

Ein instationäres Verfahren zur
Messung der Wärmeleitfähigkeit von Flüssigkeiten
und Gasen

Von der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte

PROMOTIONSARBEIT

Vorgelegt von
WALTER STRAUMANN
dipl. Masch.-Ing. ETH
von Bretzwil (Baselland)

Referent: Herr Prof. Dr. P. Grassmann
Korreferent: Herr Prof. Dr. G. Eichelberg

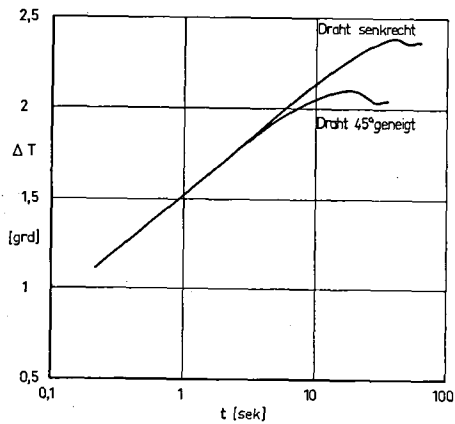


Abb. 21. Temperaturanstieg am senkrechten und am geneigten Draht in Aethylalkohol von 20 °C. Nach Schaltung A registriert auf elektronischem Koordinatenschreiber

6. Zusammenfassung

Als Weiterentwicklung der bekannten instationären Hitzdrahtverfahren («probe methods») wird ein neues Verfahren zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Flüssigkeiten und Gasen beschrieben.

Der Temperaturanstieg eines konstant beheizten dünnen Drahtes im unbekanntem Medium wird als Funktion des Logarithmus der Zeit registriert. Nach der Theorie

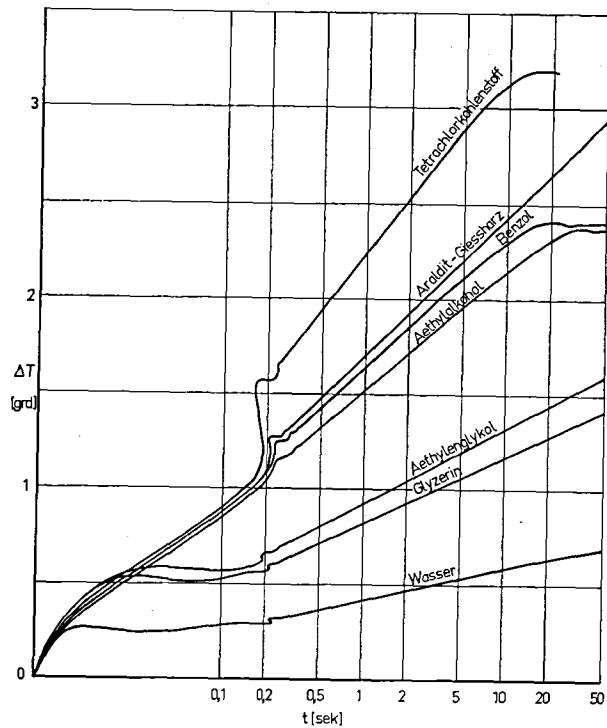


Abb. 22. Einsetzen der freien Konvektion bei verschiedenen Flüssigkeiten. Nach Schaltung A registriert auf elektronischem Koordinatenschreiber

