

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 34 (1943)
Heft: 18

Artikel: Berührungsheizung
Autor: Imhof, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061758>

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: 22.02.2026

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

BULLETIN

REDAKTION:

Sekretariat des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Zürich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telephon 5 17 42
Postcheck-Konto VIII 8481

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

XXXIV. Jahrgang

Nº 18

Mittwoch, 8. September 1943

Berührungsheizung

Von A. Imhof, Zürich

621.364.3 : 662.917

Das Wesen einer besondern Art der Individualheizung, bei welcher die Entwärmungsregulierung des Körpers durch direkte Berührung mit flexiblen Wärmeflächen in praktisch geeignet durchgebildeter Form erfolgt, wird behandelt. Messungen am menschlichen Körper und Behaglichkeitsversuche werden zur Aufstellung von Richtlinien für die Ausbildung von Heizgeräten verwendet. Zwei Ausführungsarten, die daraus hervorgegangen sind, werden beschrieben: Der Kleinstspannungs-Heizmantel und der «Berührungssofen». Es wird gezeigt, dass durch Einführung der Berührungsheizung ohne Einbusse an Behaglichkeit ganz gewaltige Mengen Brennstoff gespart werden können und dass das körperliche Befinden günstig beeinflusst wird. Auf Grund der gemachten Erfahrungen wird die bisherige Gewohnheit der 18...20grädigen Raumtemperatur angefochten und für eine Raumlufttemperatur von nur etwa 12 Grad mit zusätzlicher Berührungsheizung eingetreten, als eine grundsätzliche Lösung des Problems der elektrischen Raumheizung.

Un mode particulier de chauffage individuel consiste à compenser la déperdition de chaleur du corps humain à l'aide de corps de chauffe souples. Des mesures effectuées sur le corps humain et des essais de confort servent à l'établissement de recommandations pour les appareils de chauffage de ce genre. Description de deux modèles d'appareils de chauffage par contact: le manteau chauffant à tension réduite et la couverture chauffante. Le chauffage par contact permet d'économiser de très grandes quantités de combustible, sans diminuer le confort. L'auteur, se basant sur l'expérience acquise, combat l'habitude de chauffer les locaux à 18 ou 20°C et préconise une température de l'air ambiant d'environ 12°C seulement, avec chauffage additionnel par contact.

Der Artikel erscheint in französischer Sprache in der gelben Ausgabe des Bulletins.

In der Literatur der Heizungstechnik wurde bisher zwischen Konvektions- und Strahlungsheizung unterschieden. Es gibt aber eine früher wenig beachtete weitere Heizungsart, die der Verfasser «Berührungsheizung» nennen möchte. Es ist dies die Heizung des Individuums durch direkte, über Wärmeschutzschichten erfolgende Berührung mit der Wärmequelle. Die Wärme wird dabei durch Leitung und Nahstrahlung übertragen, im allgemeinen durch einige Stoffgewebe-Lagen hindurch. Indes kommt dabei auch Strahlung durch dünne Luftsichten in Betracht.

Trotzdem diese Heizungsart in primitiver Anwendungsweise bereits sehr alt ist, wurde sie früher nie einer systematischen Erforschung und Entwicklung unterzogen. Doch birgt sie so grosse Vorzüge in sich, dass sie in der Heizungstechnik zu grundlegender Bedeutung werden kann, wenn sie einmal richtig erkannt und entwickelt sein wird.

In einigen Publikationen^{1), 2), 10)} hat sich der Verfasser (teilweise gemeinsam mit M. Hottinger) bereits ausführlich mit einer speziellen Form der Berührungsheizung befasst, die Heizung des Individuums mittels eines elektrisch beheizten leichten Mantels. Hier soll nun das Wesen der Berührungsheizung in allgemeinerer Form behandelt werden. Es soll versucht werden, ein klares Bild darüber zu geben, was mit dieser Heizungsart erreichbar ist. Ein Berührungssofen wird beschrieben.

Wir schicken gleich voraus, dass die bisher so vernachlässigte Berührungsheizung derart sparsam ist, dass sie als elektrische Heizung die grösste Aufmerksamkeit verdient. Bei geeigneter Anwendung kann sie den Brennstoffverbrauch ganz ausserordentlich herabsetzen und unter Umständen sogar dazu berufen sein, die ausschliesslich elektrische Heizung sehr zu verbreiten, indem eine nur schwache Raum-Grundheizung mit einer gut durchgebildeten Berührungsheizung kombiniert wird.

Berührungsheizungen längst gewohnter Art sind z. B.: Die Ofenbank der Bauernstuben, die Heizkissen, Fusswärmer, Bettenwärmer usw. Das Wesen fast aller dieser Heizungen ist eine im Verhältnis zur Körperoberfläche sehr kleine Heizfläche und eine entsprechend hohe Temperatur derselben. Darin liegt deren Fehler.

Der menschliche Körper ist selbst eine Wärmequelle¹³⁾. Er gibt durch Strahlung, Konvektion und Verdunstung etwa die in Fig. 1 dargestellte Wärmeleistung an die Umgebung ab, unter Annahme sitzender leichter Betätigung und ruhender Luft, bei normaler Bekleidung. Der Wärmefluss geht also normalerweise vom Körper nach aussen. Mittels Raumheizung einerseits, der angepassten Kleidung anderseits, regulieren wir ihn auf das zuträgliche Mass. Es ist im Prinzip immer möglich, den gesunden und genügend ernährten Körper sich selbst heizen zu lassen, indem die Klei-

¹⁾ Literatur siehe am Schluss

dung genügend wärmeisolierend gemacht wird. Für den ständig bewegten Körper ist diese Art der Heizung das übliche und im allgemeinen auch leicht realisierbare, denn die abgegebene Wärmemenge ist bei Bewegung ganz erheblich grösser als in Ruhe, und zudem ist während des Gehens auf der Strasse nicht eine Arbeit zu leisten, welche durch dicke Bekleidung behindert wird. Bei körperlicher Ruhe, insbesondere bei stehender und sitzender Betätigung, liegt erfahrungsgemäss die zuträgliche Tem-

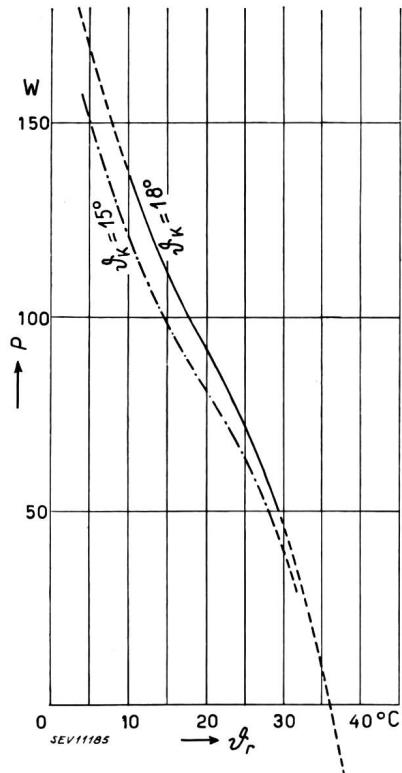


Fig. 1.
Wärmeabgabe P des
normal bekleideten
Mannes in W
durch Strahlung,
Leitung und Konvektion
in Funktion der
Raumtemperatur ϑ_r ,
bei leichter sitzender
Betätigung in ruhen-
der Luft:
für bei 18° C normal
empfundene Beklei-
dung ($\vartheta_K = 18^\circ$)
für bei 15° C normal
empfundene Beklei-
dung ($\vartheta_K = 15^\circ$)

peraturgrenze für den normal bekleideten Menschen etwa bei $18\ldots20^\circ$ C; durch besonders warme Bekleidung kommt man herunter auf $14\ldots16^\circ$. Noch tiefere Temperaturen, bis etwa 12° , werden unter Unbehagen und Erkältungsgefahr ertragen, wenn der Ausgangsmantel an behalten wird und die Wände nicht sehr ausgekühlt sind.

Es ist ohne weiteres verständlich, dass man den menschlichen Körper ohne Schaden und ohne Beeinträchtigung des Wohlbefindens in einen beliebig kalten Raum bringen kann, wenn man ihn vollständig mit einer Hülle von 20° C umgibt, da dann auch seine Entwärmung den normalen Betrag nicht überschreitet. Wieviel Leistung man dieser Hülle zuführen muss, hängt von ihrer Wärmeisolation einerseits und dem Klima der Umgebung anderseits ab.

