter Verwendung von Wasser[2]) als Speicherkörper, teils mit festen Körpern und zirkulierendem Oel[3]). Stets handelt es sich dabei um Anlagen, die an Raumbedarf und Kosten bedeutend sind und nur für ganze Häuser in Betracht kommen. Wir beschränken uns auf den einfacheren, in grosser Zahl vorkommenden Fall der *Heizung einzelner Zimmer.*

Für die Raumheizung durch Einzelöfen kommt als erstes die *Wahl der Grösse, bezw. Leistungsfähigkeit des Ofens* in Betracht. Man spricht einer bestimmten Ofengrösse gewöhnlich eine *„Heizkraft* von so und so viel m³ Zimmerraum" zu. Schon hierbei stösst man bei Angaben über elektrische Oefen auf Zahlen, die schlecht zur Wirklichkeit stimmen, obwohl die Theorie und Praxis der Raumheizung seit Jahrzehnten auf einer hohen Stufe der Vollkommenheit steht und man ihre Angaben nur auf die elektrischen Grössen umzurechnen braucht. Schon das bekannte Handbuch *„Die Hütte"*[4]) gibt dafür alle nötigen Daten, deren Herleitung zum Beispiel in dem vorzüglichen Lehrbuch von *Rietschel*[5]) zu finden ist.

Die „Heizung" eines Raumes hat die aus ihm nach der kälteren Umgebung abgehende Wärme zu ersetzen. Die letztere ist aus Wärme-Durchgangskonstanten, die für die verschiedenen Arten der Umwandung allgemein ermittelt wurden, berechenbar. Sie hängt natürlich von den Aussen- und den Umgebungstemperaturen überhaupt ab; erheblich wirkt auch die Fensterfläche ein und dergleichen mehr. Daher können Angaben über die erforderliche *Wärmeleistung pro m³ des Zimmerraums* eigentlich von vorneherein nur sehr ungenaue sein und nur innert gewissen Verhältnissen einige Gültigkeit haben.

Die Zahlen, welche die bei bekannten Verhältnissen stündlich aus einem Zimmer nach aussen abgehenden und zu ersetzenden Wärmemengen angeben, können zum Beispiel in Kalorien per Stunde ausgedrückt werden; bei der elektrischen Heizung werden solche stündlich zuzuführende Wärmemengen am besten unmittelbar als eine bestimmte *elektrische Leistung in kW,* umzurechnen auf der Basis: 1 kWh = 860 Cal, angegeben. *Für mittlere Verhältnisse,* wie sie etwa in *Wohnungen* vorkommen, kann gesagt werden, dass (je nachdem weniger oder mehr Wand- und Fensterfläche direkt ans Freie grenzt, die Nebenräume mehr oder weniger geheizt sind und dergleichen) *zur Heizung,* d. h. zum Ersatz der abgehenden Wärme *fortdauernd nötig ist* für typische Zimmer von zirka

	40,	50,	60,	75 m³ Rauminhalt eine *ständige Leistung*
in der *Uebergangszeit*				
von zirka	0,5 ÷ 1	0,6 ÷ 1,2	0,7 ÷ 1,4	0,9 ÷ 1,8 kW oder zirka 12 ÷ 26 W/m³
im *Winter* gewöhnlich				
von zirka	0,6 ÷ 1,6	0,8 ÷ 1,4	1,0 ÷ 2,2	1,3 ÷ 2,8 kW oder zirka 15 ÷ 42 W/m³
im *strengsten Winter*				
von zirka	0,9 ÷ 2,3	1,3 ÷ 2,7	1,4 ÷ 3,0	1,9 ÷ 3,9 kW oder zirka 23 ÷ 58 W/m³

Da bei der direkten elektrischen Heizung mit im Zimmer aufgestelltem Ofen die gesamte elektrische Energie als Wärme ins Zimmer geht, geben diese Zahlen also unmittelbar *die fortwährend Tag und Nacht ohne Unterbruch aufzunehmende elektrische Leistung eines ständig direkt wirkenden Ofens;* diese beträgt demnach für gewöhnlichen Winterbedarf im Mittel mindestens etwa *30 bis 40 Watt pro m³,* und wenn auch an *kältesten Wintertagen* annehmbare Zimmertemperatur erhalten werden soll, nach Umständen etwa *40 bis 60 W/m³.*

Demgegenüber trifft man in Prospekten Angaben über die „Heizkraft" (*ohne* Vorbehalt der Jahreszeit), *die wesentlich kleiner sind.* Es werden Oefen als Speicheröfen für bestimmte Zimmergrössen angeboten, bei denen sogar die, ja nur während eines kleinen Teils (gewöhnlich 1/3) der 24 Stunden des Tages aufgenommene *Lade*-Leistung ähnlich oder sogar kleiner ist als die vorgenannten *dauernd* aufzuwendenden Effekte, während sie ent-

---

[2]) Bulletin 1917, Seite 130 und fg.
[3]) Bulletin 1917, Seite 310.
[4]) Neuere Resultate enthält die 21. Auflage in ihrem III. Teil.
[5]) Leitfaden zum Berechnen von Lüftungs- und Heizungsanlagen. Verlag von J. Springer, Berlin.

sprechend der verkürzten Ladezeit im allgemeinen ungefähr dreimal grösser sein sollte. Nimmt man auf ungleiche Verteilung der Wärmeabgabe über die verschiedenen Stunden des Tages zunächst noch keine Rücksicht, so muss doch ein *Speicherofen* innerhalb der täglich einmaligen Ladeperiode mindestens dieselbe Wärmemenge in Kalorien bezw. elektrische Energie in Kilowattstunden aufnehmen, die er in den 24 Stunden des ganzen Tages ins Zimmer abgeben soll. Für ein Zimmer von 50 m^3 braucht man nach obigem im gewöhnlichen Winter beispielsweise im Mittel eine *Tageswärmemenge* von ungefähr $24^{h} \times 1250^{W} = 30$ kWh. Beträgt bei Verwendung eines Speicherofens die Zeit der „Ladung", d. h. der Strombeschickung täglich 8 Stunden, wie das bei Benützung von reinem *Nachtstrom* ungefähr der Fall sein wird, so muss die Ladeleistung $30^{kWh} : 8^{h} = 3{,}75$ kW betragen; sie muss eben 24 : 8 = 3 mal so gross sein wie die permanente (24 stündige) Leistung eines direkt heizenden Ofens, die für jenes Zimmer von 50 m^3 im gewöhnlichen Winter zirka 1,25 kW beträgt.