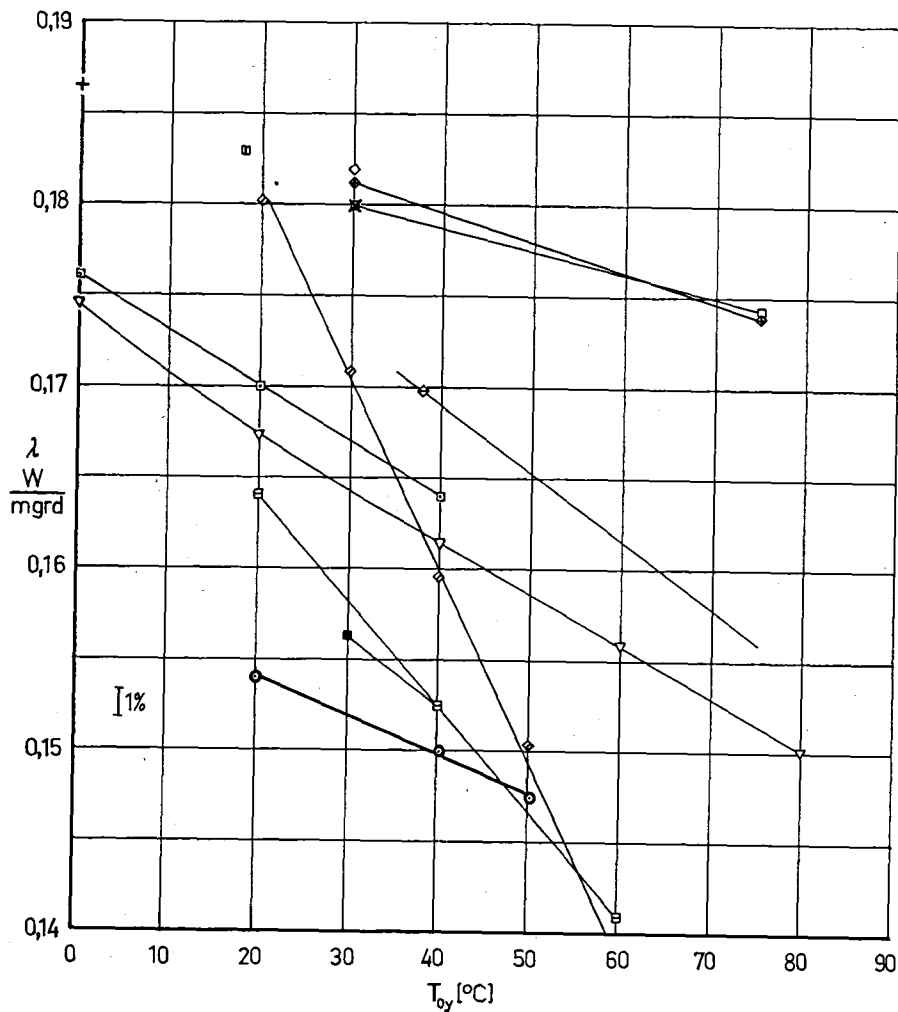


Abb. 20. Wärmeleitfähigkeit von Aethylalkohol

ergibt dies eine Gerade, deren Steigung umgekehrt proportional zur Wärmeleitfähigkeit ist. Die logarithmische Zeitachse wird dabei von einem log-Schaltelement erzeugt. Nach einer Heizzeit von etwa 10 sek für Flüssigkeiten bzw. 1 sek für Gase kann auf einem Koordinatenschreiber bzw. Kathodenstrahl-Oszillograph die Steigung der registrierten Geraden als $\text{tg } \varphi$ abgelesen werden; eine Apparatekonstante, dividiert durch die Steigung $\text{tg } \varphi$, liefert unmittelbar die Wärmeleitfähigkeit. Die so gemessene Wärmeleitfähigkeit kann nicht durch freie Konvektion verfälscht sein, da man auf dem Registriergerät das Einsetzen der freien Konvektion erkennt. Zwischen zwei Messungen braucht es nur eine Ruhezeit von etwa 2 Minuten zur Abkühlung des log-Schaltelements. Das Verfahren eignet sich somit besonders für Reihenuntersuchungen, z. B. von Flüssigkeitsgemischen; es ist jedoch auf die Messung elektrisch nichtleitender Flüssigkeiten beschränkt.

Es kann nach der Relativ- oder nach der Absolutmethode gemessen werden, d. h. mit oder ohne die Kenntnis der Wärmeleitfähigkeit eines Vergleichsmediums im log-Schaltelement. Die Genauigkeit beträgt für Flüssigkeiten $\pm 1\%$. Nach der Relativmethode wurde die Wärmeleitfähigkeit von Wasser (20 bis 70 °C), Glycerin (20 bis 50 °C), Äthylalkohol (20 bis 50 °C) und flüssigem Sauerstoff (-196 °C) gemessen und mit den Messungen verschiedener Forscher verglichen.