Praktisch ist es aber nicht möglich, eine Hülle zu schaffen, welche den Körper zu 100 % umgibt. Je kleiner der Anteil ist, der mit der Wärmehülle zu bedecken ist, desto einfacher und handlicher ist das Heizungsproblem zu lösen. Unter der vorläufigen Annahme, die Wärmemenge, die an einem Teil der Körperoberfläche zu viel abgegeben wird, könnte durch zu geringe oder gar negative Ausgabe

an andern Körperstellen kompensiert werden, lassen sich nun aus Fig. 1 die Temperaturen der Hüllflächen für verschiedene Größen derselben und für verschiedene Raumtemperaturen berechnen. Die Ergebnisse sind in Fig. 2 dargestellt; sie sind für die technische Entwicklung der Berührungsheizung ausserordentlich interessant. Im folgenden darüber eine kurze Diskussion (die erste Zahl gilt für Fig. 2a, die zweite in Klammern für Fig. 2b):

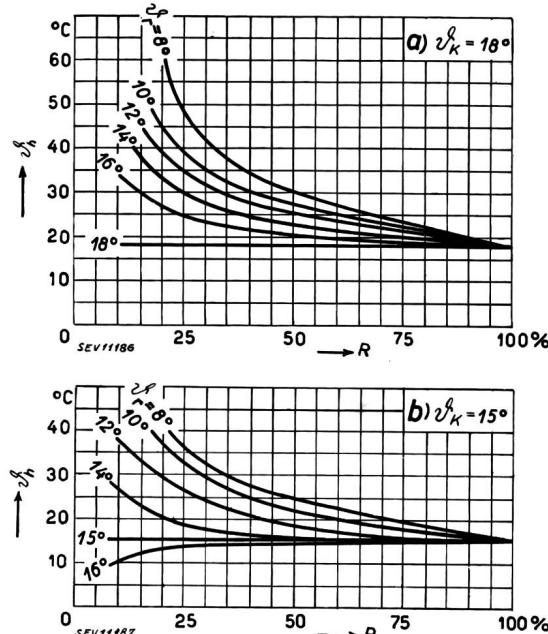


Fig. 2.
Hüllflächentemperatur ϑ_h in Funktion der relativen Hüll-
flächengrösse R

(R ausgedrückt in % der gesamten Körperoberfläche) für
eine Raumtemperatur von $8\ldots18^\circ$ C.

- a) für eine bei 18° normal empfundene Kleidung ($\vartheta_K = 18^\circ$)
b) für eine bei 15° normal empfundene Kleidung ($\vartheta_K = 15^\circ$)

Zunächst ist erkennbar, dass bei einer Heizumhüllung von 75 % der Körperfläche bei 8° C Raumtemperatur mit der nur ganz unwesentlichen Temperaturerhöhung von 5° ($4,5^\circ$) der Hülle gegenüber der als normal empfundenen Temperatur von 18° (15°) auszukommen ist. Ein den Körper weitgehend umhüllender Heizmantel¹⁾ muss also nur so schwach geheizt sein, dass durch dessen Befühlung kaum eine Erwärmung festgestellt wird. Die Erfahrung bestätigt dies, wie auch die Tatsache, dass bei 8° mit dem Heizmantel noch eine durchaus angenehme Heizung möglich ist. Bei 14° Raumtemperatur müsste die Heizfläche 45 % (22 %) der Körperoberfläche umhüllen; bei einer Temperatur von 10° müsste eine 45 %-Umhüllung eine Temperatur von 29° (24°) aufweisen. Bei nur 25prozentiger Umhüllung müsste für 10° Raumtemperatur eine Hülle von 39° ($32,5^\circ$) verwendet werden, d. h. der Wärmefluss würde für $\vartheta_K = 18^\circ$ innerhalb der Hüllfläche bereits in umgekehrtem Sinne — gegen den Körper zu — fließen. 11° (8°) ist ungefähr die Raumtemperatur, bei welcher der Wärmefluss innerhalb dieser Heizhülle null ist. Heizflächen, die nur etwa 10 % des Körpers bedecken, können

offenbar nur bis zu etwa 16° (13°) Raumtemperatur genügend «heizen».

Die Berührungsheizung soll den Wärmefluss des Körpers bei niedriger Raumtemperatur soweit vermindern, dass ein volles Gefühl der Behaglichkeit zustande kommt. Wie obige Darlegungen zeigen, erhebt sich die sehr wichtige und in biologischer Hinsicht noch nicht gründlich erforschte Frage, wie weit es möglich ist, den Wärmefluss an einzelnen Teilen der Körperoberfläche zu reduzieren und dafür an andern Stellen zu vergrössern, so, dass der Gesamtfluss den zulässigen Wert hat. Noch extremer, wie weit es zuträglich ist, das Vorzeichen des Wärmeflusses über einzelne Oberflächengebiete umzukehren.

Auf diese Fragen geben die folgenden Versuche des Verfassers Auskunft:

1. Messungen thermo-physiologischer Natur

Diese sollten die Frage beantworten, ob die Hauttemperatur an einer Stelle A wächst, wenn sie durch Schwächung des Wärmeflusses an einer andern Stelle B heraufgesetzt wird. Die im folgenden kurz zusammengefassten Versuche zeigen, dass dies dann zutrifft, wenn die Gesamtentwärmung des Körpers innerhalb der Behaglichkeitsgrenze liegt. Die Versuche mussten ferner die höchstmögliche Hauttemperatur feststellen.

Zur Erzeugung einer warmen Berührungsfläche wurde ein 3stufig regulierbares Heizkissen verwendet. Format 30·40 cm, maximale Leistung 50 W.

Kleidung: Unterleibchen aus Baumwolle, Hemd aus Baumwolle, dünner Lismer mit Aermeln, Weste, Rock, Hosen und Baumwoll-Unterhosen über leichten «Kniehosen», Wollsocken, mittelstarke Finken, also normale Winterbekleidung für kühle Räume.

Versuchspersonen: Für Versuche a), b), c), d), f), g), h), i) der Verfasser, für Versuch e) ein Knabe von 16 Jahren.

Versuch a). Raumtemperatur 12,5° C. Heizkissen auf der Brust. Ein Thermoelement auf der Haut, mitten unter dem Heizkissen, ein Thermoelement im Rücken, ungefähr in gleicher Höhe wie die Meßstelle auf der Brust. Leicht gebückte Stellung, rechte Hand auf der Brust, linke Hand auf dem Rücken.

Die Brusttemperatur stieg von anfänglich 30,3° innert 20 min auf 41,5°, die Rückentemperatur von 30,5° auf 33,5°. Die Brusttemperatur von 41,5° wurde als sehr unangenehm heiss empfunden. Schwitzen an der Brust, auch in einiger Umgebung des Heizkissens, namentlich oberhalb desselben. Leichtes Schwitzen an der Stirn.

Nach Entfernung des Kissens sank die Brusttemperatur innert 50 min auf 31°, die Rückentemperatur innert 15 min auf 30,5°.

Versuch b). Aehnliche Anordnung wie a), jedoch bei einer Raumtemperatur von nur 7° C. Kissen etwas tiefer als bei a), so dass der obere Rand wenig oberhalb des Ellbogens bei abwärts-hängendem Arm war.

Die Rumpftemperatur auf der Haut (etwas tie-

fer als Herz) unter dem Heizkissen, stieg bei noch nicht eingeschaltetem Kissen innert 20 min von 31,5° auf 32,2°. Nach dem Einschalten stieg die Rumpftemperatur innert 27 min auf 40°. Die Rückentemperatur blieb konstant, ja sie neigte eher gegen den Schluss zu einer ganz geringen Absenkung.

Die Hauttemperatur von 40° wurde noch leicht ertragen, aber doch bereits als unangenehm heiss empfunden. Hingegen wurde 33,5° noch angenehm empfunden. Die Brust kam allmählich zum Schwitzen, während der Rücken ganz trocken blieb. Auch die Bauchgegend und die Brust in einem Abstand von einigen cm oberhalb dem Kissenrand schwitzten. Die Stirn blieb trocken. Die Nase neigte leicht zur Nässe. Am übrigen Körper entstand ein Gefühl der Erleichterung durch diese Heizung, aber es war dies durchaus nicht ein behagliches Gefühl.

Offenbar reichte die geringe Wärmestrom-Umkehrung auf der vordern Körperseite nicht aus, um die Rückentemperatur heraufzusetzen.

Versuch c). Versuchsperson stehend, Heizkissen unter Lenden und Gesäß. Thermoelemente direkt auf Heizkissen-Oberfläche (Nr. 9) auf der Haut in Mitte der Brust (Nr. 11), auf dem Rücken etwas oberhalb der Kreuzgegend (Nr. 12), in der linken Hand (Nr. 10) zwischen Zeigefinger und Daumenballen. Raumtemperatur bei Beginn 8,5°, am Schluss 10,5°.

Die Temperatur am Heizkissen stieg innert 18 min auf 72°. Sowohl an der Brust, als auch am Rücken stieg die Temperatur um etwa 3° an, um nach dem Abschalten des Heizkissens langsam wieder zu fallen. Trotzdem sich inzwischen die Raumtemperatur um 2° gehoben hatte, sank die Hauttemperatur innerhalb 50 min tiefer, als sie bei Beginn des Versuches war, als der Körper noch nicht unterkühlt war. Eigentümlich verhielten sich die Hände. Das Thermoelement zeigte während der ersten 15 min nur 21...24°, stieg dann innert etwa weiterer 8 min plötzlich auf 32,5° und behielt diese Temperatur nach dem Abschalten des Heizkissens nahezu noch über die weitem 50 min der Versuchsdauer. Diese Beobachtung wurde in analoger Weise sehr oft bei Verwendung eines Thermoflex-Heizmantels mit beheizten Aermeln bei Raumtemperaturen von 6...10° gemacht.

Die Beheizung bewirkte bei diesem Versuch kein unangenehmes Gefühl des Schwitzens, immerhin wurde die Gegend des Heizkissens als sehr warm empfunden. Der Wärmehaushalt des Gesamtkörpers schien aber in Ordnung zu sein, während nach dem Abschalten allmählich wieder das Gefühl der Unterkühlung entstand.