Für *mittlere Verhältnisse von Nachtkraft-Speicheröfen* kommt man also für Zimmer von *40, 50, 60, 75 m*^{3} Rauminhalt
auf (8 stündige) *Lade*-Leistungen des Ofens
für Uebergangszeiten:
von zirka 1,5 ÷ 3 1,8 ÷ 3,6 2,1 ÷ 4,2 2,7 ÷ 5,4 kW oder zirka 35 ÷ 75 W/m^3
für gewöhnlichen Winter:
von zirka 1,8 ÷ 4,8 2,4 ÷ 4,2 3,0 ÷ 6,6 3,9 ÷ 8,4 kW oder zirka 45 ÷ 125 W/m^3
für strengsten Winter:
von zirka 2,7 ÷ 6,9 3,9 ÷ 5,1 4,2 ÷ 9,0 5,7 ÷ 11,7 kW oder zirka 70 ÷ 170 W/m^3

Diese, aus der Technik der Brennstoffheizung genommenen Zahlen finden sich vollauf bestätigt durch praktische Dauerbetriebe mit elektrischen Speicheröfen in Wohnungen und dergleichen. In Fabriken und Werkstätten kommt man oft mit wesentlich geringeren Leistungen aus, weil die späten Abendstunden keine Heizung mehr bedürfen und die maschinellen Arbeitsprozesse selbst zum Teil erhebliche Wärmemengen produzieren.

Die meisten *bisher zur Anwendung gekommenen Einzelspeicheröfen haben nun wesentlich kleinere Leistungen* als vorhin angegeben. Wenn sie trotzdem beliebt sind und ihre Besitzer sich befriedigt darüber aussprechen, so liegt dies zumeist in ihrem grossen, hochgeschätzten Vorteil des Wegfalls jeder Bedienung, sowie darin, dass die Brennstoffheizung gewöhnlich daneben bestehen bleibt und gelegentlich nachhelfen kann, und zwar, weil nur selten nötig, ohne wesentliche Kosten. Dieses Verfahren, *den elektrischen Speicherofen nicht für vollständigen Ersatz anderer Heizung auch an den kältesten Wintertagen zu bestimmen, sondern zu solchen Zeiten ausnahmsweise Nachhilfe durch Brennstoffheizung zu leisten, mag auch weiterhin manchenorts als durchaus wirtschaftlich zur Anwendung kommen;* denn manche Elektrizitätswerke werden angesichts der Unmöglichkeit, heute ihre Leitungsnetze oder die Kraftwerke mit stärkern Leistungen zu belasten, sich im nächsten Winter darauf beschränken wollen oder müssen, die Aufstellung von Akkumulieröfen für die bei ihnen abonnierten Haushaltungen oder Bureaux nur für Leistungen bis höchstens *2* oder *3* kW pro Abonnent zuzulassen, selbst bei wirksamer Einschränkung des Strombezugs ausschliesslich auf die Nachtstunden. Auch *das* mag uns in der Schweiz heute wirtschaftlich schon sehr viel helfen. Der Abonnent muss dann aber *wissen*, dass er seinen alten Ofen nicht entfernen darf und gerüstet sein muss, mindestens an kalten Tagen dort mit Brennstoff nachzuhelfen. *Wo aber der elektrische Speicherofen den Brennstoffofen wirklich vollständig ersetzen soll, darf nicht mehr mit jenen zu geringen Ofenleistungen gerechnet werden.* Das würde allen Teilen, den Konsumenten durch Störung von Arbeitsfähigkeit und Gesundheit, den Fabrikanten und den Elektrizitätswerken durch Verminderung des Absatzes in der Zukunft, der Volkswirtschaft durch Ausbleiben weiterer Entwicklung dieses Ersatzes von Brennstoff durch Wasserkraft, empfindlich schaden. Elektrizitätswerke wie Fabrikanten sollten es sich zur Pflicht machen, den Konsumenten durch Angaben, die der Wirklichkeit entsprechen und nicht allzu optimistisch gefärbt sind, vor Illusionen zu bewahren; als *„kurante Typen" von Speicheröfen sollen vor allem auch solche für grössere Leistungen als bisher gebaut werden.*

Grössere Leistungen erfordern nun allerdings auch *an Volumen erheblich grössere Oefen.* Die Einführung solcher durch die Fabrikanten ist wohl bislang an der Gewohnheit des Publikums gescheitert, einen elektrischen Ofen schlechthin als etwas relativ kleines, leichtes, womöglich tragbares anzusehen, das auch in der Anschaffung recht billig war. Man nahm diese Begriffe von den *direkt* beheizenden, meist transportablen elektrischen Nachhilfe-Oefen und gab sich bisher nicht die Mühe, die Anschauung darauf zu lenken, dass ein Ofen, der eine ansehnliche Wärmemenge *speichern* muss, ganz gleichgültig ob diese auf elektrischem Wege oder durch Verbrennung erzeugt wird, ein gewisses *Körpervolumen* haben muss, was jedermann an den alten, in die Zimmer eingebauten Kachelofen sehen kann, die man früher überall hatte, heute aber fast nur noch in den Bauernstuben trifft. Dem Konsumenten muss und sollte darnach leicht klar gemacht werden können, dass ein *wirklicher Speicherofen,* der z. B. *nur Nachts Strom aufnehmen* soll, unabänderlich ein nicht transportables, schweres, grosses und einigermassen entsprechend teures Stück sein muss. Manche heutigen Erzeugnisse zeigen, dass man dieser unangenehmen Wahrheit aus dem Wege zu gehen versucht. Selbstverständlich ohne Erfolg, vielmehr zum Schaden der Sache, vor allem der *Sicherheit und Solidität* solcher Oefen.