Literaturverzeichnis

- [1] *B. Stålbane und S. Pyk*: Ny metod för bestämning av värmeledningkoefficienter, Tekn. Tidskr. 61 (1931) 389.
- [2] *H. Pfriem*: Nichtstationäres Verfahren zur Messung der Wärme- und Temperaturleitfähigkeit von Flüssigkeiten, Z. VDI 82 (1938) 71.
- [3] *A. Eucken und H. Englert*: Die experimentelle Bestimmung des Wärmeleitvermögens einiger verfestigter Gase und Flüssigkeiten, Z. ges. Kälteind. 45 (1938) 109.
- [4] *J. Weishaupt*: Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Flüssigkeiten durch ein nichtstationäres Verfahren, Forsch. Ing. Wesen 11 (1940) 20.
- [5] *P. Destable*: Etude d'une méthode rapide de mesure des coefficients de conductibilité thermique, Ann. Inst. Bâtim. 86 (1949) 1.
- [6] *E. F. M. van der Held und F. G. van Drunen*: A method of measuring the thermal conductivity of liquids, Physica 15 (1949) 865.
- [7] *G. Skeib*: Ein Messverfahren zur Bestimmung der Wärmekapazität des Erdbodens mittels konstant beheizter Testkörper, Z. Met. 4 (1950) 32.
- [8] *D. d' Eustachio und R. E. Schreiner*: A study of a transient heat method for measuring thermal conductivity, Heat. Pip. Air Condit. 24 (June 1952) 113.
- [9] *D. A. de Vries*: A nonstationary method for determining thermal conductivity of soil in situ, Soil Science 73 (1952) 83.
- [10] *V. V. Mason und M. Kurtz*: Rapid measurement of the thermal resistivity of soil, Trans. A. I. E. E. 71 (1952) 570.
- [11] *E. F. M. van der Held, J. Hardebol und J. Kalshoven*: On the measurement of the thermal conductivity of liquids by a non-stationary method, Physica 19 (1953) 208.
- [12] *J. H. Blackwell*: A transient-flow method for determination of thermal constants of insulating materials in bulk, J. Appl. Phys. 25 (1954) 137.
- [13] *B. H. Vos*: Measurement of thermal conductivity by a non-steady-state method, Appl. Sci. Res. A5 (1955) 425.
- [14] *D. G. Gillam, L. Romben, H. Nissen und O. Lamm*: Accurate determination of thermal conductivities, Acta Chem. Scand. 9 (1955) 641.
- [15] *D. G. Gillam und O. Lamm*: Precision measurements of the thermal conductivities of certain liquids using the hot wire method, Acta Chem. Scand. 9 (1955) 657.
- [16] *K. Buettner*: A small portable meter for soil heat conductivity and its use in the O'Neill test, Trans. Amer. Geophys. Un. 36 (1955) 827.
- [17] *K. Buettner*: Evaluation of soil heat conductivity with cylindrical test bodies, Trans. Amer. Geophys. Un. 36 (1955) 831.
- [18] *M. W. Makowski und K. Mochlinski*: An evaluation of two rapid methods of assessing the thermal resistivity of soil, Proc. Inst. El. Eng. A 103 (1956) 453.
- [19] *A. Beck, J. C. Jaeger und G. Newstead*: The measurement of the thermal conductivity of rocks by observations in boreholes, Austr. J. Physics, 9 (1956) 286.
- [20] *B. H. Vos*: Determination of the thermal conductivity of insulating materials by a non-steady-state method down to approx. -200 °C., Bull. Int. Inst. Refrig. Annexe 1 (1957) 47.
- [21] *R. A. W. Hill*: Rapid measurement of thermal conductivity by transient heating of a fine thermo-junction, Proc. Roy. Soc. A 239 (1957) 476.
- [22] *P. H. G. Allen*: The thermal conductivity of high voltage insulants, Proc. Inst. El. Eng. Monograph 250M (1957) 35.
- [23] *D. A. de Vries und A. J. Peck*: On the cylindrical probe method of measuring the thermal conductivity with special reference to solids, Austr. J. Physics 11 (1958) 255 und 409.
- [24] *E. F. M. van der Held und B. H. Vos*: The probe method for measuring heat conduction, Central Technical Institute, Delft (1959).
- [25] *P. H. G. Allen*: Fluid thermal conductivity by a transient method, in Y. S. Touloukian: Thermodynamic and transport properties of gases, liquids and solids, McGraw Hill, New York (1959).
- [26] *H. S. Carslaw und J. C. Jaeger*: Conduction of Heat in Solids, 2nd ed., Clarendon-Press, Oxford (1959).
- [27] *M. Engeli*: Wärmeleitung, interner Bericht des Instituts für angewandte Mathematik der ETH, unveröffentlicht
- [28] *S. Whitehead*: An approximate method for calculating heat flow in an infinite medium heated by a cylinder, Proc. Phys. Soc. 56 (1944) 357.
- [29] *J. C. Jaeger*: Conduction of heat in an infinite region bounded internally by a circular cylinder of a perfect conductor, Austr. J. Physics 9 (1956) 167.
- [30] *G. Grünberg und M. Soutz*: Über die Berechnung der Kurzschlusswärmerzeugung von Hochspannungskabeln, J. Phys. UdSSR 4 (1941) 97 und 463.
- [31] *G. Schubert*: Über eine in der Theorie der Schmelzsicherungen auftretende Lösung der Wärmeleitungsgleichung, Z. angew. Physik 2 (1950) 174.
- [32] *J. Fischer*: Zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit und der Temperaturleitfähigkeit aus dem Ausgleichsvorgang beim Schleiermacherschen Messrohrverfahren und beim Plattenverfahren, Ann. Phys. (5) 34 (1939) 669.
- [33] *J. C. Jaeger*: Heat flow in the region bounded internally by a circular cylinder, Proc. Roy. Soc. Edinb. A 61 (1942) 229.