**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
**Band:** 111/112 (1938)
**Heft:** 21

**Artikel:** Wärmeschutz in Wohnungsbauten
**Autor:** Stadler, O.
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-49952

**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:** 07.08.2025

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

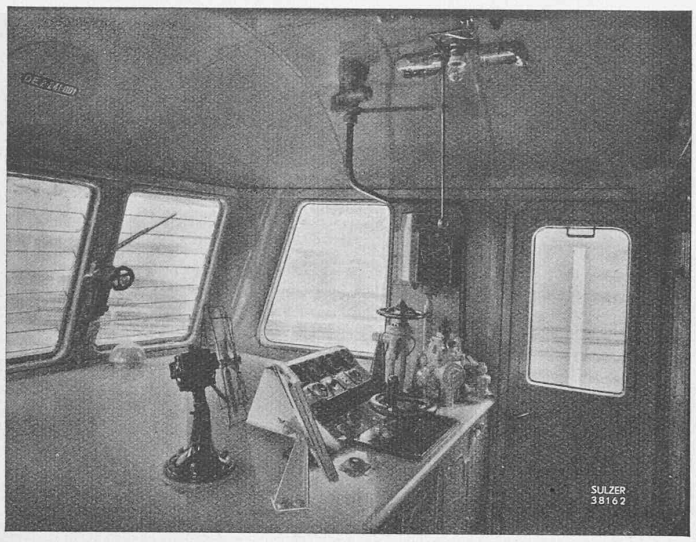


Abb. 7. Führerstand

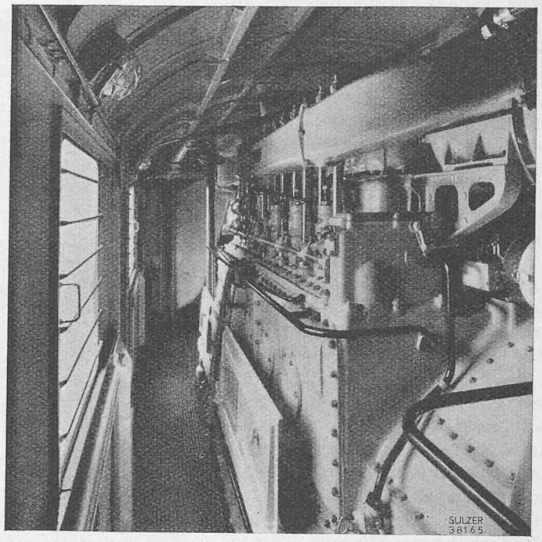


Abb. 8. Laufgang

4400 PS-Dieselelektrische Lokomotive für Rumänien

Die Zufuhr des Schmieröls erfolgt unter Druck durch Ausbohrungen in den Schubstangen, Querträgern und Lagern des Kurbelgehäuses. Das Brennstoffreguliergestänge für je sechs, mit einer Aufladegruppe zusammenarbeitende Zylinder bildet *ein* System. Dessen Bewegung wird durch einen Federregulator mit Oeldruck-Servomotor betätigt, besitzt aber eine Abhängigkeit vom Aufladedruck. Bei zu geringem Aufladedruck oder Unterbrechung im Oeldrucksystem wird die Brennstoffzufuhr eingeschränkt oder unterbunden. Zwei auf das gleiche Gestänge wirkende Druckluftkolben dienen zum Anlassen und Abstellen. Der Motor wird still gesetzt, wenn die Druckluft ausbleibt.

Gebläse- und Turbinenlaufrad der Aufladegruppe sitzen auf einer Welle, die einseitig axial geführt ist. Das Gehäuse des Gebläses und dessen Stutzen sind aus Leichtmetall, das Turbinengehäuse aus Gusseisen und wassergekühlt.

*Elektrischer Teil.* Der Hauptgenerator stützt sich einseitig auf das Getriebelager. Seine Rotorbleche sowie der Kollektor sind auf einem Stahlgusshohlkörper direkt aufgezogen. Der Anker des Hilfsgenerators ist weit unter die Wicklungsköpfe des Hauptrotors geschoben. Ein Ventilator saugt Luft durch die beiden Generatoren und stösst sie über den Hauptkollektor aus. Ein zweites Lager befindet sich auf der Seite des Hilfsgenerators.

Die fremdventilierten Triebmotoren sind vollständig abgefedert und übertragen ihr Moment über eine Zahnradübersetzung, Hohlwelle und einen Federtopfantrieb auf die Achsen. Triebmotor- und Generatorgehäuse sind aus Stahlguss, jene der Hilfsgruppen geschweisst. Das Anwerfen der beiden Dieselmotoren erfolgt nacheinander, indem die beiden parallel geschalteten Batterien auf die Seriefelder der Generatoren geschaltet werden. Eine weitere Nebenschluss-Gegencompound- und Fremderregerwicklung dient zur Regelung der Lokomotive. Bei ausgeschalteter Fremderregung sinkt die Generatorspannung auf Null, bei stillstehender Lokomotive und maximaler Fremderregung wird die äusserst zulässige Zugkraft am Rad entwickelt, die bei zunehmender Fahrgeschwindigkeit anfänglich schwach, später stark abfällt. Zur vollständigen Angleichung der Zugkraftkennlinie an die konstante Leistung des Primärmotors wird die Fremderregerwicklung automatisch beeinflusst. Zu diesem Zwecke steuert ein Oeldruckschieber einen Drehkolben, der den Erregerwiderstand entsprechend der Motorreglerstellung verändert. Der den Motorregler mit obigem Schieber verbindende Hebel stützt sich ferner auf einen Punkt, der durch Federkraft und zwei Elektromagnete derart verschoben werden kann, dass die Grundstellung des Schiebers entsprechend den Motorbetriebsdrehzahlen verändert wird. Die Motordrehzahlen werden vom Führer nach eigenem Ermessen eingestellt. Die automatische Regelung verhindert eine Ueberlastung des Dieselmotors, sei es durch eine Veränderung der Belastung, der Erwärmung der elektrischen Maschinen oder den Ausfall von Zylindern. Die vier Triebmotoren sind parallel geschaltet, durch Maximalstromrelais geschützt und einzeln abschaltbar, die Hilfsmaschinen teils an die Batterie, teils an die Klemmen des Hilfsgenerators angeschlossen. Kühl- und Ventilatormotoren können in Serie oder parallel laufen in Anpassung an die Aussentemperatur.