Versuch d). Versuchsperson sitzend, Heizkissen auf Stuhl, Raumtemperatur 6,5° C. 6 Thermoelemente waren wie folgt verteilt:

- Nr. 12 direkt auf Heizkissen;
- Nr. 11 direkt auf der Haut am Gesäß;
- Nr. 10 direkt auf der Haut an der Brust;
- Nr. 9 direkt auf der Haut am linken Oberschenkel, vordere Seite;
- Nr. 8 direkt auf der Haut am Bauch;
- Nr. 7 direkt auf der Haut an der Stirn.

Die Temperatur des Heizkissens wurde innert 14 min bis auf 55,5° gesteigert. Dabei stieg die Hauttemperatur am Gesäss von 27,5° auf 42°, welche Temperatur als scharfe Grenze des noch Erträglichen empfunden wurde. Schon 1° weniger war bedeutend leichter zu ertragen und wurde 50 min lang aufrechterhalten. Die Meßstellen 8, 9 und 10 zeigten keine beweisende Temperaturzunahme (ca. 1°). Besonders konstant blieb Nr. 8. Nr. 7 durfte nicht als zuverlässig betrachtet werden, da das Thermoelement mit einem Tuch angedrückt wurde, so dass eine gewisse Bekleidung der Stirn vorhanden war. Ihre Temperatur stieg so von 24° auf 31,6° und fiel nach dem Abschalten innert 20 min nur um ca. 0,5°.

Der Versuch gibt eine Bestätigung von Versuch b), dass bei nur 6,5° Raumtemperatur die an einer relativ kleinen Fläche zugeführte Wärme zu Temperatursteigerungen an von der Meßstelle entfernten Punkten nicht ausreicht.

Versuch e). Versuchsperson stehend, Heizkissen unter den nur mit leichten Socken bekleideten (keine Schuhe) Füßen. Raumtemperatur 11,5°. Meßstellen direkt auf der Haut an einer Fußsohle, Waden, Gesäss, Brust, linke Hand. Die Fußsohlen-temperatur wurde bereits 16 min vor dem Einschalten des Heizkissens gemessen, sie sank von anfänglich 24,5° auf 22,2°. Nach dem Einschalten stieg sie innert 37 min auf 36,5°. Diese andauernde Sohlentemperatur wurde bereits als unangenehm brennend empfunden; sie lag jedenfalls sehr nahe an der Erträglichkeitsgrenze. Die übrigen Meßstellen zeigten gar keine Tendenz zur Temperatursteigerung, teilweise eher einen langsamem, leichten Temperaturabfall. Die linke Hand wies anfänglich eine Steigerung von 21,5° auf 23° auf, dann aber einen Abfall bis auf 20,5°, also etwas unter die Ausgangstemperatur. Diese Versuchsperson neigte zu kalten Händen.

Durch die Beheizung der Fußsohlen kann wohl der Fuss selber vor Unterkühlung und damit vom Kälteschmerz geschützt werden, aber diese Beheizung eignet sich, im Gegensatz zu einer viel verbreiteten Meinung, nicht, um den Gesamtorganismus vor Unterkühlung zu schützen.

Versuch f). Versuchsperson in «Thermoflex»-Heizmantel der Gummiwerke Richterswil AG. auf Heizstufe 80 W. Raumtemperatur 4°. Thermoelement in Mitte der Stirn, 4 cm oberhalb der Augenbrauen, mit Leukoplastkreuz über der Lötstelle festgehalten und dauernd leicht angedrückt mit Bleistift.

Vor dem Einschalten stieg die Stirntemperatur auf 26,5°, nach dem Einschalten innert 13 min auf 29,2°, zuerst rasch, dann langsam. Dann blieb sie unverändert.

Nach den Messungen von Reichenbach und Heymann³⁾ entspricht die hier festgestellte Stirntemperatur vor dem Einschalten einer Raumtemperatur von ca. 5°, womit die Messungen der genannten Autoren ordentlich bestätigt sind. Die nach dem Einschalten erreichte Endtemperatur entspricht 10° Raumtemperatur, während die Stirntempera-

tur in einem Raum von 18° nach Reichenbach und Heymann zu etwa 35° gemessen wurde. Die Stirn, deren Temperatur eine gut definierte Funktion der Raumtemperatur ist, entschied sich im kalten Raum und bei dem normal warmen Körper also interessanterweise auf einen Kompromiss. Tatsächlich ist auch eine trockene Raumtemperatur von nur 4° zu niedrig, um mit einem Heizmantel ein voll behagliches Gefühl zu erwirken, da Kopf und Extremitäten zu kalt bleiben.

Versuch g). Eine unter der normalen Weste getragene Heizweste mit beheizten Ärmeln ermöglichte bei 10° Raumtemperatur eine sehr gleichmässige, ausgeglichene Warmhaltung des Oberkörpers und der Arme bei einer Heizleistung von nur 10 W. Hingegen entstand an den Beinen und am Gesäss allmählich ein Gefühl zu grosser Kühle. Durch Bedeckung der Oberschenkel mit einem Heiztuch von 33·38 cm mit einer spezifischen Leistung von 1 W/dm² wurde eine recht zuträgliche Gesamt-Heizwirkung erreicht. Diese war mit 13 W Leistung der Weste auch bei 7,5° Raumtemperatur behaglich. Die gesamte Leistung betrug nur 23 W.

Versuch h). Es wurden eine Reihe gefühlsmässiger Behaglichkeitsversuche für partielle Beheizung gemacht. Sie haben die Schlüsse aus dem Diagramm Fig. 2 sehr gut bestätigt. Ferner zeigten sie, dass eine Beheizung der Sitzfläche nur höchst schwach sein darf, um nicht auf die Dauer als unbehaglich warm empfunden zu werden. Dazu dürfte der Umstand beitragen, dass hier die Heizfläche durch das Körpergewicht gegen die Haut gepresst wird, so dass der Wärmeübergang sehr starr ist. Die Beheizung von Brust und Rücken wird gut ertragen, aber auch nur in recht mässiger Stärke. Es ist dazu offenbar nicht ratsam, die Lunge einer Verwöhnungstemperatur auszusetzen. Als besonders geeignet erwies sich die Beheizung des Rumpfes, beginnend etwa über der Magengegend, zusammen mit der Vorderfläche der Ober- und Unterschenkel bis zu den Fussknöcheln herunter. Format des dazu verwendeten Heiztuches 100·50 cm, Heizleistung 3stufig regulierbar 33—66—99 W. Die so beheizten Körperteile ertragen leicht ein ausgesprochenes Wärmegefühl und eignen sich daher zur partiellen Beheizung besonders gut.

i) Erfahrungen über partielle Beheizungen aus dem Leben. Ist der gesamte Körper, mit Ausnahme des Kopfes, sehr gut mit Woll- und Flaumdecke, wie dies in unseren normalen Betten im Winter der Fall ist, isoliert, so kann der Kopf auch bei Raumtemperaturen von nur etwa 4...5° noch behaglich warm werden. Dasselbe gilt von den Händen, wenn sie unbedeckt sind.

Steht man bei kühler Witterung (12...14°) mit den Beinen in heissem Wasser, das gerade noch erträglich ist — z. B. in dem kleinen Badeteich bei Leukerbad —, so kann der übrige Körper zum Schwitzen kommen. Der Wärmefluss ist hier jedenfalls an den Beinen gegen die Haut zu gerichtet. Dazu kommt noch eine gewisse Strahlung von der heissen Wasseroberfläche gegen den Oberkörper.

Wird man bei kühler Witterung einseitig, z. B. nur von vorn, durch die Sonne bestrahlt, so hat der gesamte Körper das Gefühl behaglicher Wärme, sofern die Gegenseite nicht zu sehr abgekühlt wird, z.B. durch Wind oder durch zu leichte Bekleidung. Bekannt ist auch die unangenehme Wirkung zu grosser einseitiger Entwärmung, die an Cheminées bei zu kalter Raumtemperatur wahrgenommen wird, während das Cheminée bei mässiger Kälte recht angenehm wirkt.

Eine erste Serie von Heizmänteln waren auf Brust und Rücken besonders gut beheizt, auf Oberschenkeln und Knien nur etwa halb so stark pro Flächeneinheit. Eine Umfrage unter den Käufern nach der Benützungsfest eines Winters hat ergeben, dass viele eine stärkere Beheizung der Kniegegend befürworteten.

Zusammenfassung der Resultate,
die sich aus den voranstehenden Messungen ergeben:

1. Die obere Grenztemperatur der Haut, die bei Berührungsheizung dauernd gerade noch ertragen wird, beträgt $41\ldots42^\circ$ C, sollte aber nicht über etwa 36° gebracht werden. Eine Temperatur von 42° wirkt sehr unangenehm brennend; dies ist mit grosser Schärfe festgestellt worden.

Diese Beobachtungen scheinen im Widerspruch zu sein mit der bekannten Feststellung, dass man sich vorübergehend in heisser Luft von wesentlich höherer Temperatur als 42° C aufhalten kann, und dass auch Wasser von wesentlich höherer Temperatur ertragen wird. Dies erklärt sich offenbar durch eine dünne Dampf-Schutzschicht an der Hautoberfläche, im einen Fall als Schweiß, im andern als Wasserdampf.

