

KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

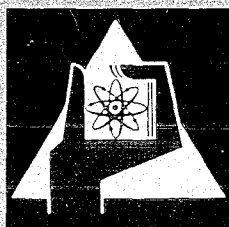
September 1969

KFK 1053

Institut für Reaktorbauelemente

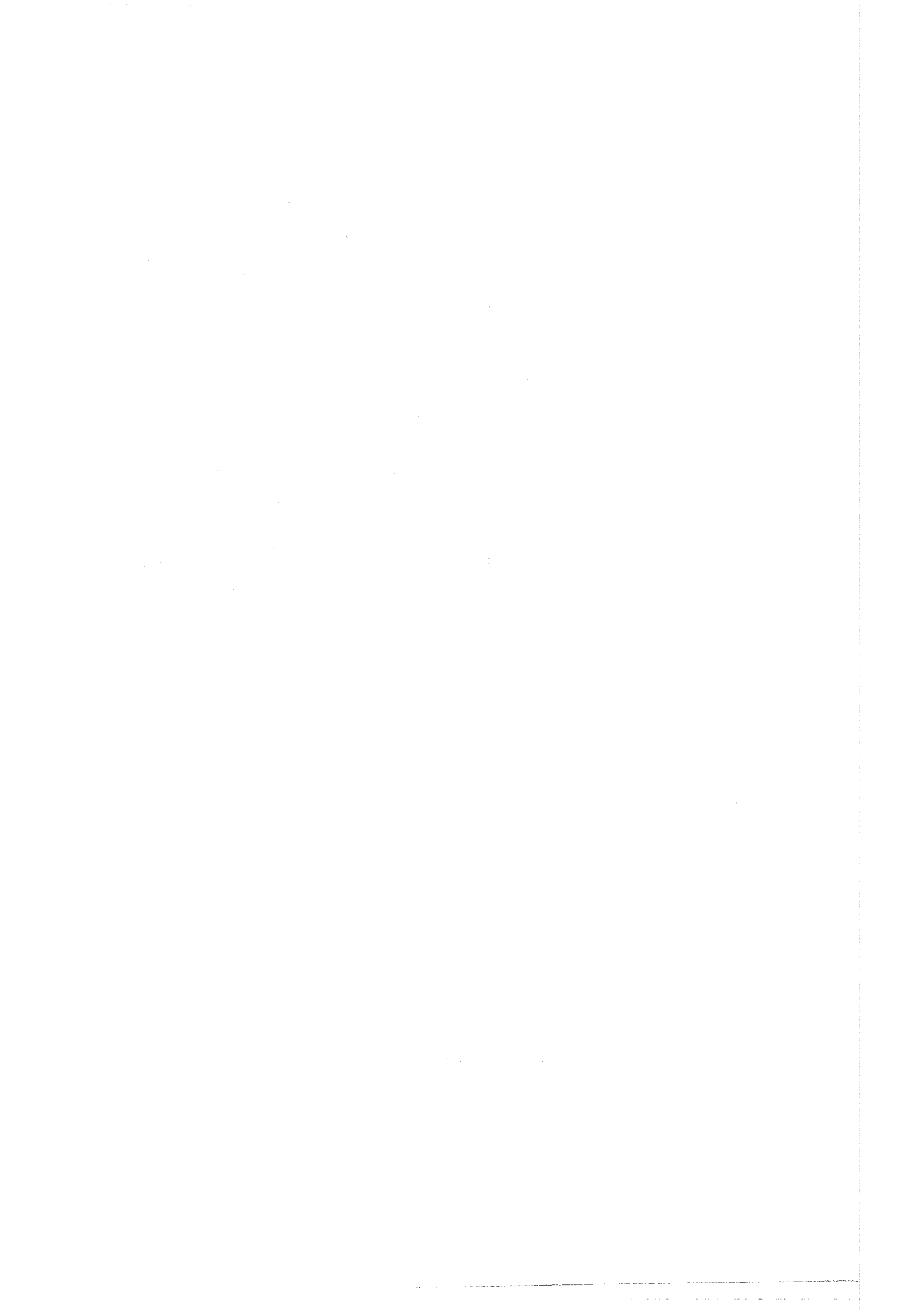
RELAX - Ein FORTRAN-Programm zur numerischen Bestimmung von
Temperaturfeldern mittels der Relaxationsmethode der Thermodynamik

S. Malang, K. Rust



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

September 1969

KFK 1053

Institut für Reaktorbauelemente

RELAX - Ein FORTRAN-Programm

zur numerischen Bestimmung von Temperaturfeldern
mittels der Relaxationsmethode der Thermodynamik

S. Malang, K. Rust

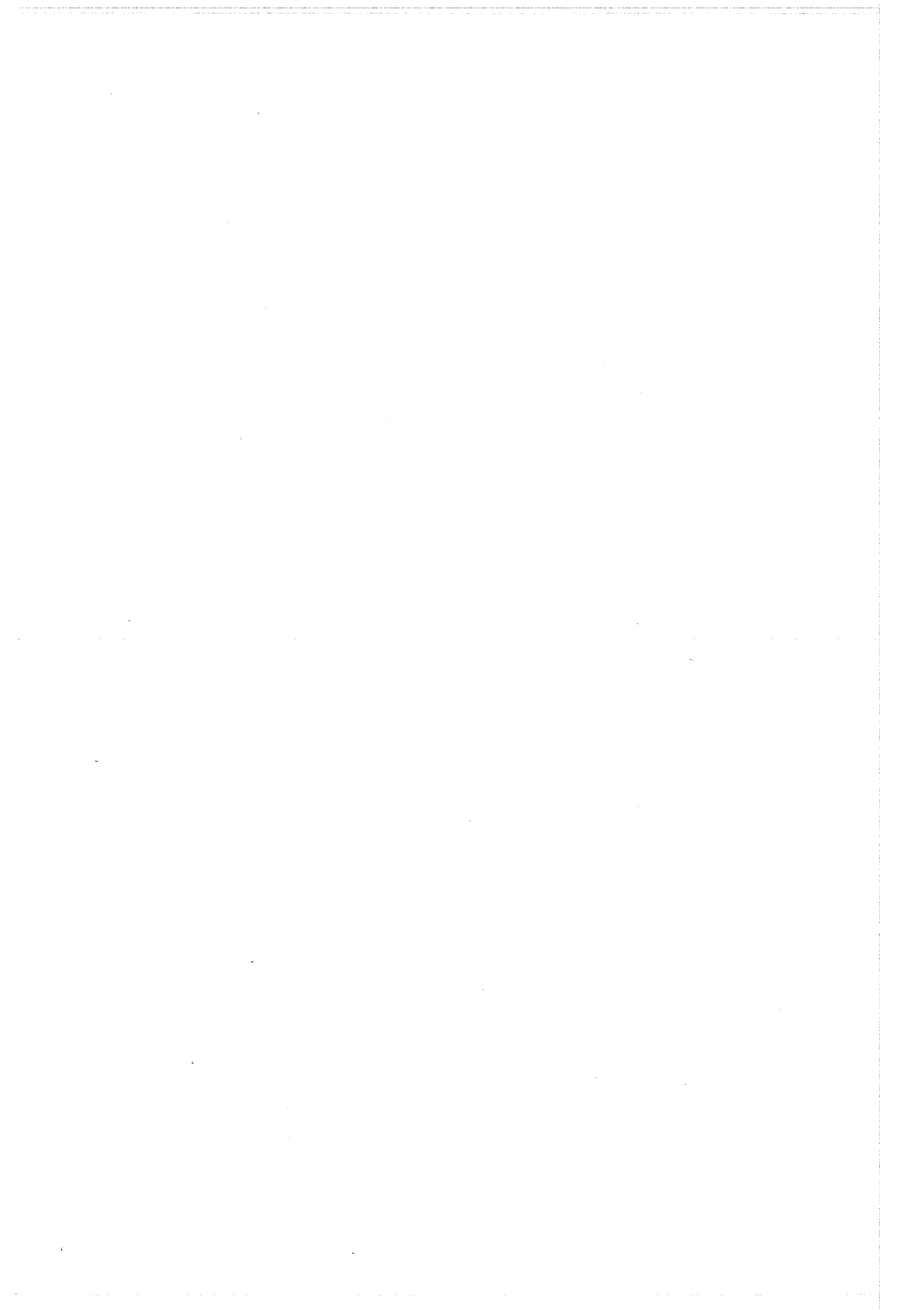
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG MBH., KARLSRUHE