Ausführliche Darstellungen vergl. «Revue Technique Sulzer» Nr. 3/1938 und «BBC-Mitteilungen» Nr. 10/1938. R. Liechty.

# Wärmeschutz in Wohnungsbauten

Von Dr. O. STADLER, Abteilungsvorsteher der E. M. P. A., Zürich[1])

In den letzten Jahren wird der Frage des Wärmeschutzes von Bauwerken immer mehr Beachtung geschenkt. Besonders aktuell wird dieses Problem, wenn infolge steigender Brennstoffkosten die Auslagen für die Erwärmung der Wohnräume in die Höhe gehen. Der Wärmeschutz ist aber nicht nur eine Frage der Wirtschaftlichkeit, sondern eine vom wärmetechnischen Standpunkte aus geeignete Wahl der Baukonstruktion erhöht wesentlich auch den Wohnkomfort.

Vor einigen Jahren habe ich an anderer Stelle über das wärmetechnische Verhalten des Backsteins berichtet[2]). Ich werde daher hier die Frage des Wärmedurchganges nur kurz streifen und vor allem einige Ergänzungen zu dem damals Mitgeteilten anbringen, da die in der Zwischenzeit gewonnenen Erkenntnisse im Laboratorium und in der Praxis dazu geführt haben, die in den Richtlinien des Vereins Schweiz. Centralheizungsindustrieller enthaltenen k-Werte entsprechend zu ergänzen[3]). Des weiteren möchte ich über einige Versuche berichten, die die Ermittlung des günstigsten Scheibenabstandes von doppelverglasten Fenstern bezweckten und sehr interessante Resultate ergaben. Vor allem aber möchte ich hier über die Frage der Wärmespeicherung, des Einflusses der Oberflächentemperatur und der Luftdurchlässigkeit berichten. Im Zusammenhang damit soll darüber diskutiert werden, wann man die Isolierschicht vorteilhaft innen und wann aussen anbringen soll.

Da die Anforderungen, die an die einzelnen Räume hinsichtlich Wärmeschutz gestellt werden müssen, von Fall zu Fall weitgehend verschieden sind — u. a. spielt z. B. eine Rolle, ob die Räume dauernd oder nur vorübergehend benützt werden — ist es natürlich nicht möglich, eine Idealkonstruktion zu entwerfen, die für alle Zwecke geeignet ist. Man wird vielmehr jeden Fall für sich betrachten müssen. Ich muss mich daher darauf beschränken, zu zeigen, worauf es ankommt, wenn man ein bestimmtes Ziel erreichen will. Ferner ist daran zu denken, dass unsere Konstruktionen nicht nur in wärmetechnischer Hinsicht richtig gewählt werden müssen, sondern auch in bezug auf Schallisolierung und Festigkeit gewissen Anforderungen entsprechen sollen. Endlich spielen auch noch die Verarbeitbarkeit und die Anschaffungskosten eine nicht zu verachtende Rolle.

## I. Fragen des Wärmedurchganges.

Der Wärmedurchgang ist bestimmt durch: die Wärmeleitzahl der Konstruktion, die Wärmeübergangszahlen und die Dicke der Konstruktion. Zwischen diesen Grössen besteht folgende Beziehung:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + \frac{1}{a_0}$$

[1]) Auszug aus einem in der Technischen Gesellschaft Zürich am 25. Febr. 1938 gehaltenen Vortrag. Ein ausführliches Referat findet sich im Heft 4 (Oktober 1938) der «Schweizerischen Blätter für Heizung und Lüftung».

[2]) Physik des Backsteins, herausgegeben vom Verein Schweiz. Stein- und Ziegelfabrikanten.

[3]) Vgl. VSCI-Regeln, Ergänzung 1938, herausgegeben vom Verein Schweiz. Centralheizungs-Industrieller (VSCI).

Dabei bedeuten:

$k$ = Wärmedurchgangszahl in kcal/m², h, °C.
$\lambda_1$, $\lambda_2$ usw. = Wärmeleitzahl der einzelnen Schichten in kcal/m, h, °C.
$e_1$, $e_2$ usw. = Dicke der einzelnen Schichten in m.
$\alpha$ bzw. $\alpha_0$ = Wärmeeintritts- bzw. Wärmeaustrittszahl in kcal/m², h, °C.

Wie aus den Ergänzungen 1938 zu den Regeln des V.S.C.I. hervorgeht, kann man mit folgenden Wärmeübergangszahlen rechnen:

| Art der Fläche | $\alpha_0$ | $\alpha$ |
|---|---|---|
| Aussenwände | 7 | 20 |
| Innenwände | 7 | 7 |
| Decken | 7 | 7 |
| Böden | 5 | 5 |
| Terrassen, Dächer | 7 | 20 |

Diese Werte entsprechen bei der Innenfläche ruhender Raumluft und bei der Aussenfläche einer Strömungsgeschwindigkeit der Luft von rd. $1^1/_2$ m/s. Auch bei starkem Windanfall behält man diese Werte in der Regel bei, da bei der Transmissionsberechnung für den Windanfall usw. besondere prozentuale Zuschläge gemacht werden.

Während die Wärmeübergangszahlen vor allem durch äussere Verhältnisse wie Luftgeschwindigkeit, Ueber- oder Untertemperatur der Luft über bzw. unter der Oberflächentemperatur, sowie der Oberflächenbeschaffenheit usw. bedingt sind, also vom Material an sich nur unwesentlich beeinflusst werden, sind die Wärmeleitzahlen reine Materialkonstanten. In meinen früheren Ausführungen habe ich gezeigt, dass die Wärmeleitzahl mit zunehmendem Raumgewicht, mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt und mit zunehmender Temperatur ebenfalls ansteigt, das Isoliervermögen also schlechter wird. Ich verzichte hier darauf, auf diese Beziehungen nochmals näher einzugehen.