Zu einer bestimmten Ladeleistung in kW gehört vor allem eine in relativ engen Grenzen bestimmte, Wärme in den Raum abgebende *Oberfläche des Ofens.* Gegen das Ende der Ladeperiode eines Speicherofens, zu welcher Zeit seine Teile die höchsten vorkommenden Temperaturen annehmen, nimmt der Ofen im allgemeinen von der in ihn gelieferten Energie nur noch einen kleinen Teil akkumulierend auf; der grössere Teil, oft fast die ganze Ladeleistung, wird in diesem Zustande, bei den höchsten Temperaturen, direkt durch die Oberfläche nach aussen abgegeben. Die pro Zeiteinheit von der Oberfläche durch Leitung (Konvektion) und Strahlung in den Raum *abgegebene* Wärmemenge (gemessen z. B. in Kalorien pro Stunde oder in Watt), die wir den *„Wärmeeffekt"* nennen können, ist nun der Oberfläche proportional, hängt im übrigen einigermassen, aber nicht sehr bedeutend, von der Lage der Flächen (vertikal, horizontal, unten, oben) und dem Material der Flächen (Metall, Gestein usw.), mehr von ihrer Art (glatt, rauh), hauptsächlich aber und in komplizierter aber *eindeutiger Weise von der Temperatur* der Oberfläche und der (praktisch aber immer etwa zwischen 12° und 20° C anzunehmenden) Umgebungstemperatur ab. *Zu einem bestimmten Wärmeeffekt pro dm² Oberfläche gehört daher eine in engen Grenzen* (je nach Oberflächenart und gewünschter Zimmertemperatur) *liegende Oberflächentemperatur.* Die letztere darf nun aber nicht beliebig sein, schon aus Gründen der Erhaltung des Materials, noch mehr aber aus *hygienischen* Gründen. Als *maximale Oberflächentemperatur* wird mit Rücksicht auf Verbrennungsgefahr für die Menschen, namentlich für Kinder, vielfach eine solche von *nicht über 100°* verlangt, die ja auch bei Heisswasser- und Dampfheizungen eingehalten wird. Dies ist nun vielleicht etwas weit gegangen, aber jedenfalls dürfte die maximale Oberflächentemperatur schon mit Rücksicht auf Staubverbrennung *nicht über 120 ÷ 140° C* betragen. Bei dieser Temperatur treten nun durch Gesteins- oder rauhe Metalloberflächen, wie sie hier in Betracht kommen, *pro dm² ungefähr 10 ÷ 16 W Wärmeeffekt aus.* Hat der Ofen im Verhältnis zum austretenden Wärmeeffekt, der bei richtig gebauten brauchbaren Akkumulieröfen nach 8 Stunden Ladezeit etwa 70 ÷ 80 % der Ladeleistung erreicht, *zu kleine Oberfläche,* d. h. überschreitet das Verhältnis des austretenden Wärmeeffekts in Watt zur Oberfläche in dm² jene Zahl von etwa 10 ÷ 16, so wird die *Oberflächentemperatur des Ofens zu hoch,* übersteigt jene 120 ÷ 140°.

Für die gewöhnlich vorkommenden Gesteins- und rauhen Eisenflächen kann also *im Mittel* gesagt werden: für hygienisch nicht zu heisse Oefen muss die *Regel* eingehalten werden, dass *für jedes Watt des Höchstbetrages des austretenden Wärmeeffekts mindestens 6 ÷ 10 cm² Wärme abgebende, äussere Oberfläche des Ofens,* (nach der Zimmerluft hin) vorhanden sind.

Unter den von uns geprüften Akkumulieröfen finden sich solche mit wesentlich höheren Temperaturen. Ein Ofen, den wir mit J bezeichnen wollen, hat im dauernden Lade- und Entladebetrieb unmittelbar nach der 8 stündigen „Aufladung", d. h. zur Zeit, da die Temperaturen am höchsten sind, an der berührbaren Oberfläche 155°, ein anderer

(G) zirka 165° C, ein weiterer (B) wird oberflächlich bis 190° C und noch ein anderer (K) bis 222° C warm. *Derartige Temperaturen sind schon aus hygienischen* Gründen *unzulässig;* diese Oefen sind für die ihnen zugemutete Leistung einfach *zu klein.* Sie weisen denn auch 18 und über 20 W/dm^2 spezifischen Austrittseffekt auf.

Für Akkumulieröfen, bei denen, entsprechend etwa normalen Verhältnissen, täglich *achtstündige Strombeschickung* und sechzehnstündige „Entladung" angewendet wird und bei denen also die Ladeleistung in kW das Dreifache des weiter oben angegebenen ununterbrochenen Heizeffekts für das betreffende Zimmer sein muss, fanden wir nun für die *gewöhnlichen, mittleren Winterverhältnisse Ladeleistungen* von 45 bis 125 W/m^3 Rauminhalt des Zimmers. Nach dem bereits Gesagten erreicht hiebei der *austretende* Wärmeeffekt zur Zeit des Maximums ungefähr 70 ÷ 80 % nach 8 stündiger Ladung, so dass die *Rücksicht auf hygienische Oberflächentemperatur* für Akkumulieröfen, die unter diesen Verhältnissen für Zimmer von

40, 50, 60, 75 m^3 Rauminhalt

dienen müssen, *minimale äussere Oberflächen* von zirka:

120 ÷ 300 150 ÷ 375 180 ÷ 450 225 ÷ 560 *dm*^{2} notwendig sind.