Nach E. F. Maximilian van der Held⁴⁾ darf die Oberflächentemperatur der Haut beim Anfassen eines warmen Gegenstandes nicht viel höher als 45° C werden. Diese Angabe widerspricht der unsrigen nicht, denn offenbar muss die dauernd und auf grösserer Berührungsfläche festgestellte Höchsttemperatur tiefer liegen.

Es ist sehr interessant, wenn auch wohl verständlich, dass die Wärmeempfindungsnerven gerade auf die Hauttemperatur, bei welcher das Leben der Zellen aufhört (beginnende Koagulation) so energisch ablehnend reagieren. Aus obiger Feststellung folgt der Satz:

2. Der Wärmefluss des Körpers kann andauernd höchstens partiell auf null gesenkt, nicht aber in seinem Richtungssinn umgekehrt werden.

3. Durch partielle Temperaturerhöhung der Hautoberfläche wächst die Temperatur anderer Stellen der Körperoberfläche, wenn der Gesamtwärmehaushalt ungefähr gleich bleibt, wie bei behaglichem Raumklima. Es kommt indes nicht zu einer Temperaturgleichheit der bekleideten Körperteile.

4. Die Fußsohlen eignen sich nicht zu intensiver Verminderung der Gesamtentwärmung des Körpers.

5. Raumtemperaturen von $6\ldots7^\circ$ C sind die niedrigsten, für welche mit Berührungsheizung noch

Behaglichkeit erreichbar ist. Das will indes nicht heissen, dass nicht bei wesentlich niedrigeren Temperaturen der Aufenthalt sehr erleichtert werden könnte.

6. Das zulässige Verhältnis der beheizten Fläche zur Gesamtfläche — wir nennen es relative Heizziffer R — ist um so kleiner, je weniger das Raumklima vom behaglichen Klima abweicht.

7. Die Heizwirkung der Berührungsheizung ist um so behaglicher, je näher $R = 1$ ist.

8. Für Raumtemperaturen von 10° C muss $R = 0,6$ betragen, um bei auf 18° abgestimmter Kleidung volle Behaglichkeit zu empfinden. Bei auf 16° abgestimmter Kleidung muss $R = 0,4$ sein.

9. Die Beheizung soll möglichst auf Oberkörper und Beine verteilt sein. Am behaglichsten wird bei partieller Beheizung eine solche von Rumpf und Vorderseite der Ober- und Unterschenkel empfunden.

Es sind dies erst ganz bescheidene Anfangsresultate eines Wissenschaftszweiges, zu deren gründlichen Beackerung Hygieniker, Mediziner und Ingenieure ihre Beiträge leisten müssen.

2. Ausführungsarten der Berührungsheizung

Versucht man, die dargelegten Erkenntnisse auf die Praxis der Heizung anzuwenden, so stösst man auf zahlreiche technische Schwierigkeiten. Die eine besteht in der rein technischen Forderung, beliebig geformte, gut flexible und doch solide und ungefährliche elektrisch beheizte Flächen zu schaffen, die andere in der rein praktischen Forderung, die beheizten Flächen so anzuordnen, dass sie möglichst grosse Teilflächen des menschlichen Körpers, ohne wesentliche Behinderung der Tätigkeit und ohne zu weitgehende Eingriffe in Bekleidungsgewohnheiten bedecken. Die folgenden Darlegungen befassten sich hauptsächlich mit dem zweiten Problem.

Wir können grundsätzlich 2 verschiedene Ausführungsarten der Berührungsheizung unterscheiden:

1. Heizkleider, d. h. kleidungsartige Heizflächen, die vom menschlichen Körper getragen werden.

2. An Tragvorrichtungen befestigte flexible Heizflächen, die sich dem Körper anschmiegen.

Ferner können Kombinationen der 1. und 2. Art zweckmässig sein.

Es ist einleuchtend, dass die oben genannten Probleme erster Art an Heizkleidern wesentlich schwieriger zu lösen sind als an ortsfesten Heizflächen.

Die Heizkleider haben folgende Vorteile: Sie ermöglichen sowohl bei sitzender, als auch bei stehender Anwendung eine besonders gleichmässige Heizwirkung bis zu Raumtemperaturen von $7\ldots8^\circ$ herunter, da R nahe zu 100% gemacht werden kann. Sie gestatten auch beim Verlassen des Arbeitsplatzes in einem gewissen Umkreis (durch die Kabellänge gegeben) die Aufrechterhaltung der Heizung, was bei Temperaturen unter etwa 10° wesentlich ist. Auch ihre Akkumulierwirkung ist dann vorteilhaft.

An Tragvorrichtungen befestigte flexible Heizflächen haben andere Vorteile: Sie sind in der

Anschaffung billiger, bedingen bei geeigneter Ausführung keine Bindung an ein Kabel, sie können



Fig. 3.
Organist mit Thermoflex-Heizmantel
Transformer auf der Bank.

klein ist, eignen sie sich nicht für sehr kalte Räume, sofern grosse Ansprüche an die Behaglichkeit ge-

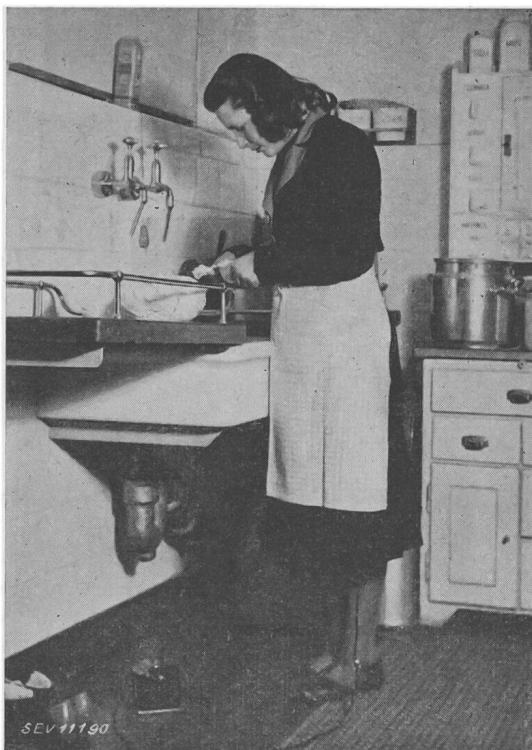


Fig. 5.
Hauskleid mit Thermoflex-Heizung



Fig. 4.
Morgenrock mit Thermoflex-Heizfutter

besonders gut zur Warmhaltung der Beine ausgebaut werden. Da ihr R im allgemeinen ziemlich

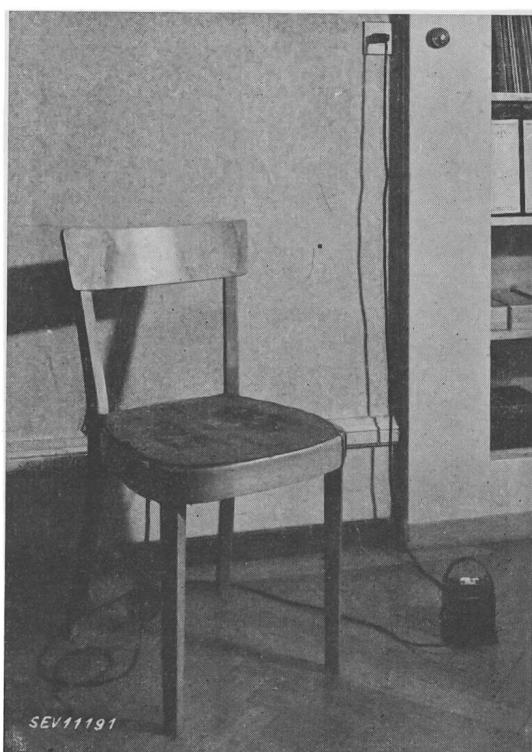


Fig. 6.
Stuhl mit Kontaktkissen und Stufenschalter

stellt werden. Sie sind nicht wie Kleider anzupassen und können deshalb auch für die gleich-

zeitige Beheizung zahlreicher Personen angewandt werden. Da sie den Gewohnheiten der Menschen näherkommen als die Heizkleider, werden weniger psychologische Widerstände zu überwinden sein.

Im folgenden werden zweckmässige Ausführungsarten beschrieben.

A. Heizkleider.

Die im Handel befindlichen «Thermoflex»-Kleinspannungs-Heizmäntel wurden in Zeitschriften bereits mehrfach beschrieben. Sie seien des Zusammenhangs wegen hier nochmals ganz kurz behandelt. Man darf ohne weiteres behaupten, dass sie die physiologisch ideale Form der Berührungsheizung darstellen. Dadurch, dass ein leichter, bis unter die Knie reichender poröser Mantel vollständig elektrisch beheizt wird, natürlich mit Ausnahme von Kopf, Hals, Händen und unterste Teile der Beine mit den Füßen, ist R etwa 0,8. Der Mantel wird mit Kleinspannung von max. 20 V betrieben: diese wird aus der Netzspannung erzeugt mittels eines kleinen Stufentransformators, der auch eine weitgehende Leistungsregulierung ermöglicht. Originell ist die mit Sitzkontakteen versehene Ausführungsart, bei welcher die Energie über ein Kontaktkissen zugeführt werden kann, so dass nicht einmal eine Bindung an das Anschlusskabel nötig ist. Die Bilder 3...6 geben einen Begriff der Anwendungsweise. Die Leistung beträgt 30...90 W. Die Dauerleistung bei 10° Raumtemperatur beträgt etwa 50 W. Der Mantel wirkt bei 8...9° noch behaglich. Er kann mit einer gewissen Einbusse an Behaglichkeit gut noch bei 5...6° verwendet werden.