Für die Beurteilung von neuen Konstruktionen wird häufig die Dicke der hinsichtlich Wärmedurchgang gleichwertigen Ziegelmauer als Vergleich herangezogen und somit die Ziegelmauer als Standard-Konstruktion betrachtet. Hierbei wurde bei der Ziegelmauer in der Regel eine Wärmeleitzahl im bautrockenen Zustand von 0,75 kcal/m, h, °C angenommen. Dieser Wert war früher berechtigt, als man allgemein Vollsteine verwendete. Für unsere heutigen Verhältnisse ist aber der Vergleich insofern nicht mehr einwandfrei, als Vollsteine bei uns nur noch ausnahmsweise Verwendung finden und man meistens Normallochsteine braucht, wenn nicht Spezialhohlsteine zur Anwendung gelangen. Die Normallochsteine verhalten sich aber hinsichtlich Isoliervermögen günstiger als die Vollsteine, ihre Wärmeleitzahl kann mit 0,52 kcal/m, h, °C angenommen werden. Rechnet man dagegen mit dem alten Wert von 0,75 kcal/m, h, °C, so kommt bei diesen Vergleichen das Backsteinmauerwerk entschieden zu ungünstig weg. Da auch die Richtlinien des Vereins Schweiz. Centralheizungsindustrieller für die Transmissionsberechnungen bis vor kurzem den gleichen Wert annahmen, war es notwendig, diese Richtlinien entsprechend zu ergänzen, indem man daneben auch noch die Werte für den Normallochstein und für Hohlsteine, wie sie heute ebenfalls vielfach Verwendung finden, aufnahm[4]).

Vergleicht man die neuen k-Werte mit den früheren Angaben, so erkennt man, dass sie rd. 20 % günstiger sind als die alten. Während man bei alten Bauten, zum Beispiel Vorkriegsbauten, ohne weiteres mit den früheren Werten rechnen kann, empfiehlt es sich, bei neueren Bauten die niedrigeren Werte einzusetzen.

Zur Ermittlung des günstigsten Scheibenabstandes bei doppeltverglasten Fenstern wurde ein Fenster in einen Korkrahmen, der sich in einem Versuchshaus befand, vollkommen dicht eingebaut. Die eine Seite wurde mit Luft von rd. —10° C angeblasen, wobei die Windgeschwindigkeit rund 2,5 m/s betrug. Die durch die Fensterfläche gehende Wärme wurde bestimmt und daraus der k-Wert für das Fenster (inkl. Rahmen) errechnet. Die Fensterfläche betrug 50×100 cm pro Fenster.

In der Abb. 1 ist die Aenderung der Wärmedurchgangszahl in Funktion des Scheibenabstandes graphisch dargestellt. Man erkennt daraus, dass bei dem untersuchten Fenster bei einem Scheibenabstand von rund 25 mm ein Minimum erreicht wird. Diese Erkenntnis führte dann auch dazu, dass man heute zum Teil auf einen geringeren Scheibenabstand bei doppeltverglasten Fenstern übergegangen ist.

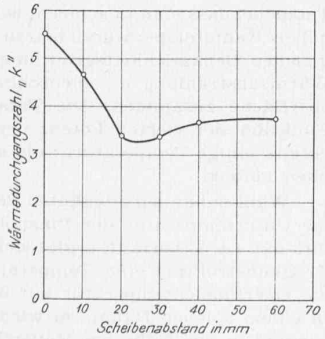


Abb. 1. Aenderung der Wärmedurchgangszahl $k$ in Funktion des Scheibenabstandes bei fugenlosen Fenstern

Die gleiche Erkenntnis hat man auch bei der sog. Alfolisolierung verwendet, indem man durch dünne Aluminiumfolien den Luftraum in dünne Schichten von rd. 1 cm unterteilt; hinzu kommt in diesem Falle allerdings noch die Strahlungswirkung der blanken Oberfläche.

Anderseits ist man neuerdings zum Teil auf noch kleinere Abstände gegangen und hat dann die Luft durch ein Gas mit einem höheren Wärmewiderstand ersetzt, womit ebenfalls befriedigende Ergebnisse erhalten worden sein sollen.

Es sei aber ausdrücklich erwähnt, dass sich diese Ausführungen nur auf die bei Bauten vorkommenden Verhältnisse beziehen; bei grossen Windgeschwindigkeiten, wie sie bei Eisenbahnwagen, Automobilen, Flugzeugen usw. auftreten können, kommen selbstverständlich noch andere Faktoren in Betracht.

**II. Die Wärmespeicherung.**

Die Wärmespeicherung gibt an, wieviel kcal pro m² Wand, bezogen auf die Aussentemperatur, aufgespeichert werden können. Die Wärmespeicherung ist also von der spezifischen Wärme des Baustoffes, der Temperaturdifferenz zwischen Baustoff und Aussenluft und vom Volumengewicht bzw. dem Gewicht pro m² Wand abhängig. Indessen ist das Wärmespeichervermögen nicht allein entscheidend für Wärmehaltung und Abkühlung, denn darauf hat auch noch die Temperaturleitzahl der in Frage kommenden Schichten einen Einfluss. Ohne Speichervermögen ist dagegen eine Wärmehaltung nicht möglich.

Im allgemeinen wird ein hohes Wärmespeichervermögen folgende Auswirkungen haben: a) langsame Raumerwärmung beim Anheizen, da nicht nur die Raumtemperatur auf die gewünschte Höhe gebracht werden muss, sondern auch jene der Speichermasse; b) geringe Abkühlung der Räume beim Lüften und beim Abstellen der Heizung und Kühlbleiben der Räume im Sommer und c), als Folge von b), die Möglichkeit, die Heizungen mit möglichst gleichbleibender Belastung zu betreiben.