Will man, um *besonders hygienische* und z. B. auch gegen Berührung durch Kinder ganz harmlose Oefen haben, bei denen die Oberfläche *höchstens 80 ÷ 100° C* erreicht, so darf der flächenspezifische Wärmeeffekt an der Oberfläche nur etwa 5 ÷ 8 W/dm^2 betragen; es müssen für jedes Watt austretenden Wärmeeffektes 12 ÷ 20 cm^2 Oberfläche vorhanden sein, d. h. die Ofenoberflächen müssen gegenüber obigen Werten ungefähr *verdoppelt* werden.

An Hand dieser Zahlen ist leicht zu beurteilen, für welche Zimmergrösse ein vorliegender elektrischer Akkumulierofen bei jenen Temperaturen ausreichen kann.

Die meisten bisher als normale Zimmer-Akkumulieröfen auf den Markt kommenden elektrischen Oefen sind solche von kleineren Oberflächen als vorgenannte; letztere bewegen sich in der Hauptsache etwa von 85 bis 160 und gehen höchstens auf zirka 200 dm^2; sie entsprechen daher erst der *kleinsten* oben angenommenen Ofen- und Zimmergrösse.

Die reine Anwendung des Nachtstrom-Akkumulierofens zur alleinigen Zimmerheizung verlangt also Oefen wesentlich grösserer Oberfläche (und damit Volumens) als bisher im allgemeinen gebaut wurden.

Man hat sich offenbar auch hierin zu sehr an die Verhältnisse der *direkt* heizenden elektrischen Oefen gehalten. Ein solcher muss aus seiner Oberfläche lediglich den (weiter oben in Beziehung zur Raumgrösse angegebenen) *permanent* notwendigen Wärmeeffekt abgeben, während beispielsweise ein Akkumulierofen, der nur während 8 Stunden des Tages Strom aufnimmt, bei gleicher Temperatur der Oberfläche eine rund dreimal grössere Ladeleistung haben muss.

Das *Speicherungsvermögen* eines Akkumulierofens wird in seinem Wert durch die während der „stromlosen Zeit" eines Tages abzugebende Wärmemenge bestimmt. Selbstverständlich hängt dessen Grösse von der *Art des Aufladens* und damit von den *Bedingungen für die verbilligte Nachstromabgabe* ab. Die meisten Werke haben sich bisher damit begnügt, den besonders billigen Preis für Nachtstrom (etwa als dritte, billigste Stufe beim *Dreifachtarif)* von nachts zirka 9 oder 10 Uhr bis früh morgens 5 bis 6 Uhr, d. h. während *7 bis 8 konsekutiven Nachnachtstunden,* eintreten zu lassen, manche auch erst von Mitternacht an. Für eine auch nur einigermassen rationelle Akkumulierheizung müssten *allermindestens 8 Stunden* lang diese Oefen mit Strom beschickt werden können, und zwar, um möglichst wenig von der Wärme unnütz zu verlieren, bis *möglichst spät am Morgen.* Es dürfte wohl (Ausnahmen können bestehen) den meisten Werken ohne Steigerung ihrer Morgenspitzen oder andere wesentliche Nachteile möglich sein, diese billige Nachtstromzeit *bis 6 Uhr morgens* (anstatt wie bisher manchenorts nur bis 5 oder 5½ Uhr) auszudehnen; bei der Mehrzahl der Werke wäre wohl auch der sehr wünschenswerte *Beginn schon abends 9 Uhr,* anstelle der bisherigen Stunde 10 oder gar 12 Uhr nachts, ohne Schaden möglich. Eine ganz erhebliche Erleichterung des Speicherungsproblems könnte

geschaffen werden, wenn die Werke sich da wo es möglich ist, entschliessen würden, *noch während einer Stunde über Mittag das Nachladen zum billigsten Tarif zu gestatten.* Die Benützung der übrigen Stromverbraucher würde das gewiss an vielen Orten gestatten, wenn die Zeit den Verhältnissen angepasst würde. Wo dies bisher geschah, ist meist die Stunde von *12 bis 1 Uhr* dafür angesetzt worden. Wenn angängig, würde *12½ bis 1½ Uhr* noch etwas *günstiger* dafür sein, weil dadurch die sehr schwierige Erhaltung genügenden Wärmeeffekts an den späten Abendstunden, die in *Wohnungen* verlangt werden muss, eher möglich würde.

Im günstigsten Fall kann also, mit Inbegriff einer Mittagsstunde, auf *10 Stunden Ladung im Tage* gerechnet werden, oft aber nur auf wesentlich weniger, so dass die *Speicheröfen für normal etwa 8 Stunden Ladung und 16 Stunden Entladezeit gebaut* werden sollten. Ist nun der ständige Wärmeeffekt, der einem Zimmer zur Erhaltung der Temperatur vom Ofen fortwährend zuzuführen ist, = P Kilowatt (nach dem weiter oben Gesagten im Mittel etwa 25 bis 50 W pro m^3), so muss der Ofen während 24 Stunden eine Energie von $24 \times P$ kWh abgeben; soviel muss er also während der 8 Stunden Ladung mindestens auch aufnehmen, auch wenn man zunächst auf die ungleiche Verteilung der Abgabe über die Zeit keine weitere Rücksicht nimmt. Nennt man die Ladeleistung = P_l (in kW), so muss daher

$$8 \cdot P_l = 24\ P$$

sein, oder $P_l = 3\ P$ oder eher grösser. Von der aufgenommenen Energie = $8^h \cdot P_l^{kW}$ muss aber auch ein genügender Teil = Q_c während der Ladung wirklich *aufgespeichert* werden; ein Teil des Aufgenommenen wird auch in dieser Zeit unmittelbar wieder aus dem Ofen abgegeben. Wollen wir z. B., dass während der „Entladezeit" T_e der Ofen wenigstens *durchschnittlich* jenen erforderlichen permanenten Wärmeeffekt P dem Zimmer ersetze, so müsste $Q_c \geqq P\ T_e$ sein, wenn die Entladezeit = $T_e = 24^h - T_l^h$ ist (T_l = Ladezeit). Es liefert daher das Verhältnis $\frac{Q_c}{P} = T$, das wir die *„ideale Entladezeit"* nennen wollen, ein *Mass der relativen Speicherfähigkeit* des Ofens, das unmittelbar erkennen lässt, ob der Ofen für die gewünschte Entladedauer und -Leistung genügt. Denn diese *„ideale Entladezeit" muss mindestens gleich der wirklich verlangten* sein. Darin ist also Q_c die während der Ladezeit wirklich erzielte Aufspeicherung an Energie, und $P = \frac{P_l\ T_l}{24}$ der auf 24 Stunden gleichmässig verteilt gedachte, permanente Wärmeeffekt, den die Raumheizung erfordert.