Inhalt:

Das RELAX-Rechenprogramm ermöglicht, das Temperaturfeld in einem Körper beliebiger Geometrie numerisch zu berechnen. Die Temperaturverteilungen lassen sich sowohl für zeitlich konstante als auch für zeitlich veränderliche Zustände ermitteln unter Berücksichtigung von vorhandenen lokalen Wärmequellen.

Die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von Ort und Temperatur sowie eine Anpassung an beliebige Grenzbedingungen kann ohne weiteres berücksichtigt werden.

Bei der Durchführung der Programmierarbeiten waren die Herren A. Vrijs und H. Politzky behilflich.



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
1. Theoretische Grundlagen	3
1.1 Differenzgleichung der Relaxations- methode	3
1.2 Zeitlich konstantes Temperaturfeld	5
1.3 Zeitlich veränderliches Temperaturfeld	6
1.4 Bestimmung der Wärmeleitwerte	7
1.5 Transformation von Polarkoordinaten in kartesische Koordinaten	13
1.6 Berechnung der Wärmeleitwerte für einen dreidimensionalen Körper mit Zylinder- koordinaten	15
2. Beschreibung des Rechenprogramms	17
2.1 Hauptprogramm RELAX	18
2.1.1 Beschreibung der Eingabedaten	18
2.1.2 Beschreibung der Ausgabedaten	18
2.2 Subroutine PRUEF	28
2.3 Subroutine ADE	28
2.4 Subroutine LINAL	29
2.5 Subroutine FREEFO	30
2.6 Speicherplatzbedarf und Rechenzeit	30
3. Flussdiagramm RELAX	31
4. FORTRAN-Listen	34
5. Testbeispiel	46
5.1 Eingabedaten	49
5.2 Ausgabedaten	54
6. Literaturangaben	61

Einleitung:

Aus der Energiebilanz für den je Zeiteinheit in ein Volumenelement ein- und austretenden Wärmestrom sowie die im Volumenelement gespeicherten und erzeugten Wärmemengen ergibt sich die FOURIER'sche Differentialgleichung in der allgemeinen Form:

$$\nabla^2 T + \frac{q}{\lambda} = \frac{1}{a} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

Dabei bedeuten:

- ∇ den NABLA-Operator
- T die Temperatur
- q die je Volumenelement erzeugte Wärmemenge
- λ die Wärmeleitfähigkeit
- a die Temperaturleitzahl
- t die Zeit

Eine exakte Lösung dieser partiellen Differentialgleichung ist nur in wenigen speziellen Fällen (ebene Platte, Kreiszyylinder, Kugel) möglich, wenn die partikulären Lösungen ein Anpassen an die räumlichen und zeitlichen Randbedingungen zulassen.

Ein allgemeines Verfahren zur Berechnung von Temperaturfeldern stellt die Relaxationsmethode der Thermodynamik dar [1], [2], [3], [4].

Es handelt sich hierbei um die numerische Auflösung von Differenzgleichungen. Dieses Verfahren gestattet es, die Temperaturfelder in komplizierten Körperformen zu bestimmen. Darüber hinaus können die Abhängigkeit der Stoffwerte von Ort und Temperatur sowie beliebige Randbedingungen ohne weiteres berücksichtigt werden.

Bei dieser Methode wird der Körper in ein Netzwerk aufgeteilt. Die jeweilige Masse der so entstandenen Zellen wird in Punkten zusammengefasst, die durch wärmeleitende Stäbe miteinander verbunden sind. Zur Berechnung des Temperaturfeldes muss für jeden Punkt des Netzwerkes die Wärmebilanz gebildet werden. Dadurch entsteht bei der Bestimmung eines stationären Temperaturfeldes ein lineares Gleichungssystem, dessen Summe an unbekanntem Temperaturen gleich der Anzahl an Knotenpunkten ist. Eine iterative Anpassung der Wärmeleitwerte der einzelnen Stäbe an die örtlichen Temperaturen erlaubt es, die temperaturabhängige Wärmeleitfähigkeit zu berücksichtigen. Fälle, bei denen die Wärmequellstärke in den einzelnen Punkten temperaturabhängig ist - wie z.B. bei elektrischen Leitern mit temperaturabhängigem Widerstand - lassen sich ebenfalls durch Iterationen lösen.

Bei der Bestimmung von instationären Temperaturfeldern wird, ausgehend von einer Anfangstemperaturverteilung, die Temperaturänderung während eines Zeitschrittes in Abhängigkeit von der Wärmequellstärke und der Wärmekapazität einer Zelle errechnet. Die Grösse des maximal zulässigen Zeitschrittes richtet sich dabei im wesentlichen nach der gewählten Maschenweite des Netzwerkes [3].

Die Genauigkeit der Relaxationsmethode zur Berechnung von Temperaturfeldern lässt sich durch Verfeinerung des Netzwerkes, das in den Körper gelegt wird, theoretisch beliebig steigern. Dabei wächst allerdings der Rechenaufwand entsprechend. Um diesen Aufwand möglichst in Grenzen zu halten, ohne gleichzeitig die universelle Anwendbarkeit des Verfahrens zu beschränken, wurde das Rechenprogramm "RELAX" entwickelt.

1. Theoretische Grundlagen

Bei der Relaxationsmethode der Thermodynamik handelt es sich darum, die Differentialgleichung (1) in entsprechende Differenzgleichungen umzuformen. Die Anwendung dieses Verfahrens wird im folgenden gezeigt.

1.1 Differenzgleichung der Relaxationsmethode

Für die Massenpunkte eines in ein Gitterwerk aus wärmeleitenden Stäben aufgeteilten Körpers (Abb. 1) ergibt sich aus der Wärmebilanz folgende Grundform der Differenzgleichung:

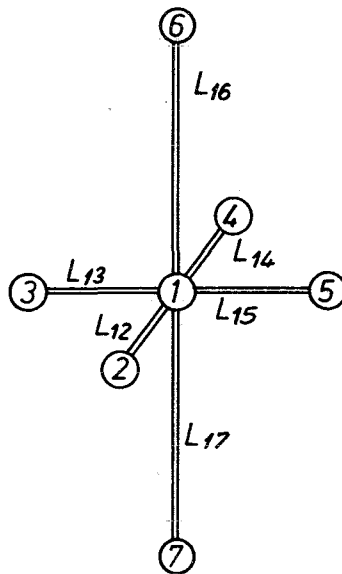


Abb. 1: Netzwerk in einem dreidimensionalen System

$$L_{12}(T_2 - T_1) + L_{13}(T_3 - T_1) + \dots + L_{17}(T_7 - T_1) + q_1 \cdot V_1 = c_p \cdot \rho \cdot V_1 \cdot \frac{T_1' - T_1}{\Delta t} \quad (2)$$

Dabei bedeuten die einzelnen Glieder der Differenzgleichung:

$L_{12}(T_2 - T_1) + L_{13}(T_3 - T_1) + \dots + L_{17}(T_7 - T_1)$ die dem Massenpunkt ① zufließende bzw. von ihm abfließende Wärme,

$q_1 \cdot V_1$ die in dem Massenpunkt ① erzeugte Wärme,

$c_p \cdot \rho \cdot V_1 \cdot \frac{T_1' - T_1}{\Delta t}$ die in dem Massenpunkt ① pro Zeiteinheit gespeicherte Wärme.