Die technische Ausführung hat nicht geringe Schwierigkeiten geboten, insbesondere bei den heutigen Materialbeschaffungssorgen. Der Wärmeverteilung und der mechanischen Festigkeit wurde bei der Entwicklung grosse Aufmerksamkeit geschenkt, so dass nach und nach Modelle geschaffen waren, die solide und thermisch sehr ausgewogen sind.

B. Der Berührungssofen.

Ausgehend von der Ueberlegung, dass die Menschen, die sich in Zimmern aufhalten, den weitaus grössten Teil ihrer Zeit sitzend verbringen, und dass sie bei dieser Lebensweise am ehesten frieren, wurde ein neues handliches Gerät, der «Berührungssofen» entwickelt. Die Raumtemperatur für seine Anwendung soll so hoch sein, dass erstens die Menschen beim Herumgehen nicht frieren, zweitens in sitzender Stellung bei einseitiger Körperbestrahlung kein Kältegefühl an den nicht bestrahlten Teilen zustandekommt. Diese Temperatur beträgt 10...13° C.

Der einfache Berührungssofen ist in Fig. 7 dargestellt. Er besteht aus einem [-förmigen Träger und einem daran hängenden Doppel-Heiztuch von je ungefähr 50·50 cm Grösse. Die Temperatur dieses Heiztuches ist regelbar; die maximal aufgenommene Leistung beträgt 100 W, die meist benötigte Leistung 65 W. Das eine Heiztuch wird bei Benützung des Ofens über die Knie und die Unterschenkel der Beine, das andere über

die Oberschenkel und den Rumpf gelegt. Dabei soll die Bekleidung eine gut warme Winter-Innenraumbekleidung sein. Die Wirkung ist erstaunlich gut, angenehm und fast trägeheitslos.

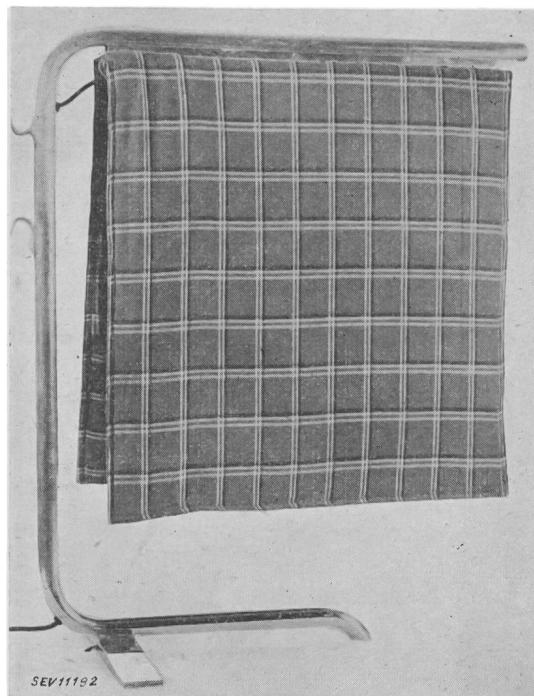


Fig. 7.
Belmag-Berührungssofen



Fig. 8.
Belmag-Berührungssofen vor dem Schreibtisch

In den Bildern 8...10 ist ohne weiteres erkennbar, wie der Berührungssofen angewandt wird, sei es

am Arbeitstisch oder beim Liegen auf dem Sofa. Für stationären Gebrauch an immer derselben Stelle, sei es am Schreibtisch, am Bibliothekstisch, Konferenztisch, Speisetisch usw. kann der Tisch

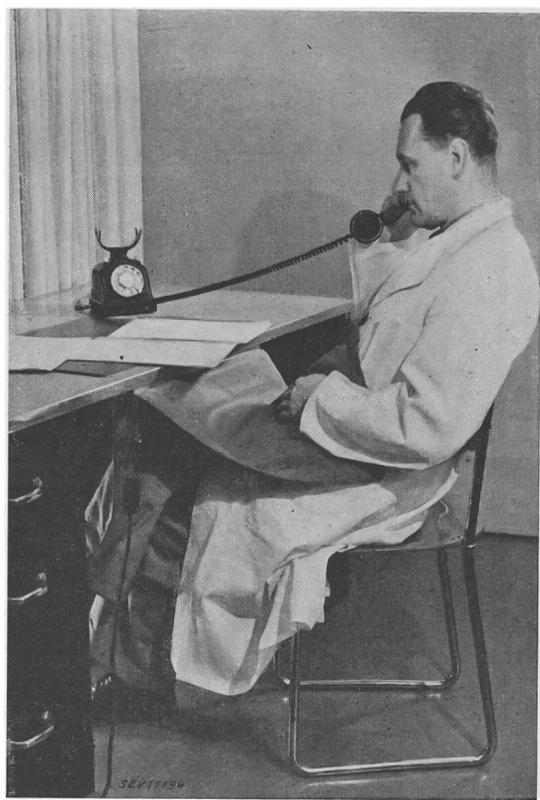


Fig. 9.

Belmag-Berührungssofen am Schreibtisch festmontiert

selber als Träger des Doppelheiztuches dienen. Die Befestigung erfolgt über eine kleine Metallschiene (Fig. 7). Da keine Anpassung an die Grösse der Person nötig ist, können an einem Tisch mehrere Berührungs-Heizbehänge angebracht werden. Im Sommer können die Heizgarnituren weggenommen



Fig. 10.

Anwendung des Belmag-Berührungssofens beim Liegen

und wie Wäsche aufbewahrt werden. Der Berührungssofen eignet sich deshalb gut als Familien-Heizung, für Bureautische, Schreibmaschinenteische, Arbeitsstellenheizung in Fabriken usw. Wo viele

Heizgarnituren montiert werden, rechtfertigt sich die Anwendung von Kleinspannung, da der Preis des gemeinsamen Transformators durch die billige Ausführung der Garnituren kompensiert wird und eine ganz vorzügliche Regulierung der Temperatur ermöglicht wird. Dies gilt z. B. für die Kirchenheizung.

Ein weiteres neues Gerät ist die Kombination eines Berührungssofens mit einer Stehlampe. Zur abendlichen Lektüre oder zur beschaulichen Arbeit dürfte dies ein höchst praktisches Hilfsmittel sein. Es vereinigt erstmals die Arbeitsplatzbeleuchtung mit der Arbeitsplatzheizung.

Der Berührungssofen ermöglicht durch eine daran befindliche Steckdose den Anschluss verschiedenster anderer Heizmittel: So eine Stuhllehnenbeheizung, Tischflächen- und Schreibmaschinenheizung. Durch ein Heiztuch auf dem Tisch wird den Papieren ihre Kälte genommen, die Hände bleiben warm und um die Schreibmaschinentasten strömt warme Luft. Solche Zusätze sind indes nur in besonders kalten Räumen nötig.

Die relative Heizziffer R beträgt für den Berührungssofen ca. 0,4, so dass die tiefste Temperatur, die noch angenehm ertragen wird, etwa 12...14° beträgt, wenn die Bekleidung einer Raumtemperatur von 18...19° angepasst ist. Entspricht aber die Bekleidung einer Raumtemperatur von 16°, so genügen mit dem Berührungssofen Räume mit 10 bis 12°, was durch die Erfahrung vollauf bestätigt wird.

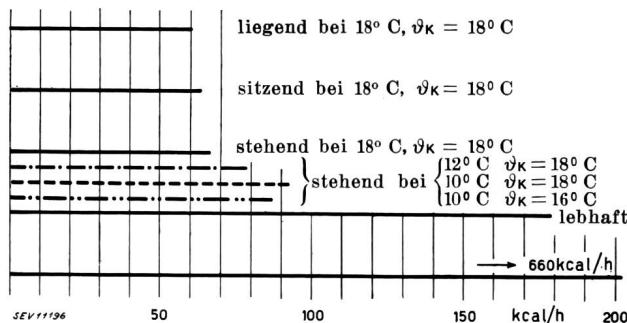
Für Raumtemperaturen unter 10°, insbesondere in Räumen mit kalten Wänden, erhält man eine vorzügliche Heizwirkung, wenn zum Berührungssofen noch eine Heizweste getragen wird, die den Oberkörper und die Arme gut warm hält. Hierfür genügt eine Heizleistung von 10...20 W.