Wir haben durch die im Hauptberichte darzulegenden theoretischen Betrachtungen Methoden entwickelt, um durch einfache Temperaturbeobachtungen alle charakteristischen Eigenschaften derartiger Speicheröfen zahlenmässig festzustellen. Die *Ergebnisse an den bisher untersuchten Oefen* ergeben über ihre Eigenschaften vollständige Klarheit und stehen in vollkommener Uebereinstimmung mit den Erfahrungen vorgenommener praktischer Erprobungen.

Dabei zeigt sich nun vor allem, dass *auch die relative Speicherfähigkeit der meisten untersuchten Oefen zu klein ist*, diese grösstenteils noch nicht als reine Akkumulieröfen für unsere Verhältnisse gelten können. Für die Annahme *achtstündiger Ladung*, bei der also die „ideale Entladezeit" T mindestens 16 Stunden betragen sollte, ergibt der in dieser Beziehung sehr gute Ofen A (ein solcher mit festem Specksteinkern und Specksteinmantel) für $P_l = 2{,}13$ kW mittlere Ladeleistung, ein $T = 10{,}7^h$, ein einfacher Sandofen mit Blechmantel (F) bei $P_l = 1{,}4$ kW sogar ein $T = 13^h$. Wesentlich weniger erreicht ein Speckstein-ofen ohne Kern (E), nämlich $T = 4{,}2^h$, und tief bleibt auch mit $T = 5^h$ ein aus einer einfachen durchbohrten Specksteinplatte hergestellter Ofen (B), der allerdings auch (und wohl vorzugsweise) für *direkte* Heizung bestimmt ist (mit $P_l = 1{,}8$ kW). Ein Sand-Kachelofen (G), der für $P_l = 2{,}7$ kW relativ sehr wenig Material enthält, bleibt deshalb auf $T = 9{,}8^h$. Auch ein Kern-Specksteinofen der für sein $P_l = 4{,}0$ kW etwas zu wenig Masse enthielt (C), erreichte bei diesem Wert und bei normaler Beanspruchung (D) mit nur $P_l = 2{,}4$ kW $T = 10{,}3 \div 11{,}5^h$. Der Wert hätte bei geeigneter Dimensionierung noch höher gebracht werden können. Ein Kachelmantelofen ohne wesentliche Füllung wies bei der einen Leistung von 2,3 kW (J) nur $T = 5{,}4^h$ auf.

Die mangelnde Speicherfähigkeit mancher bisher konstruierter Oefen hat verschiedene Gründe. Gelegentlich liegt sie lediglich in einer unzweckmässigen Verteilung des Materials bezw. der Heizwiderstände und daheriger ungenügender Ausnützung der zulässigen Temperaturen. Im Ofen (E) z. B. sind die Heizwiderstände zwar im geschlossenen inneren Hohlraum des Ofens plaziert, aber frei in der Luft und ohne Kontakt mit dem festen Akkumulierkörper, sodass zwischen letzterm und dem Widerstandsdraht ein sehr starkes Temperaturgefälle eintritt und, obwohl am Widerstand hohe Temperatur vorhanden ist, der Speicherkörper nur geringe annimmt. Wieder bei andern Oefen (J und z. T. auch bei G) finden sich die Widerstände ringsum nahe der Oberfläche verteilt, so dass trotz zu hoher Oberflächentemperatur nur mässige Mitteltemperaturen des Speicherkörpers wirken. Derartige Anordnungen sind gänzlich verfehlt. *Die Heizwiderstände müssen möglichst im Innern und in möglichst gutem Kontakt mit dem Speicherkörper angebracht werden.*

Bei den meisten untersuchten Oefen fehlt es aber an der *Menge des Speichermaterials;* schon das Volumen des Speicherkörpers ist zu klein. Die notwendige minimale Grösse dieses Volumens lässt sich leicht ungefähr übersehen. Die während der Ladung aufzuspeichernde Wärmemenge ist einerseits gleich der während der Entladezeit abzugebenden, anderseits gleich dem Produkt aus dem Volumen, dem spezifischen Gewicht und der spezifischen Wärme des Speicherkörpers mit der (mittleren) Uebertemperatur, welche dieser nach der Aufladung aufweist gegenüber der niedrigen (mittleren) Temperatur, auf die man ihn bei jeder „Entladung" abkühlen lassen will. Diese mittlere Uebertemperatur lässt sich ungefähr wie folgt abschätzen: Die mittlere Temperatur des Speicherkörpers nach der Aufladung ist im besten Falle ungefähr das Mittel zwischen der höchstzulässigen Oberflächentemperatur von zirka 120° bis 140° und der Temperatur zunächst am Heizwiderstand, die bei bestmöglicher Anordnung nicht sehr weit unter derjenigen der letztern selbst liegt. Rechnet man mit allergünstigsten Umständen, so kann bei Widerständen aus Eisendraht mit einer Höchsttemperatur von zirka 400°, bei Chromnickel- und Konstantandraht von zirka 600° gerechnet werden. Denkbar ist auch die Verwendung von Silundumstäben, bei denen man unter Umständen dauernd bis 900° gehen kann. Speckstein und noch bestimmte andere Gesteinsarten können ähnliche Temperaturen, wie soeben für Eisen und Konstantandrähte angegeben, aushalten; diese Stoffe in Pulverform, d. h. passende Sandsorten u. dgl. können unter günstigsten Umständen in unmittelbarer Berührung mit jenen Widerstandsdrähten beinahe deren Temperatur als höchste annehmen, gewisse Sandarten wohl auch ebenso diejenigen von Silundumstäben. Bei Verwendung der Speicherkörper in massiver Form wird deren Höchsttemperatur stets noch erheblich unter derjenigen der Widerstände bleiben. Endlich wird die Abkühlung, wenn merklicher Wärmeeffekt bis zum Schluss vorhalten soll, nicht bis Zimmertemperatur, sondern nur bis auf einen noch erheblich darüber liegenden Grad stattfinden dürfen. Aus alledem ergeben sich rund gerechnet etwa folgende *„wirksame mittlere Uebertemperaturen" des Speichermaterials:* Bei Verwendung von Eisenwiderständen etwa 180° bis 200°, bei Konstantan etwa 280° bis 320°, wobei die untere Zahl für massive Gesteine, die obere höchstens für pulverförmige Speicherkörper erreichbar ist; für die letzteren kann eventuell bei Silundumwiderständen mit zirka 450° wirksamer Uebertemperatur gerechnet werden. Dazu kann man ferner ungefähr annehmen: Spezifisches Gewicht für Speckstein und ähnliche Gesteine = zirka 2,5; für Sand = zirka 1,1; spezifische Wärme für Speckstein = 0,22, für Sand = 0,21 (bei den in Betracht kommenden Temperaturen); spezifische Wärme pro dm^3 für die ersteren Materialien demnach zirka = 0,66 und für die letzteren zirka = 0,23. Das *höchst erreichbare spezifische Speichervermögen dieser typischen Ofenbauarten* würde sich demnach ergeben:

Für Speckstein und ähnliche Speicherkörper zu zirka 150 ÷ 185 Cal/dm^3 oder zirka *175 ÷ 215 Wh/dm^3*,

für Oefen aus Sand und ähnlichem Material zu zirka 60 ÷ 75 Cal/dm^3 oder zirka *70 ÷ 80 Wh/dm^3*,

je nachdem mit Eisenwiderständen oder mit Konstantandraht etwas niedrigere oder etwas höhere innere Temperaturen angewendet werden können.

Bei Verwendung von Sand in direkter Berührung mit Silund von etwa 900° liessen sich Speichervermögen von etwa 100 Cal/dm^3 oder zirka *120 Wh/dm^3* erzielen.

Diese günstigst möglichen Zahlen ergeben nun z. B. unter der Annahme täglich achtstündiger Ladung für die oben angenommenen typischen Zimmergrössen von 40 bis 75 m^3 (für welche die Ladeleistung der Oefen sich etwa in der Grössenordnung 3 bis 5 kW bewegt) und für Speicheröfen, die durchgehend aus demselben Material bestehen, Volumina des einheitlichen Speicherkörpers von der Grössenordnung:

60 bis 200 dm^3 für Speckstein und Konstantandraht bezw. 75 ÷ 360 dm^3 mit Eisendraht, ferner von zirka 150 ÷ 550 dm^3 für Sand mit Konstantandraht bezw. 180 ÷ 640 dm^3 mit Eisendraht. Diese Volumina ergeben *als Kuben* gerechnet indessen geringere Oberflächen als sie mit Rücksicht auf Oberflächentemperatur vorhanden sein sollte. Wenn nun auch die wirkliche Gestalt der Oefen vom Kubus abweichen und daher grössere Oberflächen aufweisen wird, so ergibt sich doch in sozusagen allen praktischen Fällen schon zur Erzielung der nötigen Oberfläche meist ein *grösseres* Ofenvolumen, als es die nach vorstehendem erzielbaren, günstigsten spezifischen Speichervolumina ergeben könnten.

Die untersuchten Ausführungen von Speicheröfen haben denn auch, soweit sie nicht zu hohe Oberflächentemperatur haben, durchwegs wesentlich *kleinere* Volumenbeanspruchung, so die Specksteinöfen (A) und (E), aber selbst der Specksteinofen (B) der oberflächlich noch zu heiss wird. Aeusserst geringe Volumenbeanspruchung hat naturgemäss der hohle Steinofen (E) nämlich nur 42 Wh/dm^3; das an sich grosse Volumen von 118 dm^3 Speckstein akkumuliert ungenügend, weil die Gesteinstemperatur viel zu tief unter der Widerstandstemperatur bleibt. Der Sand-Kachel-Ofen (G) hat sehr hohe Volumenbelastung, erreicht bei 8 stündiger Aufladung 61 Wh/dm^3, wird aber eben wie oben angegeben, zu heiss; der Sandofen (F) hält sich mit zirka 70 Wh/dm^3 auch in dieser Beziehung gerade in richtiger Grenze. Die andern erwähnten Oefen von ungenügender Speicherfähigkeit haben alle so kleines Volumen, dass die spezifischen Volumenbeanspruchungen die angegebenen oberen Grenzen zum Teil ganz erheblich übersteigen und überall unzulässige Temperaturen auftreten. Die Ursache des Ungenügens dieser Oefen liegt darnach klar in einem Volumen, das gegenüber der vorgesehenen Ladeenergie zu klein ist.

Diese verschiedenen Fälle zeigen deutlich, wie die Ursachen ungenügender Speicherfähigkeit zum Teil *in überhaupt zu kleinen Volumen* des Speicherkörpers, zum Teil in *ungünstiger Ausnützung der Temperaturen* wegen *unzweckmässiger Lagerung der Heizwiderstände* liegen können.

Bei den für Zimmerheizung erforderlichen Oefengrössen wird sich bei Einhaltung der für zulässige Oberflächentemperatur erforderlichen Oberfläche von selber ein grösseres Volumen ergeben, als die grösstmögliche Beanspruchung des Materials auf Speicherungsinhalt an sich ergäbe.