Hierin sind:

L_{12} [W/grad] Leitwert der Wärmestrasse zwischen den Punkten ① und ②,

T_1 [°C] Temperatur in dem Punkt ① zur Zeit t ,

T_1' [°C] Temperatur in dem Punkt ① zur Zeit $(t + \Delta t)$,

Δt	[sec]	Zeitschritt,
V_1	[cm ³]	zum Punkt (1) gehörendes Volumen,
q_1	[W/cm ³]	Wärmequellldichte im Punkt (1),
c_p	[W/gr grad]	spezifische Wärme,
ρ	[gr/cm ³]	Dichte.

In der Differenzengleichung (2) können die Wärmequellldichte q sowie die Stoffwerte sowohl von der Temperatur T als auch von der Zeit t abhängig sein. Die Gleichung selbst ist nicht nur unabhängig vom gewählten Koordinatensystem, sondern auch davon, ob der Körper durch ein orthogonales oder schiefwinkliges Gitterwerk von wärmeleitenden Stäben ersetzt wird. Welchen Einfluss die Form des Gitterwerkes auf die Wärmeleitwerte hat, wird in Abschnitt 1.4 beschrieben.

1.2 Zeitlich konstantes Temperaturfeld

Wird die Differenzengleichung (2) der Wärmeleitung auf stationäre Temperaturfelder angewendet, so wird die rechte Seite der Gleichung, welche die Wärmespeicherung angibt, zu null. Zur Bestimmung eines Temperaturfeldes wird nun die Differenzengleichung in der vereinfachten Form für jeden einzelnen Massenpunkt gebildet. Somit ergibt sich ein lineares Gleichungssystem mit den unbekanntenen Temperaturen $T_1, T_2 \dots T_n$. Sind die Wärmequellldichte q und die Wärmeleitfähigkeit λ temperaturabhängig, so kann durch wiederholtes Lösen des Gleichungssystems mit jeweiligem Anpassen der Wärmeezeugung und der

Wärmeleitzahl an die örtlichen Temperaturen diese Abhängigkeit berücksichtigt werden.

1.3 Zeitlich veränderliches Temperaturfeld

Die nach Gleichung (2) zwischen den einzelnen Massenpunkten strömenden Wärmemengen hängen von den dort vorhandenen Temperaturdifferenzen ab. Diese ändern sich im instationären Fall kontinuierlich, so dass auch die Wärmeströme eine Funktion der Zeit sind. Diese Zeitabhängigkeit wird in Gleichung (2) während eines Zeitschrittes nicht berücksichtigt. Dadurch kann es bei der Wahl eines zu grossen Zeitschrittes zu Instabilitäten bei der Berechnung des Temperaturfeldes kommen.

Wie SCHNEIDER [3] zeigt, lässt sich für jedes Netzwerk ein maximal zulässiger Zeitschritt bestimmen, mit dem es bei der Berechnung des Temperaturfeldes noch nicht zu Instabilität kommt.

Dieses Stabilitätskriterium lautet für den Massenpunkt ① aus Abb. 1:

$$\Delta t_1 \leq \frac{c_p \cdot \rho \cdot V_1}{2 \cdot \sum_{i=2}^7 L_{1i} \cdot V_1 \cdot \left(\frac{dq}{dT}\right)_1} \quad (3)$$

Entsprechend muss für alle Punkte des Gitterwerkes der maximal zulässige Zeitschritt berechnet werden. Der kleinste sich dabei ergebende Wert ist dann für die Berechnung des zeitlich veränderlichen Temperaturfeldes massgebend.

Selbstverständlich kann auch mit einem noch kleineren Zeitschritt gerechnet werden. Kontrollrechnungen haben jedoch ergeben, dass die Genauigkeit durch die Wahl eines kleineren als des maximal zulässigen Zeitschrittes nur unwesentlich erhöht wird.

1.4 Bestimmung der Wärmeleitwerte

Anstatt einen wärmeleitenden Körper als Kontinuum zu betrachten, wird der Wärmeleitvorgang in die Stäbe eines Netzwerkes verlegt. Das Netzwerk kann einen orthogonalen Aufbau haben (Abb. 2a) oder auch schiefwinklig angeordnet werden (Abb. 2b).

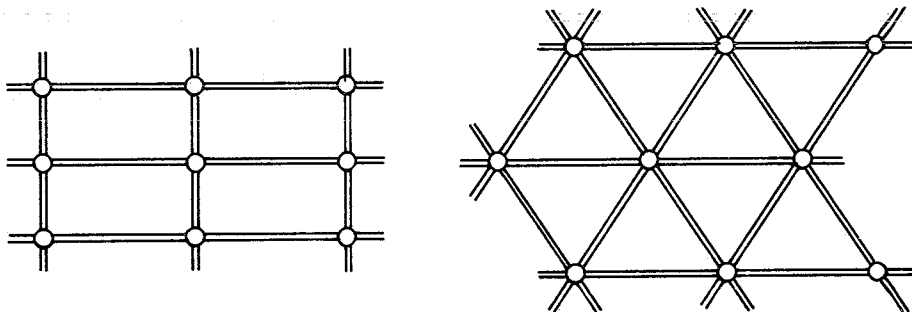


Abb. 2: Netzwerk

a) orthogonal

b) schiefwinklig

Da ein schiefwinkliges Netzwerk nur in seltenen Fällen vorteilhafter als ein orthogonaler Aufbau ist, wird zur Berechnung der Leitwerte auf DUSINBERRE [2] verwiesen. Im folgenden werden

daher nur noch orthogonale Netzwerke betrachtet. Zur Berechnung der Wärmeleitwerte der Stäbe zwischen den einzelnen Massenpunkten wird der Körper in Zellen eingeteilt (Abb. 3).

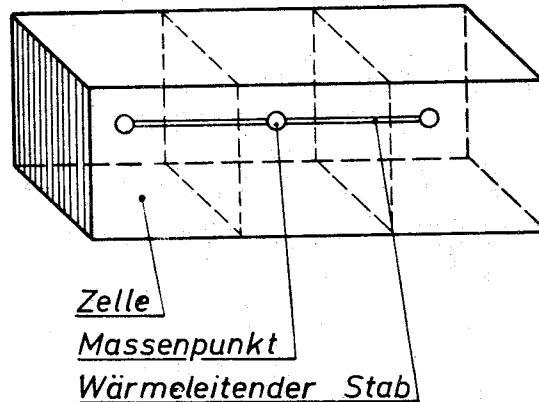


Abb. 3: Netzwerk für ein eindimensionales System

Die Zellwände halbieren dabei jeweils den Abstand zwischen zwei Punkten. Zweckmässigerweise sollte die Zelleinteilung so gewählt werden, dass jede Zelle wenigstens zwei parallele Zellwände hat. Dadurch wird es zur Berechnung der Leitwerte möglich, die Zelle in beliebig dünne parallele Scheibchen einzuteilen. Liegt der wärmeleitende Stab in Richtung dieser Scheibchen oder senkrecht dazu, so ergeben sich die Leitwerte aus der Ermittlung der Widerstände, die parallel bzw. in Reihe geschaltet sind.