Die Teilheizung des Körpers ist in der hier vorgeschlagenen Form nicht nur aus konstruktiven Gründen besonders zweckmäßig, sondern weil sie auch die Füsse auf die bestmögliche Art warm hält. In der Nähe des Fussbodens ist die Raumluft im allgemeinen kühler als weiter oben, weshalb Beine und Füsse unangenehm erkalten. Es sei hier auf eine sehr interessante Arbeit von E. F. Maximilian van der Held, betitelt «Etwas über verbrannte Finger und kalte Füsse»⁴⁾ hingewiesen, in welcher gezeigt wird, dass für den durch Strumpf und Schuh gegen unmittelbare Berührung geschützten Fuss eine zu starke Abkühlung nicht direkt dem kalten Boden zuzuschreiben ist, sondern der kalten Luftsicht, die über dem Boden liegen bleibt und die auch die obere Teile des Fusses, die Schenkel und einen Teil des Beines abkühlen. Der Wärmewiderstand des Absatzes ist nämlich gross genug, um die Fersen vor Abkühlung zu schützen. Der mittlere Teil des Fusses ruht nicht auf dem Fussboden. Die Sohle unter den Fussballen hat eine zu kleine Berührungsfläche, als dass sie die Hauptursache zur Abkühlung der Füsse sein könnte.

Der Oberkörper lässt sich auch verhältnismässig leichter gegen Wärmeverluste schützen als der Unterleib und die Beine.

3. Geeignete Höhe der Raumtemperatur

Die allgemeine Regel verlangt als behagliche Raumtemperatur 18...20° C. Das deutsche Reichsgesundheitsamt (Reichsgesundheitsblatt 1935, Seite 942) gibt als Richtlinie für einzel oder zentral beheizte Räume, die zum dauernden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, eine durchschnittliche Raumtemperatur von 17,5...18,5° als wünschbar an.



Die Individualheizung erlaubt, die Raumtemperatur erheblich herabzusetzen. Um die geeignete Temperatur zu bestimmen, wurden folgende Gesichtspunkte gewürdigt:

1. Bei Handlungen, die vorübergehend keine Berührungsheizung gestatten, soll keine Unbehaglichkeit empfunden werden.
2. Unbedeckte Körperstellen, z. B. Kopf und Hände, sollen nicht unbehaglich kalt werden.
3. Die Unterschiede des Körperwärmeflusses verschiedener Körperstellen sollen so gering bleiben, dass weder unangenehme örtliche Ueberhitzungsgefühle, noch Verwöhnungserscheinungen auftreten.
4. Die Atmungsorgane sollen keine Kälterezierung erfahren.
5. Es soll ein erheblicher wirtschaftlicher Gewinn zu stande kommen.

Es war eine ganz üble Gewohnheit, sich im Winter für den Aufenthalt in Räumen nicht entsprechend der Jahreszeit zu kleiden. Die Notwendigkeit der Brennstoffeinsparung hat endlich die Menschen gezwungen, diese Gewohnheit zu ändern. Man hat wohl allgemein die Ueberzeugung erlangt, dass man sich ohne übertriebene und ohne unbequeme oder unschöne Bekleidung doch so gegen Wärmeverluste schützen kann, dass man 16° Raumtemperatur noch als angenehm empfindet. Für jegliche Art der Individualheizung setzen wir daher voraus, dass die Kleidung diesen 16° angepasst sei.

Nur der unbewegte Körper bereitet dem genügenden Kälteschutz gewisse Schwierigkeiten. Aus Fig. 11 ist erkennbar, dass sich die Körperwärme durch lebhaftes Gehen rund verdreifacht. Eine Zunahme der Körperwärme um nur 33 % lässt 10° Raumtemperatur so behaglich wie bei ruhender Tätigkeit 16° empfinden. Natürlich findet in Wohn- und Arbeitsräumen im allgemeinen nicht ein lebhaftes Gehen statt, aber schon geringe Geh- und andere Bewegungen genügen zur Mehrproduktion von annähernd 33 %. Beträgt die Raumtemperatur 12°, so muss durch Bewegung nur 12 % mehr Körperwärme erzeugt werden. Der Bereich von 10...12° ist auch nötig, damit Kopf und Hände bei normaler Entwärmung des übrigen Körpers genügend

warm bleiben. Die Erfahrung zeigt, dass derselbe Temperaturbereich für die Atmungsorgane sehr angenehm ist, während unter 10°, mindestens unter 8...9°, bei vielen Menschen eine gewisse Reizung stattfindet.

Die Bedingung 3 lässt sich mit dem Heizmantel noch wesentlich unter 10° leicht erreichen, nicht aber mit dem Berührungsofen. Da für diesen die relative Beheizungsziffer etwa 0,4 erreicht, ist in

Fig. 11.

Wärmeabgabe des erwachsenen Mannes

sitzend, liegend und stehend, bei verschiedenen Raumtemperaturen und bei Bekleidung für 16° und 18° C, ferner bei lebhaftem Gehen und bei grösster Anstrengung. Durch ausgezogene Linien dargestellte Werte: aus Benedict¹²⁾.

Linien dargestellte Werte: aus Benedict¹²⁾.

Fig. 12 der Wärmefluss schematisch dargestellt für eine Raumtemperatur von 10 und 12°, im ersten Fall mit einer 18°-Kleidung und einer 16°-Kleidung, im zweiten Fall mit einer 16°-Kleidung. Zu erstreben ist ein möglichst ausgeglichener Wärmeffuss. Dies wird bei 12° sehr weitgehend erreicht, bei 10° schon weniger vollkommen und nur dann genügend, wenn die Wände nicht sonderlich kalt

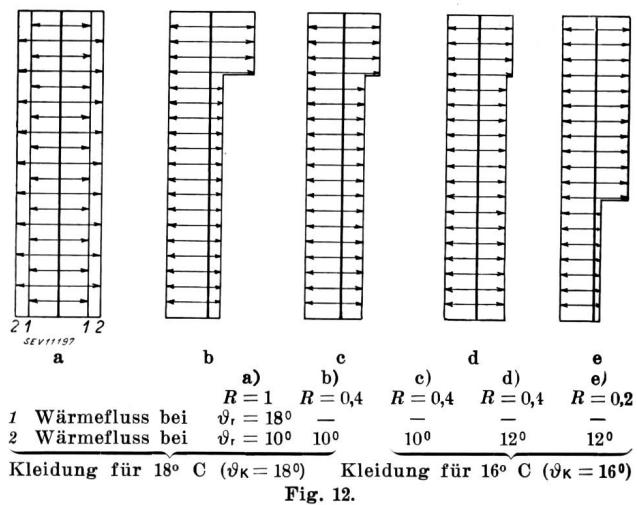


Fig. 12.

Schematische Darstellung des Körper-Wärmeffusses für verschiedene relative Beheizungsziffern R und Raumtemperaturen v_r .

a...b für eine bei 18°C normale Bekleidung.
c...e für eine bei 16°C normale Bekleidung.

sind. Dass bei $R = 0,2$ durchaus unhaltbare Zustände bestehen, geht aus Fig. 12e hervor.

Bei 10° ist aber der wirtschaftliche Gewinn bereits ganz hervorragend (siehe Kap. 5), während er bei 14...15° wohl zu unbedeutend wäre.

Alle diese Ueberlegungen lassen eine Raumtemperatur von 10...12° unter der Annahme, dass die Wandtemperatur von der Lufttemperatur nicht stark abweiche, als richtig erachten. Wir sehen uns veranlasst, 18° als veraltet zu bezeichnen, nicht nur für Kriegs-, sondern auch für Friedenszeiten.

4. Ueber den Grad der «Natürlichkeit» der Berührungsheizung

«Wir haben in unserer unwissenden Selbstgefälligkeit unsere natürliche Umwelt von Grund auf geändert, ohne die unmittelbaren und mittelbaren Folgen zu bedenken. Wir haben künstliche Klimate geschaffen, indem wir unsere Wohnungen heizen, indem wir willkürlich den Feuchtigkeitsgehalt der Luft verändern und indem wir durch elektrische Beleuchtung in lächerlicher Weise das Sonnenlicht nachzuahmen versucht haben. Wir sperren uns durch Mauern von Wind, Regen und Sonne ab, zerstören dadurch das elektrische Kraftfeld und absorbieren mehr oder weniger die durchdringende Raumstrahlung. Es ist also eine Frage grösster Wichtigkeit, welche Rückwirkung auf uns diese neuen Klimate haben, zu denen uns unsere Ingenieure und Architekten in ihrer Kurzsichtigkeit verurteilt haben.»

So schreibt Alexis Carrel⁷⁾ im Vorwort zu dem Buch von André Missenard «Der Mensch und seine klimatische Umwelt».

Da ich nun eben auch zu dieser verwünschten Kaste der Ingenieure gehöre, habe ich mir nach unserer so schrecklichen Verurteilung die kritische Frage gestellt, ob durch die Berührungsheizung die Natürlichkeit der Heizung in günstigem oder ungünstigem Sinne beeinflusst werde und wie es mit den Verwöhnungerscheinungen etwa stehe.

Bei der normalen Raumheizung steht jedenfalls fest, dass der gesamte Mensch sehr oft in einem unnatürlichen Klima steckt, sowohl mit seiner Aussenhaut, als auch mit seinen Atmungsorganen. Beim Verlassen des Wohnraumes ändert sich die Entwärmung plötzlich und besonders auch die Luftfeuchtigkeit. Der vergrösserten Entwärmung wird begegnet durch stärkere Bekleidung einerseits, durch grössere Wärmeerzeugung infolge der Bewegung anderseits. Die Atmungsorgane aber sind plötzlich einem viel rauheren Klima unterworfen, ohne dagegen geschützt zu sein. Die Feuchtigkeit in den geheizten Räumen liegt meist unterhalb dem von den Hygienikern als gesund bezeichneten Gebiet.