Von grösster Bedeutung ist nun weiter die Frage nach *geeigneten Stoffen für Speicherkörper.* Das Material muss einmal *hohe Temperatur dauernd aushalten* können, damit Volumen, Gewicht und Preis des Ofens nicht zu hoch werden. Die höchsten vorkommenden sind die Innentemperaturen und diese haben als obere Grenze die für das Widerstandsmaterial zulässigen Temperaturen. In Betracht kommen daher besonders Stoffe, welche möglichst dieselben Temperaturen aushalten wie das Widerstandsmaterial. Bei *Metallen* wäre dies im allgemeinen ohne weiteres der Fall; diesbezüglich besonders geprüft werden müssen dagegen die *Gesteine* und künstliche mineralische Produkte, die sich sonst eignen könnten. Nur wenige darunter halten die höchsten, bei Silundumwiderständen vorkommenden Temperaturen dauernd aus.

Hiervon abgesehen tritt in den Ausdruck für das Speicherungsvermögen selbstverständlich die *spezifische Wärme* c ein. Da es sich aber oft weniger darum handelt, dass das *Gewicht* des Speicherkörpers, als vielmehr darum, dass sein *Volumen* nicht zu gross werde, so ist die *spezifische Wärme pro Volumeneinheit* = c mal spezifisches Gewicht = $c \cdot \gamma$ meistens der massgebende Faktor. Kämen nun hier von den festen Körpern vor allem die Metalle mit Werten etwa zwischen $\gamma c = 0{,}56$ für Aluminium und 0,9 für Eisen in Betracht, so haben sie doch bis jetzt wenig Verwendung gefunden, weil das Einbringen innerer, zu isolierender Heizwiderstände dabei Schwierigkeiten macht und der Preis hoch ist. Verwendet wurden dagegen und sind ohne Zweifel geeignet veschiedene *Gesteine*, bei denen in festem

Zustand der Wert von γc bei den betreffenden Temperaturen etwa zwischen 0,4 und 0,68 liegt, letztere Werte z. B. von dem sogenannten Speckstein und von Serpentin erreicht werden. Immerhin ist der „Speckstein", der in sehr ungleichen Qualitäten unter diesem Namen geht, keineswegs das einzige hier in Betracht kommende Material, obwohl ihn die bei guten Qualitäten im allgemeinen leichte Bearbeitungsmöglichkeit und wie weiter noch zu zeigen, der Wert der Leitfähigkeit gut dazu geeignet machen. Es wird sich aber lohnen, andere bearbeitungsfähige Gesteine und künstliche mineralische Produkte auf die Grösse γc und aus weiterhin anzugebendem Grunde auf die *Leitfähigkeit* $= k$ bei hohen Temperaturen zu untersuchen. Diese Konstanten sind nämlich für natürliche Gesteine und technische Klörper dieser Art grösstenteils noch nicht bestimmt. Wir sind daher in unseren Prüfanstaten eifrig mit deren Ermittlung beschäftigt unter Anwendung besonderer Versuchseinrichtungen und Methoden, die wir erst schaffen mussten. Ergebnisse werden demnächst veröffentlicht werden können. Namentlich fehlen bisher diese Zahlenkonstanten für die pulverförmigen Körper, z. B. Sand aus verschiedenen Gesteinen. Obwohl bei dieser Form der Gesteine und Gesteinsprodukte die Werte von γc wesentlich niedriger liegen, als bei der massiven Form, nämlich etwa von der Ordnung $\gamma c = 0{,}2 \div 0{,}4$ sind, so hätte nämlich diese Form der Körper doch gewisse Vorzüge: Einmal ermöglicht sie einfache Herstellung guten Kontakts mit den Heizwiderständen, sodann gibt sie einfache Handhabung des Materials, einfache Herstellung der Oefen und billigen Preis, namentlich aber liegt ein Vorteil in der *geringen Wärmeleitfähigkeit* pulverförmiger Körper.

Wo nämlich der von innen aus geheizte Körper des Ofens bis an seine Aussenfläche als Speicherkörper verwendet wird, muss das Material, um günstig zu sein, geringe Leitungsfähigkeit, eine geringe innere Wärmeleitungskonstante aufweisen. Die weiter oben eingeführte und „ideale Entladezeit" genannte Konstante $T = Q_c/P$, deren genügender Wert entsprechend lange dauernde Wärmeabgabe des Ofens sichert, ist der aufgespeicherten Wärmemenge Q_c direkt proportional. Bis zu welcher Aussenflächentemperatur man nun auch abkühlen lasse, immer besteht dieser aufgespeicherte Wärmeinhalt des Ofens aus einem ersten Teil, der aus der Uebertemperatur seiner Oberfläche gegenüber der Umgebung herrührt und daher der Grösse γc, dem Volumen und der *Uebertemperatur der Oberfläche über die Umgebung* proportional ist, und einem zweiten Teil, welcher den *Uebertemperaturen im* (vorher aufgeheizten) *Innern gegenüber der Oberflächentemperatur* entspricht. Diese Uebertemperatur des Innern gegenüber der Oberfläche ist nun selbstverständlich um so grösser, je geringer die *innere Wärmeleitfähigkeit* k des Materials ist. Dieser Teil der aufgespeicherten Energie ergibt sich direkt als der Grösse $\gamma c/k$ proportional, und unter übrigens gleichen Umständen sind daher der Erzielung möglichst langer Entladezeiten in Oefen, bei denen der Speicherkörper bis an die Oberfläche reicht, solche Materialien am günstigsten, für welche die Grösse $\gamma c/k$ *möglichst gross* ist. (Dabei kann immerhin ein innerer Kern des Speicherkörpers vielleicht aus anderem, durchgeheiztem Material bestehen, bei welchem dann nur auf möglichst grossen Wert von γc zu halten ist.) In den Masseinheiten: (kg-) Kalorie, dm, Stunde und Grad Celsius bewegen sich die Werte von $\gamma c/k$ für feste Gesteine etwa in den Werten $2 \div 4$, für pulverförmige Gesteine aber etwa von $6 \div 10$. Aus diesem Grössenverhältnis geht der erwähnte Vorteil der Verwendung schlecht leitender Gesteine in Pulverform deutlich hervor. Dabei macht die geringere spezifische Wärme dieser Körper pro dm^3 allerdings grössere Volumina der Oefen für gleiche gespeicherte Energie notwendig.