- a) Verbindung in Richtung der parallelen Zellwände (Parallelschaltung von Widerständen)

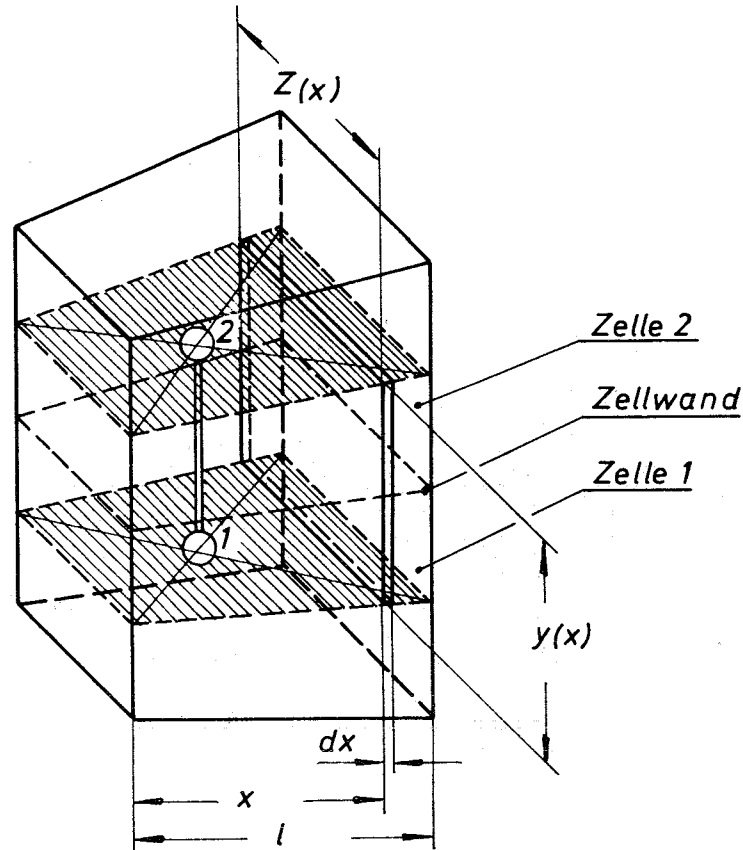


Abb. 4: Wärmeleitung zwischen den Massenpunkten ① und ②

Der Widerstand eines Scheibchens ist:

$$d R_{12} = \frac{y(x)}{\lambda \cdot z(x) \cdot dx}$$

$$L_{12} = \int_{(l)} \frac{1}{d R_{12}} = \lambda \cdot \int_{(l)} \frac{z(x) \cdot dx}{y(x)} = \lambda \cdot C_{12} \quad (4a)$$

- b) Verbindung senkrecht zu den parallelen Zellwänden (Reihenschaltung von Widerständen).

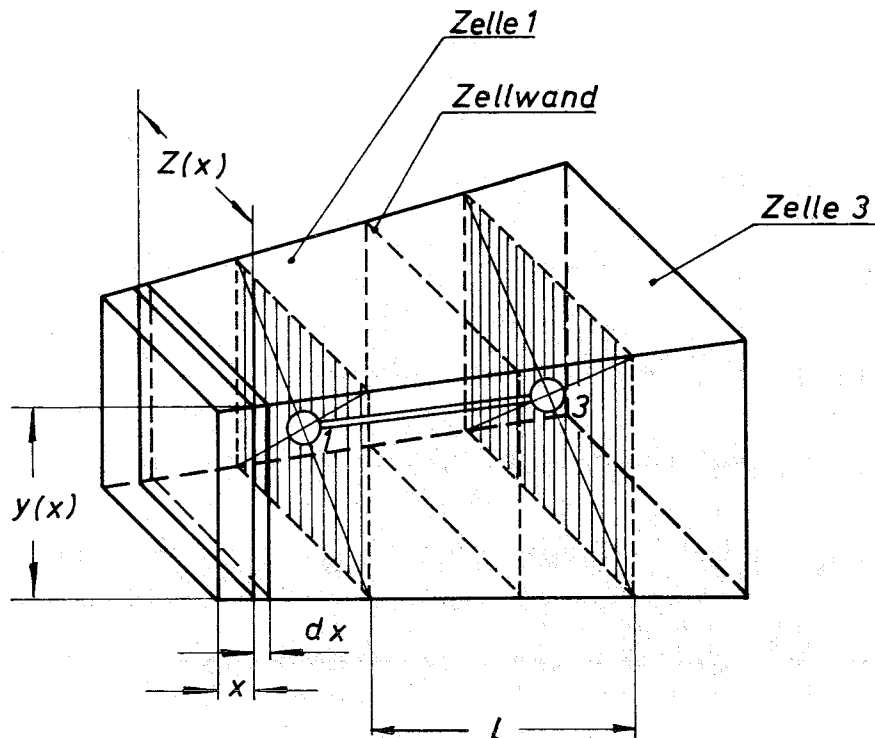


Abb. 5: Wärmeleitung zwischen den Massenpunkten ① und ③

Der Widerstand eines Scheibchens berechnet sich zu:

$$d R_{13} = \frac{dx}{\lambda \cdot y(x) \cdot z(x)}$$

$$L_{13} = \frac{1}{\int d R_{13}} = \lambda \cdot \frac{1}{\int \frac{dx}{y(x) \cdot z(x)}} = \lambda \cdot C_{13} \quad (4b)$$

In den meisten praktischen Fällen lässt sich ein Netzwerk derart aufbauen, dass weder y noch z von x abhängig sind. Damit entfällt das Integral und die Leitwerte ergeben sich zu:

$$L_{12} = \lambda \cdot \frac{z \cdot l}{y} = \lambda \cdot C_{12} \quad (5a)$$

$$L_{13} = \lambda \cdot \frac{z \cdot y}{l} = \lambda \cdot C_{13} \quad (5b)$$

Die Bestimmung von Wärmeleitwerten für spezielle Geometrien am Rande eines Körpers ist ausführlich von DUSINBERRE [2] u. SCHNEIDER [3] beschrieben worden. An dieser Stelle sei auf eine Abweichung hingewiesen, die sich bei der Anwendung von Gleichung (4b) gegenüber den Angaben von SCHNEIDER [3] ergibt.

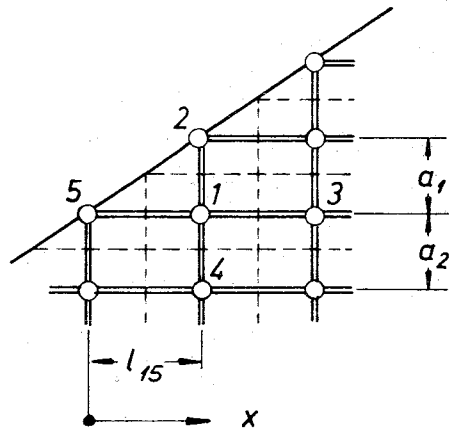


Abb. 6: Ausschnitt aus einem ebenen Körper mit schräger Oberflächenkontur

$$L_{15} = \lambda \cdot \frac{1}{\int_0^{l_{15}} \frac{dx}{F_x}} \quad \text{mit } F_x = \frac{a_2}{2} + \frac{a_1}{l_{15}} \cdot x$$

$$L_{15} = \lambda \cdot \frac{a_1}{l_{15}} \cdot \frac{1}{\ln \frac{a_1+a_2}{a_2}} = \lambda \cdot C_{15}$$

Durch Potentialmessungen an einem elektrischen Modell wurde bestätigt, dass der so erhaltene Wärmeleitwert genauer ist als der in der Literatur [3] angegebene Wert:

$$L_{15}^* = \lambda \frac{\frac{a_1+a_2}{2} \cdot l}{l_{15}} = \lambda \cdot C_{15}^*$$

Die Leitwerte von Verbindungen zwischen zwei Punkten, bei denen der Wärmeaustausch nicht durch Leitung, sondern durch Wärmeübergang erfolgt (z.B. von der Oberfläche eines Körpers zum strömenden Kühlmittel), ergeben sich zu:

$$L = \alpha \cdot O = D$$

mit O [cm^2]

der zum betroffenen Punkt
gehörenden Oberfläche

α [$\text{W}/\text{cm}^2\text{-grad}$]

Wärmeübergangskoeffizient

1.5 Transformation von Polarkoordinaten in kartesische Koordinaten

Die Bestimmung der Wärmeleitwerte nach den Gleichungen (4a) und (4b) ist unabhängig vom Koordinatensystem. Bei ebenen kreisförmigen Geometrien ist jedoch meistens eine Transformation von polaren in kartesische Koordinaten zweckmässig, da durch diese Massnahme die Bestimmung der Leitwerte vereinfacht wird [4].