Ein hohes Speichervermögen wird sich also vor allem dort günstig auswirken, wo die Räume dauernd geheizt werden sollen oder wo starke Temperaturschwankungen der Aussenluft oder sonstige atmosphärische Störungen zu erwarten sind. Ungünstig wird sich dagegen das Speichervermögen dort geltend machen, wo die Räume nur vorübergehend erwärmt werden müssen, wie zum Beispiel bei Weekendhäusern, Sälen usw., weil dann die Anheizzeit zu lang wird. Es soll dies aber nun nicht heissen, dass derartige Räume mit möglichst dünnen, schlecht isolierenden Wänden gebaut werden müssen, es soll vielmehr später gezeigt werden, wie man nur durch die geeignete Anordnung der Isolierschicht weitgehend das Speichervermögen beeinflussen kann, ohne grössere Wärmeverluste in Kauf zu nehmen und ohne die Oberflächentemperaturen an der Innenwand zu senken.

Diese einleitenden Ausführungen zeigen auch, dass es gar keinen Sinn hat, bei dauernd benutzten Räumen mit einem grossen Speichervermögen möglichst lange mit dem Heizen zuzuwarten, da dadurch kaum wesentlich Brennstoff eingespart werden kann. Im Gegenteil, wartet man zu lange mit dem Heizbeginn, so sind die Wände vollkommen ausgekühlt und man muss die entsprechende Wärme wieder ersetzen. Da dies dann jeweils möglichst rasch geschehen soll, müssen die Räume zeitweise überheizt werden, bis die Mauern die notwendige Wärme aufgenommen haben. Durch rechtzeitigen Heizbeginn dagegen können wir mit relativ wenig Brennstoff dieses Auskühlen vermeiden.

Während wir bei der Berechnung der Wärmedurchgangszahl einer Wandkonstruktion mit einer mittleren Wärmeleitzahl für die ganze Wand rechnen können, ist dies für die Ermittlung der Wärmespeicherung nicht mehr möglich. Wir müssen vielmehr das Speichervermögen der einzelnen Schichten für sich getrennt errechnen. Es ist also notwendig, die Temperaturverteilung innerhalb der Wand zu kennen, diese kann ohne Schwierigkeiten aus den Wärmeleitzahlen für eine bestimmte Temperaturdifferenz, z. B. —20 bis +20 °C errechnet werden.

Für die bei uns in Frage kommenden Materialien können wir für anorganische Baustoffe wie Backstein, Beton usw. mit einer spezifischen Wärme von 0,21 kcal/kg, °C und für die organischen Materialien, die im Bauwesen eine Rolle spielen, mit 0,45 kcal/kg, °C rechnen. Hinzu kommt dann allerdings noch die Wärmespeicherfähigkeit des im Baustoff enthaltenen Wassers[5]).

Im nachfolgenden soll untersucht werden, wie man das Speichervermögen durch eine geeignete Wahl der Konstruktion nach Belieben beeinflussen kann. Zu diesem Zwecke habe ich in Abb. 2 den Wärmedurchgang durch eine 10 cm starke Trag-

[4]) Vergl. VSCI-Regeln Ergänzung 1938.

[5]) Vgl. *Cammerer:* Konstruktive Grundlagen des Wärme- und Kälteschutzes im Wohn- und Industriebau, 1936.

konstruktion von 2000 kg/m³ Raumgewicht und einer Wärmeleitzahl von 1,0 kcal/m, h, °C, die mit einer 3 cm starken Isolierschicht (Raumgewicht 150 kg/m³, Wärmeleitzahl 0,03 kcal/m, h, °C) verbunden ist, für vier Fälle dargestellt[6]). In sämtlichen Fällen ist die Wärmedurchgangszahl bei gleichen äussern Verhältnissen die gleiche, sie beträgt 0,78 kcal/m², h, °C. Sämtliche Konstruktionen isolieren also gleich gut. Ebenso sind die Oberflächentemperaturen bei allen Fällen gleich. Verschieden dagegen ist die Temperaturverteilung im Innern der Konstruktion. Der Haupt-Temperaturabfall erfolgt innerhalb der Isolierschicht, also je nach der Konstruktion aussen, in der Mitte oder innen. Dadurch wird auch das Speichervermögen weitgehend beeinflusst.

Befindet sich die Isolierung aussen, so ist die Temperatur der Tragkonstruktion gegenüber derjenigen der Aussenluft recht hoch, das Speichervermögen muss also ebenfalls hoch sein. Es beträgt rd. 1660 kcal/m². Der entgegengesetzte Fall, wo sich die Isolierschicht auf der Innenseite befindet, bedingt relativ niedrige Temperaturen in der Schicht der Tragkonstruktion, sodass das Speichervermögen auf 210 kcal/m² zurückgeht. Die Fälle b) und d) liegen ungefähr in der Mitte. Das Speichervermögen kann also beim vorliegenden Beispiel ungefähr im Verhältnis 1:8 variiert werden. Ganz allgemein kann man sagen, dass die Speicherwirkung nur zwischen der Isolierschicht und der Innenoberfläche praktisch sich auswirken kann; das Speichervermögen der Isolierschicht und der aussenliegenden Partien ist in der Regel gering.