Nun der Vergleich mit der Berührungsheizung:

Die Räume werden auf nur 8...12° geheizt, so dass der Unterschied zwischen Freiluft- und Innenraumtemperatur 6...12° geringer ist, als bei normaler Raumheizung. Hiedurch bleibt auch der Feuchtigkeitsgehalt meist im günstigen Gebiet. Dies wurde bestätigt durch Messungen, welche M. Hottinger⁵⁾ im Winter 1942/43 sehr sorgfältig durchgeführt hat.

Viel weniger schroff sind auch die Temperaturänderungen, denen Kopf und Extremitäten ausgesetzt werden, wenn Innenraum und Freiluftaufenthalt gewechselt werden.

Was die Körperoberfläche betrifft, muss zwischen der totalen und der partiellen Berührungsheizung unterschieden werden. Bei der ersten ist die Entwärmung gleich wie im normal geheizten Raum; von einer Verwöhnung kann also nicht eher als bei normaler Heizung gesprochen werden.

Die partielle Berührungsheizung erfordert hingegen eine Temperaturüberhöhung einzelner Körperteile; sie nähert sich in ihrer Wirkung sehr stark der Heizung durch Cheminées, milde elektrische Strahlungswände, am meisten aber der Sonnenbestrahlung in kühler, nicht aber sehr kalter Atmosphäre. Wir entfernen uns also damit sehr

wenig von den Gepflogenheiten der Natur, sofern wir sie richtig ausführen und richtig anwenden: möglichst grosse Heizfläche (nicht nur ein Heizkissen), gut wärmeschützende Bekleidung und nicht zu kalter Raum; je nach der Art der partiellen Berührungsheizung wenigstens 10...13°, höchstens für kürzere Zeitdauer weniger. Es ist übrigens nicht schwer, individuellen Empfindlichkeiten einzelner Stellen durch Bekleidungstechnische Massnahmen Rechnung zu tragen.

Die praktische Erfahrung über 3 Winter hat keinerlei Verwöhnungerscheinungen beobachtet lassen; im Gegenteil, die grosse Annehmlichkeit und die günstige Wirkung solcher Heizung auf die Atmungsorgane und die Gesundheit wurde im allgemeinen erwiesen. Wir verweisen außer den eigenen Feststellungen auch wieder auf Beobachtungen Hottingers⁵⁾, aus denen wir folgende Feststellungen wörtlich zitieren:

«Ueberhaupt war das körperliche Befinden, trotz ausgiebiger Verwendung des Heizmantels und dementsprechend niedrigen Raumtemperaturen und geringem Brennstoffaufwand zur Erwärmung des Versuchsraumes, dauernd gut. Man vergisst bei nicht gar zu kalten Raumtemperaturen und nach andauernder Benützung des Heizmantels vollkommen, dass man sich in einem nicht beheizten oder nur auf 10...12° aufgewärmten Raum befindet. Die derart durchgeföhrte Lebensweise hat sich nach meinen Feststellungen sogar insofern günstig ausgewirkt, als die Stimmbänder, wohl zufolge des verhältnismässig hohen relativen Feuchtegehaltes der kühlen Raumluft und des Umstandes, dass wegen der seltenen Benützung des Ofens und des Sammelheizkörpers die Staubversengung stark vermindert war, geschont wurden, wodurch das Sprechen bei der Abhaltung von Vorlesungen und Vorträgen merklich erleichtert war.»

Jede Heizungsart weicht in der Wirkung in irgendwelcher Hinsicht von der Natur ab, die ja selbst in ihren Launen sehr variabel ist; die Berührungsheizung dürfte indes eines der wichtigsten hygienischen Probleme richtig lösen: die Vermeidung zu trockener Luft und die Verwöhnung der Atmungsorgane. Das allein rechtfertigt, ihrer Weiterentwicklung grosse Aufmerksamkeit zu schenken.

Dass die Temperatur bei vorübergehendem Verlassen des beheizten Arbeitsplatzes, resp. beim Abschalten des Heizmantels Schwankungen unterworfen ist, dürfte kaum schädlich wirken. Es wird dies durch die bisherige Anwendung dieser Heizungsart vollauf bestätigt. Es sei aber auch auf die Untersuchungen von Huntington⁶⁾ verwiesen, welche die älteren Feststellungen von Lehmann und Peddersen in Dänemark bestätigen: konstante Temperatur wirkt hemmend auf die Tatkraft. Etwas unwahrscheinlich kommt uns allerdings sein Resultat vor, dass bei geistiger Arbeit die besten Leistungen bei nur 5° erzielt werden, wobei allerdings zwischen 5 und 20° kein grosser Unterschied zu bemerken war. Immerhin weist auch diese Beobachtung darauf hin, dass die kühlen Raumtemperaturen bei Berührungsheizung keine Bedenken erwecken müssen. Die besonders für partielle Berührungsheizung erhobene Forderung gut wärmeschützender Kleidung findet in einer Bemerkung von Missenard eine Beipflichtung, indem er schreibt: «Ein besonders kalteempfindlicher Mensch sollte sich lieber

durch dicke Kleidung schützen und im übrigen versuchen, sich allmählich abzuhärten.»

Die Berührungsheizung erfüllt noch eine ganz anders geartete hygienische Forderung, indem sie zufolge der kühl gehaltenen Raumluft die Virulenz der Mikroben sehr vermindert. Es sei wiederum Missenard zitiert⁷⁾:

«Nun ist die Temperatur der Mikrobentröpfchen fast genau gleich derjenigen der Luft, was zur Folge hat, dass sie ziemlich unempfindlich gegen die Wandstrahlung sind. Wenn z. B. die Lufttemperatur 10° und die der Wände 24° beträgt, ist die resultierende Temperatur für schwach tätige Menschen etwa 16..18°, die Mikroben dagegen behalten die Lufttemperatur von 10° bei, was ihre Virulenz schwächt und die Vermehrung der Kolonien herabsetzt. Da ausserdem die Oberflächentemperatur der Kleider merklich höher ist als die der Luft, da sie nicht von der resultierenden Temperatur abhängt, so haben die Mikrobentröpfchen wenig Neigung, sich auf den Kleidern niederzuschlagen.»

Die Berührungsheizung erfüllt die hier dargestellten Bedingungen in hohem Masse.

5. Ueber die Wirtschaftlichkeit der Berührungsheizung

Obwohl gerade die ganz hervorragende Wirtschaftlichkeit die hervorstechendste Eigenschaft der Berührungsheizung ist, sei sie hier nur kurz gestreift, da sich verschiedene frühere Publikationen^{1), 2), 5)} bereits mit ihr beschäftigten. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind recht einfacher Art: Sie fussen einerseits auf der durch die Erfahrung wohl

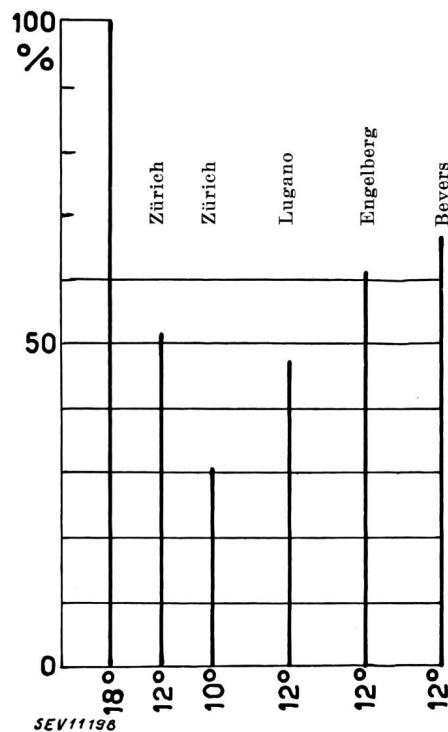


Fig. 13.

Nötige Wärmemenge für die Grundheizung auf 12° (für Zürich auch 10°), in % der Wärmemenge für normale Heizung (18°) für 4 ungleich hoch gelegene Orte der Schweiz, bestimmt nach den Temperaturhäufigkeiten 1869..1929.

bewiesenen Tatsache, dass mit Raumtemperaturen von 10..12° der behagliche Heizzustand erreicht wird, anderseits dass der Energieverbrauch der Berührungsheizung fast vernachlässigbar klein ist.

Zur Darstellung der hier geltenden Verhältnisse mögen Fig. 13 und 14 dienen. Sie dürften an Hand der Legenden ohne weiteres verständlich sein. Ferner seien 2 aufschlussreiche Tabellen aus einer

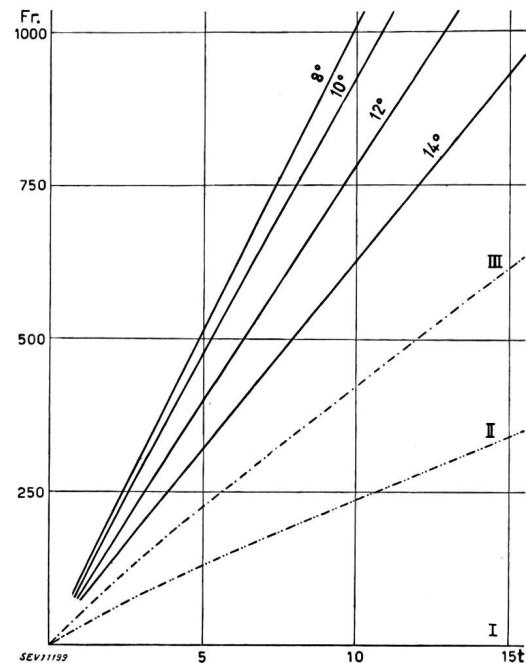


Fig. 14.