In Polarkoordinaten lautet die Differentialgleichung (1) der Wärmeleitung:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{q \cdot \frac{\partial M}{\partial V}}{\lambda} = \frac{c_p \cdot \frac{\partial M}{\partial V}}{\lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad (6)$$

Mit den transformierten Grössen

$$\xi = \ln \frac{r}{r_0}$$

$$\eta = \varphi$$

$$M^* = M$$

$$V^* = \frac{V}{r^2}$$

$$\rho^* = \frac{\partial M^*}{\partial V^*} = \frac{\partial M^*}{\partial V} \cdot \frac{\partial V}{\partial V^*} = \rho \cdot r^2$$

$V^* \cdot \rho^* = V \cdot \rho$ (Da bei der Anwendung dieser Methode stets das Produkt $V \cdot \rho$ auftritt, ist es nicht erforderlich, das Volumen und die Dichte zu transformieren.)

ergibt sich aus Gleichung (6)

$$\frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial \eta^2} + \frac{q \cdot \frac{\partial M^*}{\partial V^*}}{\lambda} = \frac{c_p \cdot \frac{\partial M^*}{\partial V^*}}{\lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad (7)$$

Die Form von Gleichung (7) ist genau dieselbe wie die der entsprechenden Differentialgleichung für kartesische Koordinaten:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{q \cdot \frac{\partial M}{\partial V}}{\lambda} = \frac{c_p \cdot \frac{\partial M}{\partial V}}{\lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad (8)$$

Durch diese Transformation werden z.B. die in Abb. 7 dargestellten Netzwerke hinsichtlich des Temperaturfeldes gleichwertig.

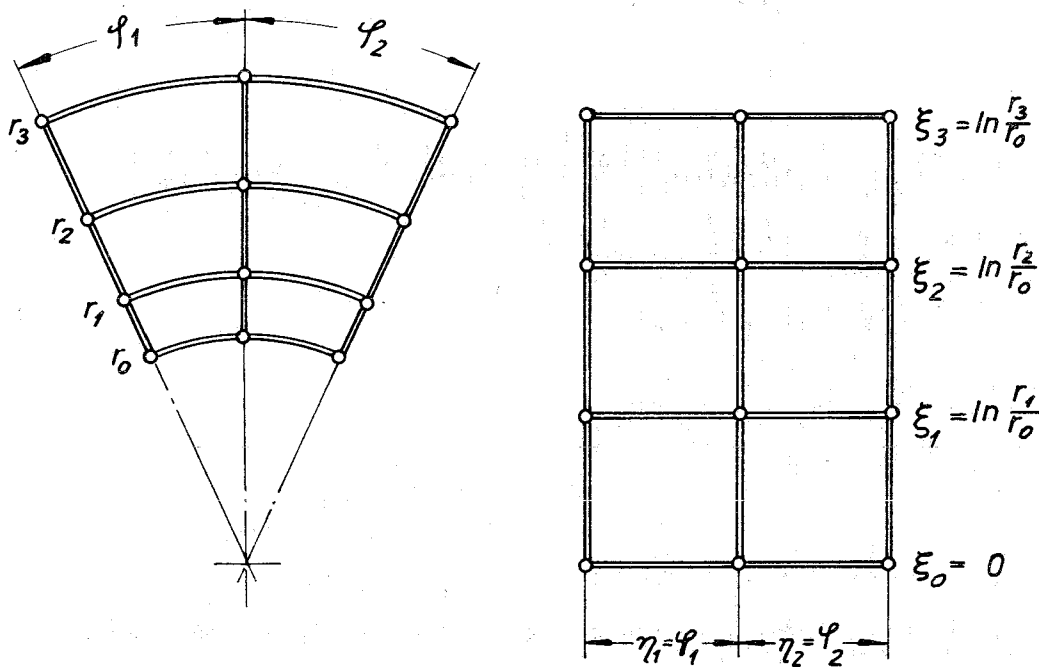


Abb. 7: Logarithmische Transformation von Polarkoordinaten (7a) in kartesische Koordinaten (7b)

Zu beachten ist jedoch, dass bei der Berechnung von Leitwerten an der Oberfläche, - wodurch der Wärmeübergang zwischen dem betrachteten Körper und der Umgebung berücksichtigt wird, - nicht die transformierten, sondern die Originallängen einzusetzen sind.

Grundsätzlich lässt sich auch bei dreidimensionalen Systemen eine ähnliche Transformation durchführen. Da aber in diesem Fall auch die 3. Koordinate in Richtung der Zylinderachse transformiert werden muss, wird die Rechnung mit transformierten Koordinaten komplizierter als bei Beibehaltung der Zylinderkoordinaten.

1.6 Berechnung der Wärmeleitwerte für einen dreidimensionalen Körper mit Zylinderkoordinaten

Wie bereits im vorigen Abschnitt vermerkt, ist bei einem dreidimensionalen System eine Koordinatentransformation nicht zweckmässig.

Daher wird in folgendem die Anwendung der Gleichungen (4a) und (4b) zur Ermittlung der Leitwerte in einem dreidimensionalen Körper mit Zylinderkoordinaten gezeigt.

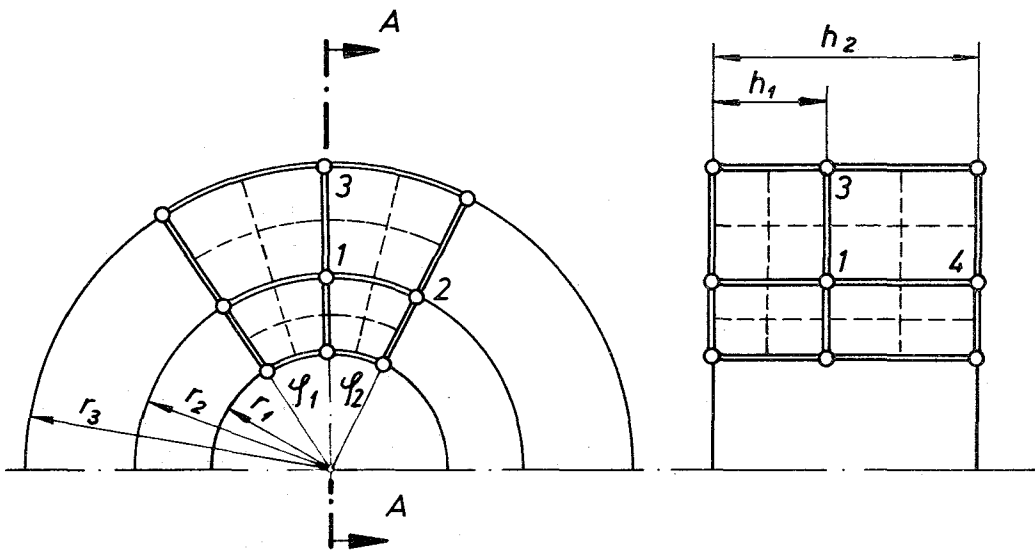


Abb. 8: Netzwerk in einem dreidimensionalen System

- a) Wärmeleitung von Punkt 1 nach 2 entsprechend Gleichung (4a)

$$L_{12} = \lambda \cdot \int_{\left(\frac{r_1+r_2}{2}\right)}^{\left(\frac{r_2+r_3}{2}\right)} \frac{\frac{h_1+h_2}{2} \cdot dr}{r \cdot \rho_2} = \lambda \cdot \frac{h_1+h_2}{2} \cdot \frac{1}{\rho_2} \cdot \ln \frac{r_2+r_3}{r_1+r_2} = \lambda \cdot C_{12}$$