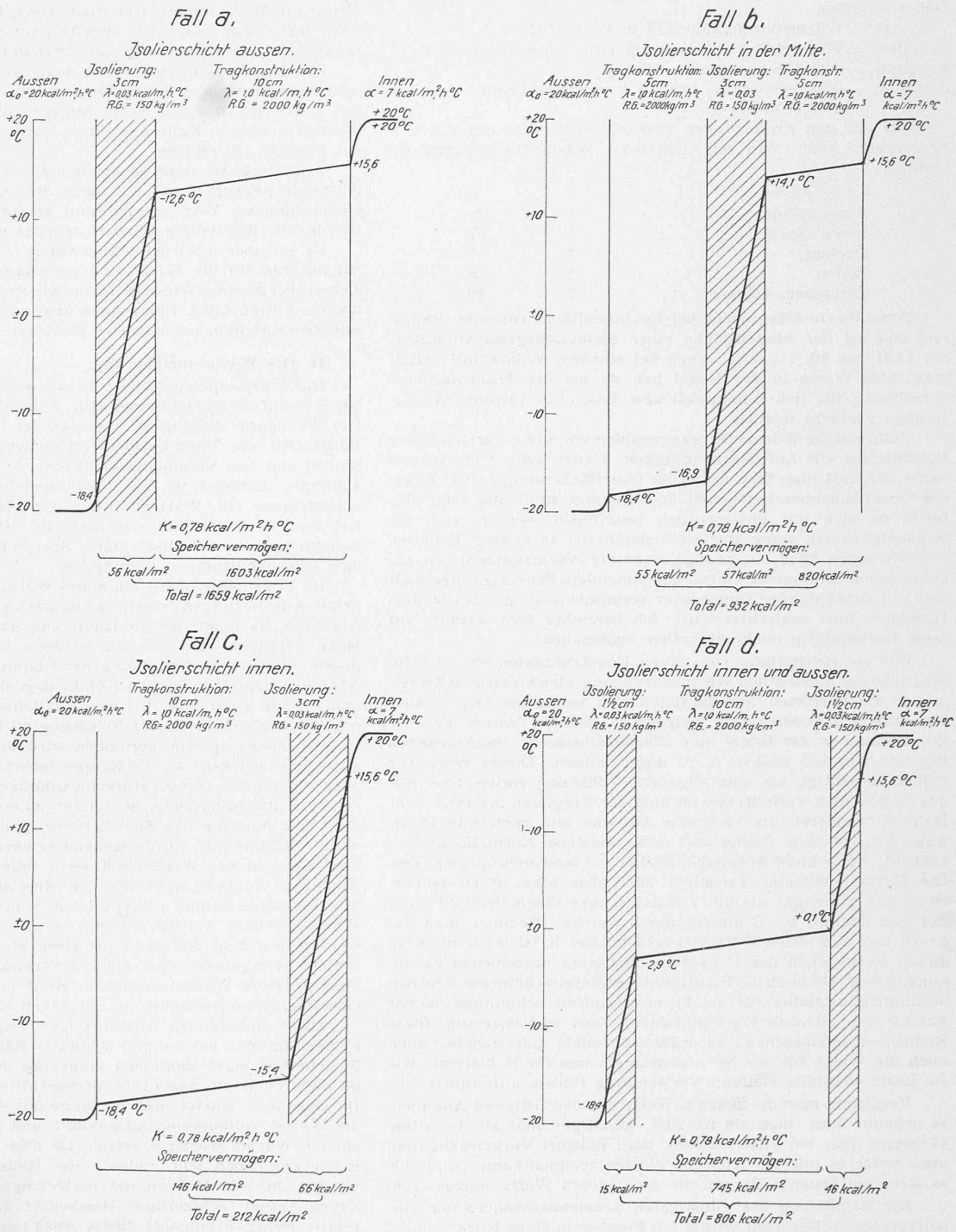


Abb. 2. Einfluss der Lage der Isolierschicht auf das Speichervermögen (Clichés vom V. S. C. I. frdl. z. Verfüg. gestellt.)

Durch diese Beispiele soll gezeigt werden, dass man dort, wo es erwünscht ist, auch Wände mit gutem Isoliervermögen bauen kann, ohne eine massige Mauer mit grossem Wärmespeichervermögen zu erstellen.

**III. Einfluss der Oberflächentemperatur auf das Wohlbefinden[7]).**

Da das Wohlbefinden des Menschen in einem Raume neben der Raumtemperatur und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft auch von der Oberflächentemperatur abhängig ist, soll vorerst noch kurz auf dieses Problem eingegangen werden. Es ist eine bekannte Tatsache, dass man in schlecht isolierten Räumen in der Regel auf höhere Raumtemperaturen heizen muss als in gut isolierten, um den gleichen Behaglichkeitsgrad zu erreichen. Es hängt dies mit der Wärmeabstrahlung des menschlichen Körpers gegen die Maueroberfläche zusammen. Die Tatsache, dass die Strahlung eine Funktion der vierten Potenz der Temperatur ist, erklärt, dass bereits einige Temperaturgrade einen wesentlichen Einfluss ausüben können.

Während in den erwähnten Beispielen bei der isolierten Mauer die Untertemperatur der Innenoberfläche gegenüber der Raumluft nur 4,4° C beträgt, ergibt sich bei der gleichen ungeschützten Tragkonstruktion eine Temperaturdifferenz von 19,3° C, sodass die Oberflächentemperatur auf 0,7° C sinkt. Befindet man sich in einem solchen Raum, so wird sich ein Gefühl der Kälte, besonders in der Nähe der Mauerflächen, geltend machen müssen, selbst wenn die Raumtemperatur 20° C beträgt.

Die Oberflächentemperatur hat aber auch einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Schwitzwasserbildung. Sinkt die Ober-

[6]) Um möglichst grosse Unterschiede zu erhalten, wählte man die Annahmen für Wärmeleitzahlen und Raumgewicht usw. bewusst so, dass für die Isolation möglichst günstige Werte, für die Tragkonstruktion dagegen ungünstige Daten angenommen wurden.

[7]) Vgl. die inzwischen erschienene Arbeit von Dr. *J. H. Roose* «Neue Untersuchungen über die Wandtemperatur im Raumklima», Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung 1938, Heft 3.