Zu beachten ist noch, dass einem bestimmten Temperaturabfall von innen nach aussen, der bei innerer Heizung durch die mit Rücksicht auf die Solidität des Heizwiderstandes gewählte höchste Temperatur im Innern und durch die zugelassene Oberflächentemperatur bestimmt ist, eine um so kleinere Dicke der Schicht von innen nach aussen gemessen, entspricht, je geringer die Leitfähigkeit k des zwischenliegenden Materials ist. Die Leitfähigkeit k beeinflusst also auch in dieser Weise die Dimensionierung der Oefen.

* * *

Diese vorläufige Skizzierung der Verhältnisse, bei welcher die Entwicklung der Theorie mit Absicht vermieden wurde, lässt überblicken, dass für den *Bau rationeller Speicher-*

öfen für Zimmerheizung aus trockenem Material, wie er für uns unter gegenwärtigen ausserordentlichen Verhältnissen geboten ist, etwa folgende *Typen* in Betracht kommen können, die einfach, rasch und billig zu beschaffen sind und die auch zum Teil von verschiedenen Erzeugern bereits in ähnlicher Weise, wenn auch nicht überall in ganz richtigen Verhältnissen, in Ausführung genommen worden sind:

1. *Volle Steinöfen*, bestehend aus natürlichem, massivem Stein oder festem technischem Gesteinprodukt, das die betreffenden Temperaturen dauernd aushält, mit einem innern Kern, in welchem durch die darin angebrachten Widerstände durchgehende Heizung auf höchstmögliche Temperatur durch möglichst innige Verbindung zwischen den Heizwiderständen und diesem Kern erzielt wird; der letztere umgeben von einem dicken Mantel ebenfalls aus natürlicher oder künstlicher Gesteinsart, die an der Speicherung teilnimmt und bis an die Aussenfläche reicht; als Heizwiderstände womöglich Chromnickel- oder Konstantandrähte und nur wenn solche fehlen die (nur auf geringere Temperatur beanspruchbaren und unangenehm hohen Anlaufstrom ergebenden) Eisendrähte.

2. *Sandöfen*, d. h. solche, die ein die hohen Temperaturen ertragendes Gesteinsmaterial in Pulverform enthalten, derart, dass ein innerer Teil davon als Kern in möglichst inniger Berührung mit den Heizwiderständen auf höchste Temperatur durchgeheizt wird, während eine äussere umgebende Schicht des pulverförmigen Materials die notwendige lange Dauer der Entladung sichert. Als Behälter des pulverförmigen Akkumulierkörpers können Mäntel aus Blech oder auch aus Kacheln, eventuell aus Eternit in Frage kommen, die jedoch im allgemeinen mit Eisen derart zu fassen oder zu versteifen sind, dass sie den nicht unerheblichen Sanddruck aushalten und bei den durch die Wärme auftretenden Deformationen nicht undicht, oder rissig werden. Wegen des grossen Gewichts wäre Anordnung für Einfüllung und Ablassen des erforderlichen Sands am Aufstellungsorte zu empfehlen. Bei diesen Oefen namentlich soll, um höhere innere Temperaturen und kleineres Volumen anwenden zu können, Chromnickel- oder Konstantandraht für die Widerstände verwendet werden; Eisendraht mag notfalls auch hier dienen, gestattet aber wesentlich weniger gut die Vorteile des Sandofens auszunützen.

Für die Füllung mit gewissen Sorten mineralischen Sandes, die sehr hohe Temperaturen aushalten, wird sich, sofern die im Gange befindlichen Versuche, in der Schweiz Silundumstäbe gleichmässiger Beschaffenheit herzustellen, gelingen, eine dritte Möglichkeit bieten:

3. *Sandöfen mit Silundumstäben* als Widerständen für die Heizung im inneren Kern. Die Anordnung kann im übrigen der vorigen analog sein.

Bei *allen* diesen Oefen muss darauf gesehen werden und soll eine (bisher zum Teil vernachlässigte) Hauptaufgabe der Heizkörperspezialisten sein, die Anordnung so zu treffen, dass die *Heizkörper leicht ersetzt* werden können. Bei Oefen mit festem Kern soll dieser leicht aus dem Ofen herausnehmbar und die Heizelemente ebenso im Kern selbst gut ersetzbar sein.

Neben diesen einfachen Ofentypen sind selbstverständlich auch *Kombinationen* solcher denkbar, sowie besondere Anordnungen an denselben, die zum Teil bereits versucht wurden, zum Teil in Patentschriften niedergelegt sind. Auf solche Möglichkeiten soll bei unserem ausführlichen Berichte zurückgekommen werden. Da es sich aber heute darum handelt, möglichst rasch einfache und billige Akkumulieröfen herzustellen, beschränken wir uns vorläufig auf diese Vorschläge. Die passende Dimensionierung dieser Ofentypen ist schon mittels der im vorliegenden Aufsatze gegebenen Zahlen leicht möglich. Die verschiedenen *Ausführungsgrössen* sollten den erwähnten, für gewöhnliche Zimmer nötigen Heizleistungen angepasst werden.

Wir sind bereit, über die passende Dimensionierung und Anordnung solcher Oefen Auskunft zu erteilen, sowie Materialien, die dazu verwendet werden wollen, ebenso ausgeführte Oefen zu prüfen und zu beurteilen. Die kriegswirtschaftliche Abteilung des Schweizerischen Volkswirtschaftsdepartements hat uns damit betraut, die Massnahmen für Herstellung solcher Speicheröfen zn beurteilen und sie wird die Zuteilung der erforderlichen Materialien für die Fabrikation nach entsprechenden Erwägungen richten.

* * *