- b) Wärmeleitung von Punkt 1 nach Punkt 3 entsprechend Gleichung (4b)

$$L_{13} = \lambda \cdot \frac{1}{\int_{r_2}^{r_3} \frac{dr}{\frac{h_1+h_2}{2} \cdot \frac{\rho_1+\rho_2}{2} \cdot r}} =$$

$$= \lambda \cdot \frac{h_1+h_2}{2} \cdot \frac{\rho_1+\rho_2}{2} \cdot \frac{1}{\ln r_3 - \ln r_2} = \lambda \cdot C_{13}$$

c) Wärmeleitung von Punkt 1 nach Punkt 4 entsprechend Gleichung (4b)

$$L_{14} = \lambda \cdot \frac{1}{h_2 - h_1} \int_{h_1}^{h_2} \frac{dh}{\left[\left(\frac{r_3+r_2}{2} \right)^2 - \left(\frac{r_2+r_1}{2} \right)^2 \right] \cdot \frac{\rho_1 + \rho_2}{2 \cdot \pi}}$$
$$= \lambda \frac{(r_3+r_2)^2 - (r_2+r_1)^2}{16 \cdot (h_2 - h_1)} (\rho_1 + \rho_2) = \lambda \cdot C_{14}$$

2. Beschreibung des Rechenprogrammes

Das zur numerischen Bestimmung von Temperaturfeldern nach der Relaxationsmethode der Thermodynamik entwickelte Rechenprogramm besteht aus folgenden Teilen:

- a) Hauptprogramm RELAX
- b) Subroutine PRUEF
- c) Subroutine ADE

Diese Programme sind in der FORTRAN IV-Sprache für die IBM 360/65 Rechenmaschine geschrieben.

Darüber hinaus werden aus der Programmbibliothek dieser Rechanlage aufgerufen:

die Subroutine LINAL zur Lösung linearer Gleichungssysteme,

die Subroutine FREEFO zum Einlesen nicht formatgebundener Eingabedaten.

2.1 Hauptprogramm RELAX

Das Rechenprogramm RELAX liest die zur Bestimmung von Temperaturfeldern notwendigen Eingabedaten und berechnet die Temperaturen für jeden einzelnen Massenpunkt des Gitterwerkes.

Durch den Aufruf der Subroutine FREEFO ist es möglich, die Daten in freier Form einzugeben. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die im Folgenden mit * gekennzeichneten Daten beginnend in Spalte 1 der Datenkarten geschrieben werden müssen. Die übrigen Daten dürfen dagegen nicht mit dieser Spalte beginnen.

2.1.1 Beschreibung der Eingabedaten

- * NWIED [-] Anzahl der zu berechnenden Fälle.

- * TMAX [sec] Zeitspanne, während der ein Aufwärm- oder Abkühlvorgang betrachtet wird (instationärer Vorgang).
Bei stationärem Zustand ist TMAX = 0. einzugeben.

- MTB [-] Anzahl der bekannten Temperaturen. Dazu sind sowohl Temperaturen im Inneren eines Körpers als auch an dessen Oberfläche zu zählen.
MTB \leq 100

- MD [-] Anzahl der Wärmeleitwerte an der Oberfläche eines Körpers (Wärmeübergang) MD \leq 100

- NTEMP [-] Steuergrösse
NTEMP = 0 bedeutet, dass das Temperaturfeld zur Zeit $T = 0$ berechnet wird. Folglich ist bei stationärer Rechnung der Wert 0 einzulesen.
NTEMP = 1 bedeutet, dass bei Aufwärm- oder Abkühlvorgängen das Temperaturfeld zur Zeit $T = 0$ als bekannt eingelesen wird.
- * TEXT [-] Einlesen eines beliebigen Kommentars von maximal 78 Zeichen. In die Spalten 1 und 80 ist ein Apostroph zu schreiben.
- * TB(1) [°C] Bekannte Temperaturen im Inneren oder an der Oberfläche des betrachteten Körpers.
TB(2)
.
.
.
TB(MTB) (Eingabedaten entfallen bei $MTB = 0$).
- * D(1) [W/grad] Wärmeleitwerte an der Oberfläche (Eingabedaten entfallen bei $MD = 0$)
D(2)
.
.
.
D(MD)
- * IW [-] Anzahl der Werkstoffe, aus denen sich das betrachtete System zusammensetzt.
 $IW \leq 5$

NLAMB(1)	[-]	Anzahl der Punktepaare, durch welche die Temperaturabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit des betreffenden Werkstoffes charakterisiert wird. NLAMB ≤ 10
NLAMB(2)		
·		
·		
NLAMB(IW)		
NXQZ(1)	[-]	Anzahl der Punktepaare, durch welche die Temperaturabhängigkeit einer Wärmequelle oder -senke in dem betreffenden Werkstoff beschrieben wird. NXQZ ≤ 10
NXQZ(2)		
·		
·		
NXQZ(IW)		
* TLAMB(1,I)	[°C]	Punktepaare für die Temperaturabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit für den Fall NLAMB(I) > 1. ¹⁾ Bei NLAMB(I) = 1, d.h. die Wärmeleitfähigkeit ist von der Temperatur unabhängig, wird an dieser Stelle nur *XLAMB(1,I) eingegeben.
XLAMB(1,I)	[W/cm grad]	
TLAMB(2,I)		
XLAMB(2,I)		
·		
·		
·		
TLAMB(NLAMB(I),I)		
XLAMB(NLAMB(I),I)		
für I=1,2...IW		

1) Die Temperaturabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit und der Wärmequelle oder -senke wird punktweise eingelesen. Zwischen diesen Punkten wird im Programm linear interpoliert.

* TXQZ(1,I) XQZ(1,I) TXQZ(2,I) XQZ(2,I) . . TXQZ(NXQZ(I),I) XQZ(NXQZ(I),I) für I=1,2...IW	[°C] [W/cm ³]	Punktepaare für die Temperaturabhängigkeit einer Wärmequelle oder -senke für den Fall NXQZ(I) > 1. 1) Bei NXQZ(I)=1, d.h. die Wärmequelle oder -senke ist von der Temperatur unabhängig, wird an dieser Stelle nur *XQZ(1,I) eingegeben
* MC	[-]	Anzahl der Wärmeleitwerte im Inneren eines Körpers (Wärmeleitung). MC ≤ 500
MCW(1) MCW(2) . . MCW(IW)	[-]	Anzahl der Wärmeleitwerte in den einzelnen Werkstoffen.
C(1) C(2) . . C(MC)	[cm]	Wärmeleitwerte im Inneren des Körpers. (Diese Leitwerte werden im Programm noch mit der zugehörigen Wärmeleitwertzahl multipliziert).
MV	[-]	Anzahl der unterschiedlichen Volumina, welche das zu untersuchende System bilden. (Da jeweils zu mehreren Netzwerkpunkten das gleiche Volumen gehören kann, muss MV nicht mit der Gesamtzahl der Punkte übereinstimmen.) MV ≤ 250

V(1)	[cm ³]	Zu den einzelnen Punkten
V(2)		gehörende Volumina.
.		
.		
V(MV)		
NGES	[-]	Gesamtzahl der Netzwerk- punkte mit unbekanntem Tem- peraturen. NGES ≤ 250
MPW(1)	[-]	Anzahl der Netzwerkpunkte
MPW(2)		in den einzelnen Werkstoffen.
.		
.		
MPW(IW)		

Mit den folgenden Eingabedaten NR bis einschliesslich NQ werden die einzelnen Punkte des Netzwerkes sowie ihre Verbindungen untereinander charakterisiert. Dabei wird so vorgegangen, dass festgestellt wird, über welche Wärmeleitwerte der betrachtete Punkt mit seinen Nachbarpunkten verbunden ist. Die Reihenfolge, in der die benachbarten Punkte angegeben werden, spielt hierbei keine Rolle.