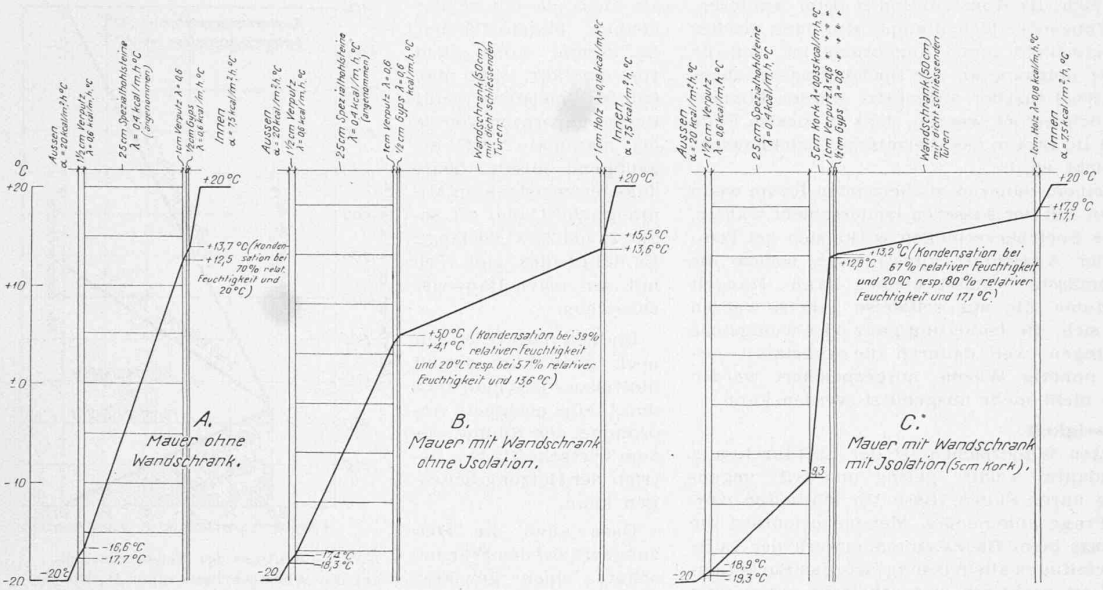


Abb. 3. Einfluss eines Wandschrankes auf die Oberflächentemperatur einer Mauer

flächentemperatur unter den Taupunkt der Raumluft, so kommt es zu Kondensationserscheinungen und Schwitzwasserbildungen. Im ersten Falle, also bei der isolierten Mauer, wäre dies bei einem relativen Feuchtigkeitsgehalt der 20grädigen Raumluft von 77 % der Fall, bei der Konstruktion ohne Isolierung dagegen würden Kondensationserscheinungen schon bei einer relativen Feuchtigkeit von 29 % auftreten. Es wäre also im letzten Falle mit Sicherheit mit feuchten Wänden zu rechnen.

Es sei auch noch besonders darauf aufmerksam gemacht, dass die Oberflächentemperatur sich bisweilen in eingebauten Wandschränken unangenehm bemerkbar machen kann, besonders wenn die Türen sehr dicht schliessen. Was für Temperaturverhältnisse in diesem Falle auftreten können, zeigt Abb. 3.

**IV. Die Wärmehaltung.**

Wird die Heizung eines Raumes abgestellt, hört also die Wärmezufuhr von innen her auf, so wird die im Mauerwerk gespeicherte Wärmemenge allmählich nach aussen hin abgeführt. Da die Luft selbst ein sehr geringes Speichervermögen besitzt, wird die Raumluft recht schnell sich der Temperatur der Wandoberfläche nähern. Die Oberflächentemperatur wird also einen entscheidenden Einfluss auf das Wärmegefühl der sich im Raum aufhaltenden Personen ausüben, besonders wenn die Heizung abgestellt ist. Die Abkühlgeschwindigkeit der Wand ist, wie bereits erwähnt, zunächst abhängig von der in der Wand aufgespeicherten Wärmemenge. Daneben spielt aber auch die Zeit, in der diese zur Verfügung stehende Wärmemenge abgeführt wird, eine wesentliche Rolle, worüber die Temperaturleitzahl Auskunft gibt. Diese Grösse ist direkt proportional der Wärmeleitzahl einer Schicht und umgekehrt proportional dem Raumgewicht und der spezifischen Wärme. Sie ergibt sich zum Beispiel für Beton zu 0,00238 und für Kork zu 0,000444 m²/h.

Wir haben nun für die vorher bei der Wärmespeicherung diskutierten Fälle, unter Annahme der gleichen Stoffwerte, den Temperaturverlauf beim Abkühlen bzw. Aufheizen an der Innenoberfläche in Funktion der Zeit berechnet[8]). Dabei wurde die Annahme gemacht, dass keine Wärme aus dem Raum nachgeliefert werde, die Wärmekapazität des Raumes also gleich null sei, was in der Praxis nicht ganz zutrifft, da mit der Abkühlung des Raumes auch die Möblierung sowie die Innenwandungen abkühlen und die dadurch freiwerdende Wärme zum Teil an die zu betrachtende Mauer abgegeben wird. Dies wird sich, besonders bei Leichtbauweisen mit einem geringen Speichervermögen, günstig auswirken.

Abb. 4 zeigt, dass bei nur innen angebrachter Isolierung die Temperatur nach dem Abstellen der Heizung sehr rasch sinkt, weil gar keine grosse Aufspeicherung stattgefunden hatte. Die geringe, in der Mauer enthaltene Wärmemenge strömt nach aussen ab, da in dieser Richtung der Widerstand gering ist. Umgekehrt liegen die Verhältnisse, wenn die Isolierung sich aussen oder in der Mitte befindet. Auch durch eine Teilung der Isolation auf die Aussen- und Innenfläche kann die Abkühldauer verlängert werden.