Diagramm der mit Individual-Zusattheizung erreichten Einsparung in Funktion der Koksmenge bei 3 verschiedenen Kokspreisen und für Raumtemperaturen von 8, 10, 12 und 14° C.

Kokspreis 160 Fr./t, Ordinaten von Axe I aus gemessen.
Kokspreis 100 Fr./t, Ordinaten von Axe II aus gemessen.
Kokspreis 75 Fr./t, Ordinaten von Axe III aus gemessen.
Preis der elektrischen Energie 8 Rp./kWh. Personenzahl angenommen zu 3 bei 1,5 t, zu 4 bis zu 5 t, zu 6 bis zu 10 t und zu 7 bis zu 15 t.

Arbeit von M. Hottinger wiedergegeben. Sie gelten für Zürich.

A. Durchschnittswinter

Tabelle I

Raumtemperatur °C	Zahl der Tage, an denen Ofenheizung erforderlich	Einsparung an Brennstoff %
18	198	—
12	140	47
11	110	58
10	78	69
8	32	86

B. Besonders kalter und langer Winter 1879/80 und besonders milder und kurzer Winter 1911/12

Tabelle II.

Raumtemperatur °C	Zahl der Tage, an denen Ofenheizung erforderlich		Einsparung an Brennstoff %	
	1879/80	1911/12	1879/80	1911/12
18	211	184	—	—
12	155	114	41	56
11	118	72	51	71
10	96	34	59	85
8	68	10	70	95

Man erkennt, dass eine weitgreifende Umstellung auf die Berührungsheizung geradezu revolutionierende Wirkungen im Wärmebedarf haben müsste. Allein schon unsere kleine Schweiz könnte alljährlich den gewaltigen Betrag in der Grössenordnung von 200..300 Millionen Franken im Lande behal-

ten. Unsere Zahlungsbilanz würde wesentlich beeinflusst. Unsere Gesundheit und unsere Behaglichkeit würden dadurch keine Einbusse erleiden. Wäre es also nicht der besten Kräfte würdig, für die nötige Umstellung unserer Gewohnheiten einzustehen?

Literaturhinweise

- 1) A. Imhof und M. Hottinger: Die Kleinspannungs-Individualheizung «Thermoflex». Schweiz. Techn. Z. 1942, Nr. 11, S. 141...148.
- 2) A. Imhof: Die Individualheizung als Ergänzung zur Raumheizung. Elektrizitätsverw. 1942, Nr. 8/9, S. 141...150.
- 3) Reichenbach und Heymann. Z. Hyg. Bd. 57 (1907).
- 4) E. F. Maximilian van der Held: Etwas über verbrannte

Finger und kalte Füsse. Schweiz. Bl. Heizg. u. Lüftg. 1942, Nr. 1, S. 18.

5) M. Hottinger: Versuchsergebnisse mit dem Heizmantel «Thermoflex». Schweiz. Bl. Heizg. u. Lüftg. 1943, Nr. 2, S. 52...72.

6) Civilisation and Climate 1935.

7) André Missenard: Der Mensch und seine klimatische Umwelt, Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart-Berlin. S. 200.

8) Vgl. Z. «Gesundheit und Wohlfahrt» 1942, Heft 4, S. 186.

9) M. Hottinger. Gesundheits-Ing. Bd. 64 (1941), Heft 9.

10) M. Hottinger und A. Imhof: Die Individualheizung «Thermoflex». Gesundheits-Ing. Bd. 64 (1941), Heft 9, S. 118.

11) A. Imhof: Eine elektrische Mantelheizung ohne Schnuranschluss. Schweiz. Techn. Z. 1942, Nr. 50, S. 704.

12) Benedict: Heat and Vent, Bd. 31 (1934), Nr. 19.

13) P. E. Wirth: Was heisst heizen und wie macht man es rationell mit Elektrizität? Bull. SEV 1942, Nr. 24, S. 691.

Ueber die Messung der Kupferverluste an Mutatortransformatoren

Von J. Kübler, Baden

621.314.21 : 621.314.65

Im Anschluss an frühere Veröffentlichungen im Bulletin SEV und einen Briefwechsel^{1...3)}, ferner im Hinblick auf zu schaffende internationale Regeln für Mutatortransformatoren wird nochmals grundsätzlich auf die Messung der Einzelverluste bei Mutatortransformatoren eingetreten und es wird eine Methode angegeben, die, im Gegensatz zur De Blieux-Methode, gut fundiert ist und, im Gegensatz zur Methode 4 (Bulletin SEV 1938, Nr. 11, S. 277/278), einen guten Ueberblick auch über die Zusatzverluste liefert. Diese neue Methode wird zur Einführung in die Regeln der CEI empfohlen.

Die Redaktion des Bulletins des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins hat mir mit Brief vom 2. Februar 1940 Kopie eines Schreibens des Herrn Professor Dr. H. G. Nolen, Delft, zugestellt mit der Bitte, dazu Stellung zu nehmen¹⁾.

Es war beabsichtigt, einige weitere Versuche im Versuchskanal der AG. Brown, Boveri & Cie., Baden, an Grossmutatortransformatoren vorzunehmen und dann erst auf den Brief von Nolen einzutreten und unsern Standpunkt darzulegen. Leider ist die Ausführung unseres Planes durch die militärischen Einberufungen stark verzögert worden, so dass die erwähnten Versuche erst vor kurzem abgeschlossen werden konnten. P. Waldvogel veröffentlichte

1) Das Schreiben lautet folgendermassen: «Im Bulletin SEV 1939, Nr. 24, kommt ein Brief des Herrn De Blieux vor, mit einer Antwort des Herrn Kübler. Herr Kübler erwähnt darin, dass immer die Zusatzverluste der Grundharmonischen gemeint sind. Ich habe in meinem Artikel Bulletin SEV 1939, Nr. 15, gezeigt, dass die Zusatzverluste der geraden Harmonischen nicht ausser Betracht gelassen werden dürfen. Nicht nur die Mischung der Spulen, sondern auch die Breite des Wicklungsdrähtes in Richtung der normalen Streufelder, das heisst senkrecht zur Richtung dieser geraden Harmonischen (wenigstens bei einer Mischung der Spulen der beiden Wicklungshälften in der Richtung der Säulenhöhe), bestimmen diese zusätzlichen Verluste. Bei der Messung der Verluste nach De Blieux werden derartige Verluste wenigstens teilweise mitgemessen, sei es, dass dieselben dann von der ersten Harmonischen aufgebracht werden, anstatt von der geraden Harmonischen, wie bei Mutatorbetrieb. Sie werden also jedenfalls entdeckt! Bei der Messung nach Kübler mit der ganzen Wicklung werden jedoch derartige Verluste gar nicht gemessen. Wenn also der Transformatoren nicht richtig konstruiert ist in dieser Beziehung, wird das nicht entdeckt werden. Das ist meines Erachtens ein grosser Nachteil, den man nicht in Kauf zu nehmen braucht, da eine bessere Methode, diejenige nach De Blieux, vorliegt.

das Resultat in den Brown-Boveri-Mitteilungen²⁾.

Das Schreiben¹⁾ zeigt, dass es wichtig ist, nochmals ausführlich und vielleicht noch unter stärke-

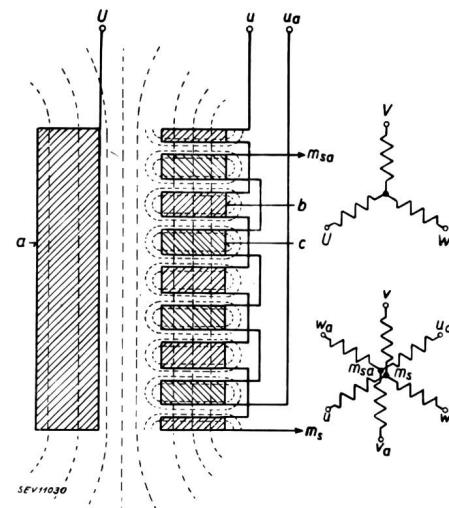


Fig. 1.
Schematische Darstellung der Wicklung

U V W Primärwicklung.
 u u_a Phase 1 } Sekundärwicklung
 Streulinien der ungeraden Harmonischen.
 - - - - Streulinien der geraden Harmonischen.

rer Betonung als früher die Gründe darzulegen, warum vom Standpunkte des Transformatorenkonstrukteurs aus die De Blieux-Methode abzulehnen und dafür die Methode Nr. 4³⁾, ausgebaut nach

2) Zusatzverluste in den Transformatoren und Maschinen, die Mutatoren speisen. Brown Boveri Mitt., 1942, Nr. 11/12, S. 357.

3) Vergl. Bull. SEV 1938, Nr. 11, S. 277/278.