Da entsprechend dem gewählten Netzwerk einzelne Wärmeleitwerte (C- bzw. D-Werte) mehrfach vorkommen können, werden gleiche Leitwerte mit Kennziffern versehen und in entsprechender Reihenfolge unter C(1), C(2) ... C(MC) bzw. unter D(1), D(2) ... D(MD) eingelesen.

Um die Verbindung der betrachteten Punkte mit einem Nachbarpunkt zu beschreiben, ist nun nur noch die entsprechende Kennziffer anzugeben. So hat der C-Wert (Wärmeleitwerte im Inneren eines Körpers) C(1) die Kennziffer 1, C(2) die Kennziffer 2, der D-Wert (Wärmeleitwert an der Oberfläche eines Körpers) D(1) die Kennziffer 501, D(2) die Kennziffer 502 usw. Die Numerierung der Punkte mit bekannten Temperaturen beginnt mit 501. Die Kennzeichnung der Volumentypen entspricht ebenfalls der Reihenfolge der eingelesenen Volumina, so dass V(1) die Kennziffer 1 hat.

- * NR [-] Nummer des betrachteten Punktes mit unbekannter Temperatur.

- NP [-] Anzahl der benachbarten Punkte, die mit dem betrachteten Punkt NR verbunden sind.

- NA(1) [-] Kennziffer des Wärmeleittyps, der die Verbindung zwischen betrachtetem Punkt und dem mit ihm verbundenen Nachbarpunkt charakterisiert.

- NT(1) [-] Nummer des benachbarten Punktes, der mit dem betrachteten Punkt verbunden wird.
- NA(2)
- NT(2)
-
-
-
- NA(NP)
- NT(NP)

- NV [-] Zum betrachteten Punkt gehörender Volumentyp.

- NQ [-] Nummer des Werkstoffes, in dem der betrachtete Punkt liegt.

Die Werte NR bis NQ sind für alle Netzwerkpunkte, d.h. NGES mal einzugeben.

Alle folgenden Eingabedaten sind nur dann erforderlich, wenn zeitlich veränderliche Temperaturfelder berechnet werden, d.h. für TMAX > 0.

- | | | |
|----------|-----------------------|--|
| * TN(1) | [°C] | Diese Werte müssen nur im Falle NTEMP=1 (Temperaturfeld zur Zeit T=0 bekannt) eingegeben werden. TN sind die Temperaturen in den Netzwerkpunkten für Zeit T=0. |
| TN(2) | | |
| . | | |
| . | | |
| TN(NGES) | | |
| * RHO(1) | [gr/cm ³] | Dichte der einzelnen Werkstoffe. |
| RHO(2) | | |
| . | | |
| RHO(IW) | | |
| CP(1) | [Wsec/gr grad] | Spezifische Wärme der einzelnen Werkstoffe |
| CP(2) | | |
| . | | |
| CP(IW) | | |
| DTM | [sec] | Zeitschritt, nach dem jeweils das Temperaturfeld berechnet wird. |

Im Programm wird für das zu untersuchende Gitterwerk ein aus Stabilitätsgründen maximal zulässiger Zeitschritt errechnet. Ist nun der eingelesene Zeitschritt DTM=0. oder grösser als der vom Rechenprogramm ermittelte Zeitschritt, so wird mit letzterem das instationäre Temperaturfeld errechnet.

TWRITE [sec] Zeitschritt, nach welchem jeweils die Temperaturverteilung während eines Aufwärm- oder Abkühlvorganges ausgedruckt werden soll.

Unabhängig von TWRITE wird das Temperaturfeld jeweils nach den ersten fünf Zeitschritten ausgedruckt. Mit den folgenden Daten wird die Zeitabhängigkeit der Grössen TB (bekannte Temperaturen), D (Wärmeleitwerte an der Oberfläche) und XQZ (Wärmequell-dichte) erfasst. Dabei ist die Abhängigkeit dieser Grössen von der Zeit in die Form eines Polynoms zu bringen. Die Koeffizienten dieser Funktionen werden eingegeben. Sind mehrere TB- oder D-Werte durch die gleiche Zeitfunktion beschrieben, so sind die entsprechenden Koeffizienten nur einmal anzugeben.

NFTB [-] Anzahl der Funktionen, nach denen sich bekannte Temperaturen mit der Zeit ändern.

NFD [-] Anzahl der Funktionen, welche die Zeitabhängigkeit der Wärmeleitwerte an der Oberfläche beschreiben.

NFQP [-] Anzahl der Werkstoffe, in denen sich die Wärmequell-dichte mit der Zeit ändert.

Nur bei NFTB > 0 sind die Grössen NR bis ATB einzulesen.

* NR(1) [-] Anzahl der bekannten Temperaturen, die sich abhängig von der Zeit nach der 1. Funktion ändern.

NTB(1,1) [-] Nummern bekannter Temperaturen,
NTB(1,2) die sich abhängig von der Zeit
: nach der 1. Funktion ändern.
: (z.B. 503, 504, 505)
NTB(1,NR(1))

NZTB(1) [-] Grad des Polynoms, durch das die 1. Funktion angenähert wird.

ATB(1,1) [-] Koeffizienten der 1. Funktion.
ATB(1,2) $\frac{TB(T)}{TB(T=0)} = 1 + ATB(1,1) \cdot T$
: $+ ATB(1,2) \cdot T^2$
: $+ ATB(1,NZTB(1)) \cdot T^{NZTB(1)}$
ATB(1,NZTB(1))

* NR(2)
NTB(2,1)
NTB(2,2)
:
:
:
NTB(2,NR(2))

NZTB(2) gleiche Bedeutung wie bei erster Funktion

ATB(2,1)
ATB(2,2)
:
:
:
ATB(2, NZTB(2))

* NR(NFTB)

NTB(NFTB,1)

NTB(NFTB,2)

·
·
·

NTB(NFTB, NR(NFTB)) gleiche Bedeutung wie bei
erster Funktion

NZTB(NFTB)

ATB(NFTB,1)

ATB(NFTB,2)

ATB(NFTB,NZTB(NFTB))

Völlig analog dazu sind bei $NFD \geq 0$ alle die Werte der verschiedenen Funktionen einzulesen, durch welche die Zeitabhängigkeit der Wärmeleitwerte an der Oberfläche beschrieben werden.

Bei $NFQP > 0$ sind die Grössen NQP bis AQP einzugeben:

* $NQP(1)$ [-] Werkstoffnummer

$NZQP(1)$ [-] Grad des Polynoms, durch das die
Funkt.f.ob.Werkstoff angenähert wird.