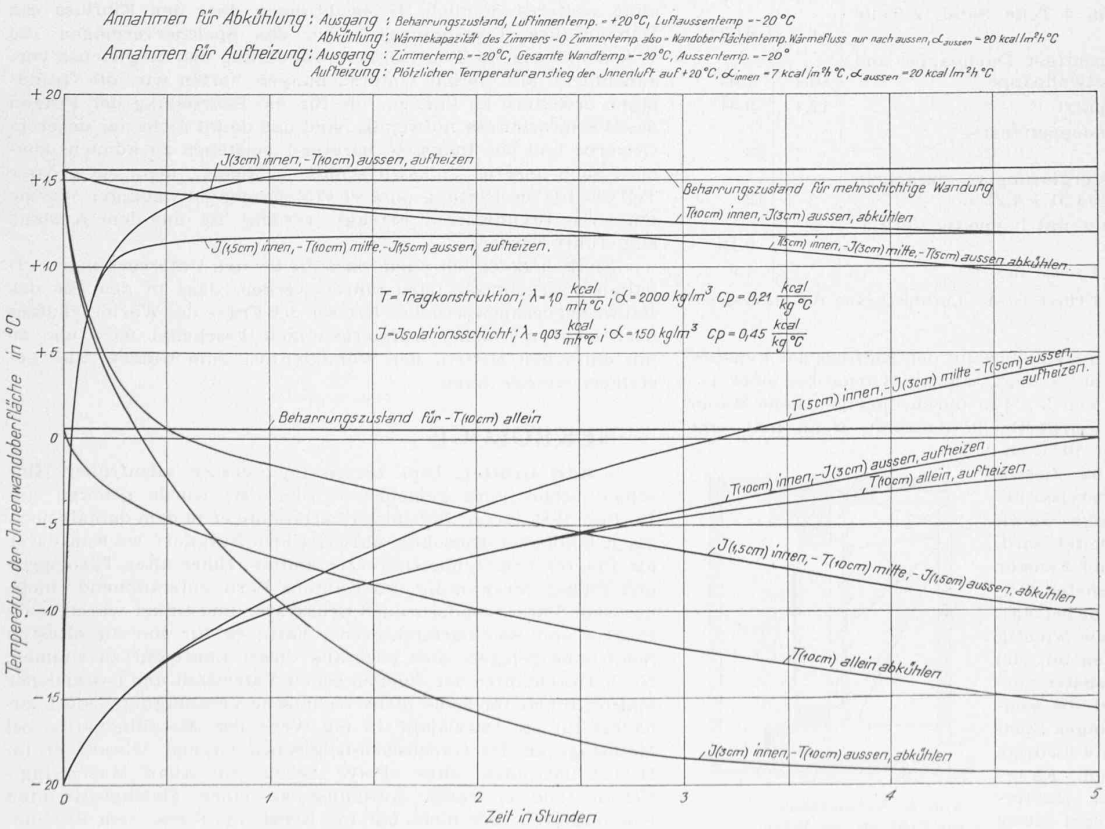


Abb. 4. Temperaturverlauf der Innenwandoberfläche verschieden isolierter Wandungen beim Anheizen und Abkühlen

[8]) Ich möchte auch an dieser Stelle Herrn Ing. H. Leuthold, der mir bei der Durchführung der Berechnungen behilflich war, für seine sorgfältige und gewissenhafte Arbeit bestens danken.

Aehnlich verhalten sich die Konstruktionen beim Anheizen. In diesem Falle wird die Innenoberflächentemperatur dann rascher steigen, wenn die Isolierschicht innen angebracht ist, weil die abströmende Wärme nur langsam an die Speichermasse abgegeben wird. Der Raum wird rascher aufgeheizt werden können. Es muss aber ausdrücklich betont werden, dass in diesem Falle trotz raschem Aufheizen im Innern das thermische Gleichgewicht nicht ebenso rasch erreicht wird.

Man wird also bei einem dauernd zu heizenden Raum wenn möglich die Konstruktion mit der äusseren Isolierschicht wählen, das dadurch geschaffene Speichervermögen wirkt sich bei Temperaturschwankungen der Aussenluft günstig aus, sodass die Heizung ziemlich gleichmässig belastet bleiben kann. Handelt es sich dagegen um Räume, die nur zeitweise geheizt werden müssen, so empfiehlt es sich, die Isolierung ganz oder wenigstens zum Teil innen anzubringen, weil dadurch die Anheizzeit verkürzt wird und nicht unnötig Wärme aufgespeichert werden muss, die nachher doch nicht mehr ausgenützt werden kann.

**V. Die Luftdurchlässigkeit.**

Bei normal verputzten Wandflächen ist der Luftdurchgang selbst bei starkem Windanfall relativ gering und tritt gegenüber dem Luftdurchgang durch Fugen, Risse, Undichtheiten usw. zurück. Ueber die in Frage kommenden Mengen orientiert die Tabelle. Man ersieht, dass beim Backsteinmauerwerk der Luftdurchgang durch die Mörtelfugen allein bedingt ist; das Backsteinmaterial selbst dagegen ist praktisch undurchlässig, wenn man normales Material und nicht Porensteine betrachtet. Man erkennt aus dieser Darstellung aber auch, dass der Luftdurchgang durch die Fugen der Fenster den Luftdurchgang durch die Mauer bedeutend überwiegt. Die Darstellung zeigt auch, wie wichtig die richtige und sorgfältige Abdichtung der Fenster ist.

LUFTDURCHGANG DURCH BAUTEILE BEI WINDANFALL

| Nach *E. Raisch*, Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionsteilen, «Gesundheitsing.» 1928, S. 485. | Stärke in cm | Luftdurchgang in $m^3/m^2$ h bei einer Druckdifferenz von 1 mm WS*) |
|---|---|---|
| Ziegelmauer beiderseits verputzt | 40 | 0,28 |
| Ziegelsteinmaterial | 6,5 | 0,0043 |
| Putz, 1 Teil Kalk, 5 Teile Sand | 2,5 | 0,14 |
| Putz zweimal geweisst | 2,5 | 0,012 |
| Rohrputz, 1 Teil Kalk, 5 Teile Sand, $^1/_2$ Teil Romanzement | 2 | 0,009 |
| Rabitzputz, 1 Teil Kalk, 5 Teile Sand, 2 Teile Romanzement | 4 | 0,003 |
| Holzhohlwand mit beidseitiger Dachpappe und freigespannter Asphaltwellpappe | 10,2 | 1,05 |
| Die selbe, einseitig verputzt | 12,4 | 0,34 |
| Gutschliessendes Kastendoppelfenster (1,66 × 2,1 m) | | 20 |
| Fenster mit doppelter Verglasung in einfachem Rahmen, abgedichtet (1,51 × 1,21 m) | | 12 |
| Gedichtete Schiebefenster mit doppelter Verglasung (1,56 × 0,84 m) | | 0,16 |
| Türe mit Keilfalzen (2,1 × 1,3 m) | | 1,9 |

*) Für alle Fenster und Türen ist der Luftdurchgang für die Gesamtfläche angegeben.

Schliesslich sei auch noch kurz auf den Einfluss der Fensterflächen hingewiesen. Abb. 5 zeigt, wieviel Wärme bei einer $1^1/_2$ Normalbacksteinmauer von 3 × 4 m durch die eigentliche Mauer und wieviel durch die Fensterfläche abströmt, wenn man eine Temperaturdifferenz von 40° C annimmt. Man kann aus diesem Bilde ersehen, dass bereits die Hälfte der Wärmemenge durch die Fensterfläche abgeleitet wird, wenn diese beim einfachen Fenster 17 % und beim Doppelfenster 29 % der gesamten Mauerfläche beträgt. Man erkennt daraus, wie wichtig es ist, speziell bei Bauten mit viel Fensterflächen Doppelfenster vorzusehen. Ferner besitzt die Fensterfläche ein sehr geringes Speichervermögen und relativ niedrige Oberflächentemperaturen. Es ergibt sich daraus, dass fensterreiche Bauten in der Regel etwas höher erwärmt werden müssen als Gebäude mit relativ kleinen Fensterflächen. Es kommt daher nicht von ungefähr, wenn man früher meistens eine Raumtemperatur von 18 bis maximal 20° C als genügend ansah, heute dagegen meistens im Minimum 20° C und oft sogar 22 bis 23° C verlangt. Es hängt dies zum Teil mit der neuen Bauweise zusammen.

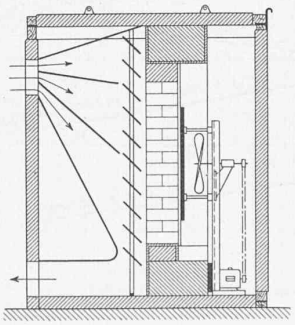

Abb. 6. Versuchshaus zur Prüfung von Wärmedurchgangsfragen

Endlich möchte ich nur noch ganz kurz darauf hinweisen, dass man auch durch eine geeignete Anordnung der Räume viel zum wirtschaftlichen Betrieb der Heizung beitragen kann.

Dass auch die Heizungsart auf den Wärmeschutz einen gewissen Einfluss hat, kann nicht bestritten werden. Es ist leider nicht möglich, im Rahmen dieses Aufsatzes näher auf dieses Problem einzugehen; es sei nur daran erinnert, dass man z. B. bei Decken-Strahlungsheizung in der Regel mit 1 bis 2° C niedrigeren Raumtemperaturen auskommt.

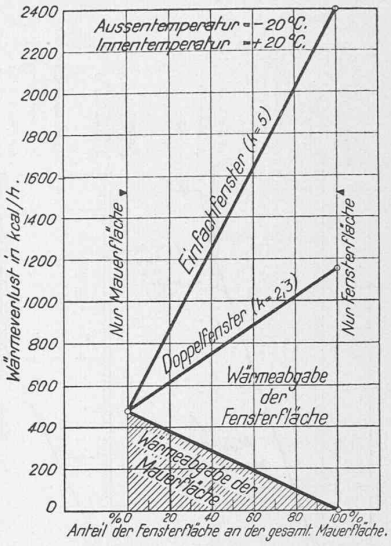


Abb. 5. Einfluss der Fensterflächen auf die Wärmeverluste einer $1^1/_2$ Normalbacksteinmauer ($k$ = 1.0) von 3 × 4 m Grösse (Cliché V. S. C. I.)

*

Ich hoffe, mit meinen Ausführungen gezeigt zu haben, auf was man alles achten muss, wenn man einen Raum wärmetechnisch richtig bauen will. Da die Bedürfnisse im einzelnen Fall weitgehend verschieden sind, ist es notwendig, jeden einzelnen Bau für sich zu betrachten. Es muss aber auch jede einzelne Konstruktion allein untersucht werden. Um die mehr theoretischen Ausführungen auch für die bei uns in Frage kommenden Verhältnisse nachzuprüfen, ist von der Hauptabteilung B der EMPA in Zürich ein besonderes Versuchshaus gebaut worden, das in der Abb. 6 schematisch dargestellt ist. Diese Einrichtung soll ermöglichen, die in den vorhergehenden Ausführungen gestreiften Probleme versuchstechnisch zu erfassen. Es ist damit ohne weiteres möglich, Beobachtungen über den Einfluss des Windanfalles, Feststellungen über das Speichervermögen, die Wärmehaltung, die Feuchtigkeitswanderung und dergleichen vorzunehmen. Mit diesen Untersuchungen hoffen wir, die Grundlagen erweitern zu können, die für die Beurteilung der Fragen des Wärmeschutzes notwendig sind und damit nicht nur unserem Gewerbe und der Industrie beratend beistehen zu können, sondern auch unserer Volkswirtschaft zu dienen, denn ein grosser Teil der für die Heizung unserer Wohnungen notwendigen Wärme muss mit Brennstoffen erzeugt werden, die aus dem Ausland eingeführt werden.

Endlich hoffe ich auch, dass die bei den Untersuchungen erhaltenen Ergebnisse dazu führen werden, dass in den für das Bauwesen verantwortlichen Kreisen der Frage des Wärmeschutzes noch mehr als bisher Aufmerksamkeit geschenkt wird und so mit einfachen Mitteln der Wohnkomfort zum Nutzen aller gesteigert werden kann.

## NEKROLOGE

† **Karl Grütter,** Dipl. Masch.-Ing., dessen allzufrüher Hinschied schon kurz gemeldet worden ist, wurde geboren am 12. Juni 1885; seine Jugendzeit verbrachte er in dem damals noch stark ländlichen Einschlag aufweisenden Burgdorf, wo sein Vater als Pfarrer und Gymnasialrektor amtete. Einer alten Theologen- und Pädagogen-Familie des Kantons Bern entstammend (nicht nur sein Vater, sondern auch Grossvater und Onkel waren beide Pfarrer und Seminardirektoren), hätte es für ihn als ältesten Sohn nahe gelegen, sich ebenfalls dieser Laufbahn zu widmen. Nach Durchlaufen der Schulen seiner Vaterstadt und bestandener Matura führte ihn seine mehr technische Veranlagung jedoch zunächst für ein Praxisjahr in ein Werk der Metallindustrie bei Maubeuge an der französisch-belgischen Grenze, worauf er im Herbst 1905 unser altes «Poly» bezog. Im Akad. Masch.-Ing.-Verein fand er rasch Anschluss an einen gleichgestimmten Freundeskreis, der nicht nur mit Ernst und Fleiss dem Studium oblag, sondern auch für die gemütlicheren Seiten des damaligen