$AQP(1,1)$ [-] Koeffizienten des Polynoms, wo-
 $AQP(1,2)$ durch die Zeitabhängigkeit der
·
·
·
Wärmequellldichte im Werkstoff
 $NQP(1)$ angegeben wird.

$AQP(1,NZQP(1))$

$$\frac{QP(T)}{QP(T=0)} = 1 + AQP(1,1) \cdot T + AQP(1,2) \cdot T^2 + AQP(1,NZQP(1)) \cdot T^{NZQP(1)}$$

In gleicher Art und Weise werden die Daten für die Funktionen 2 bis $NZQP$ eingegeben.

2.1.2 Beschreibung der Ausgabedaten

Zur Kontrolle werden im RELAX-Rechenprogramm alle eingelesenen Stoffwerte sowie die Matrix für die Berechnung des Temperaturfeldes zur Zeit $T=0$ ausgedruckt. Die Ausgabe der Temperaturen für jeden einzelnen Punkt des Netzwerkes erfolgt in der Subroutine ADE.

2.2 Subroutine PRUEF

Diese Subroutine kontrolliert die Eingabedaten hinsichtlich der Verbindungen zwischen den einzelnen Punkten des Netzwerkes. Wird beispielsweise angegeben, dass der Punkt 1 über den Leitwert vom Typ 3 mit dem Punkt 7 verbunden ist, dann prüft das Unterprogramm, ob bei der Betrachtung des Punktes 7 dieser mit dem Punkt 1 ebenfalls über den Leitwert vom Typ 3 verbunden ist.

2.3 Subroutine ADE

Dieses Unterprogramm druckt die Mitteltemperaturen und das Temperaturfeld in den einzelnen Werkstoffen aus. Die Berechnung der Mitteltemperaturen für jeden Werkstoff erfolgt nach der Beziehung

$$T_M = \frac{\sum(T_N \cdot V)}{\sum V}$$

Ausserdem werden die bekannten Temperaturen (TB), die Wärmeleitwerte an der Oberfläche des Körpers (D) und die Wärmequell-dichte (QZ) für die einzelnen Werkstoffe ausgedruckt. Im Falle der Abhängigkeit der Wärmequell-dichte von der Temperatur, wird stets die zur 1. eingelesenen Temperatur gehörende Wärmequell-dichte ausgedruckt.

Bei instationären Berechnungen druckt ADE die obigen Daten jeweils nach einem vorgegebenen Zeitschritt (TWRITE) aus, nachdem zuvor die Temperaturfelder für die ersten 5 Zeitschritte ausgedruckt sind.

2.4 Subroutine LINAL

LINAL löst lineare, inhomogene Gleichungssysteme, durch welche das Temperaturfeld bestimmt ist.

Die einzelnen Argumente bedeuten:

- A = Name des Feldes, in dem die Koeffizientenmatrix spaltenweise gespeichert ist,
- NGES = Grad der Matrix,
- KL = Erste Zahl in der DIMENSIONS-Ausgabe für die Koeffizientenmatrix (im Programm KL=250),
- XF = Arbeitsfeld der Länge $NGES^2$ (im Programm XF = A, da Matrix nach Auflösung nicht mehr gebraucht wird),
- B = Name des Feldes, in welchem die Matrix der rechten Seite (inhomogener Teil des Gleichungssystems) spaltenweise gespeichert ist,
- KR = Spaltenzahl der rechten Seite der Matrix (im Programm KR = 1),
- KD = Erste Zahl in der DIMENSIONS-Angabe für die rechte Seite der Matrix (im Programm KD = 250),
- XL = Name des Feldes, in welchem nach Rückkehr aus der Subroutine die Lösungsmatrix stehen soll.

2.5 Subroutine FREEFO

Dieses Unterprogramm ermöglicht es, die Eingabedaten ohne Bindung an ein Format einzugeben.

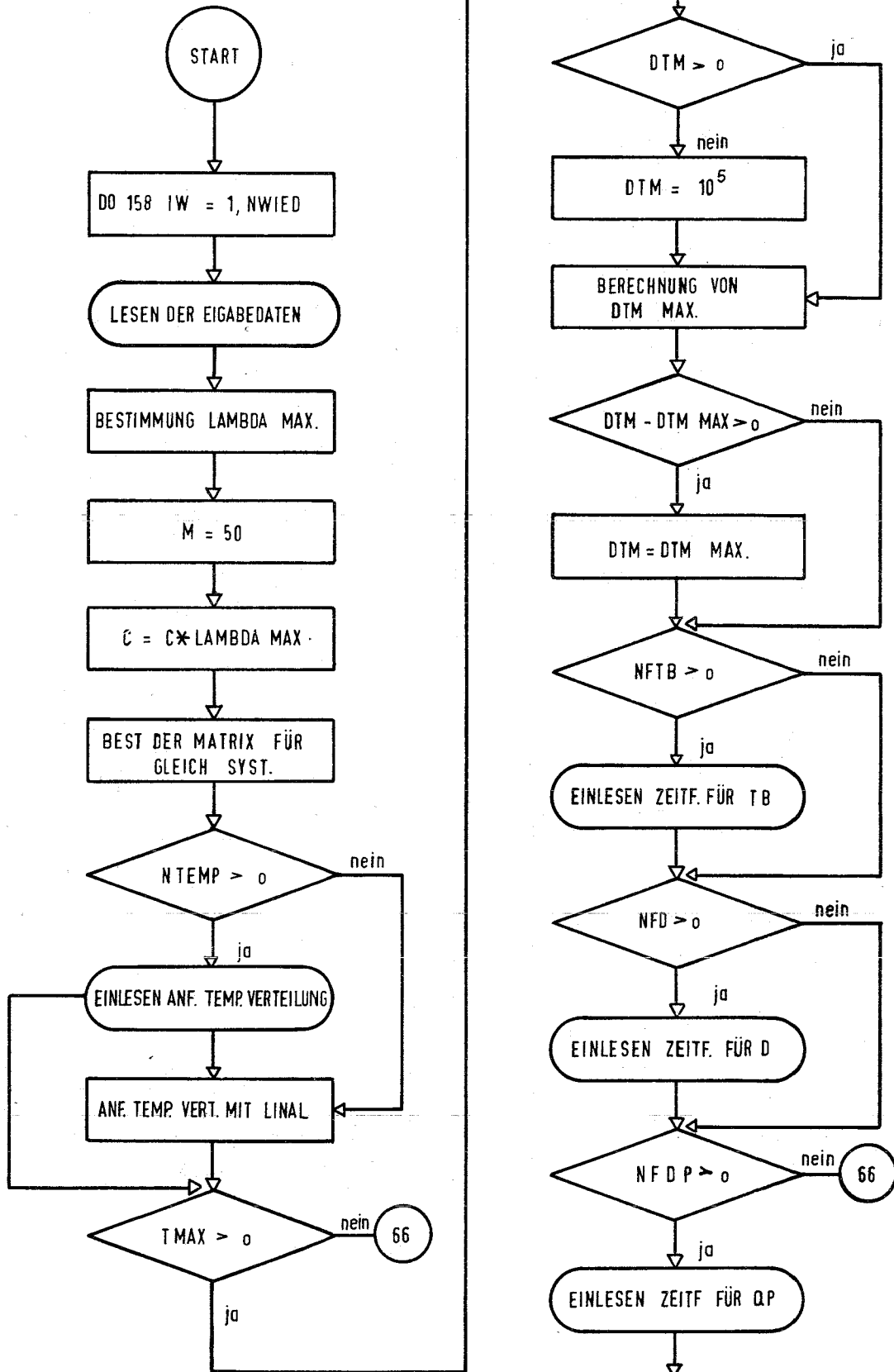
2.6 Speicherplatzbedarf und Rechenzeit

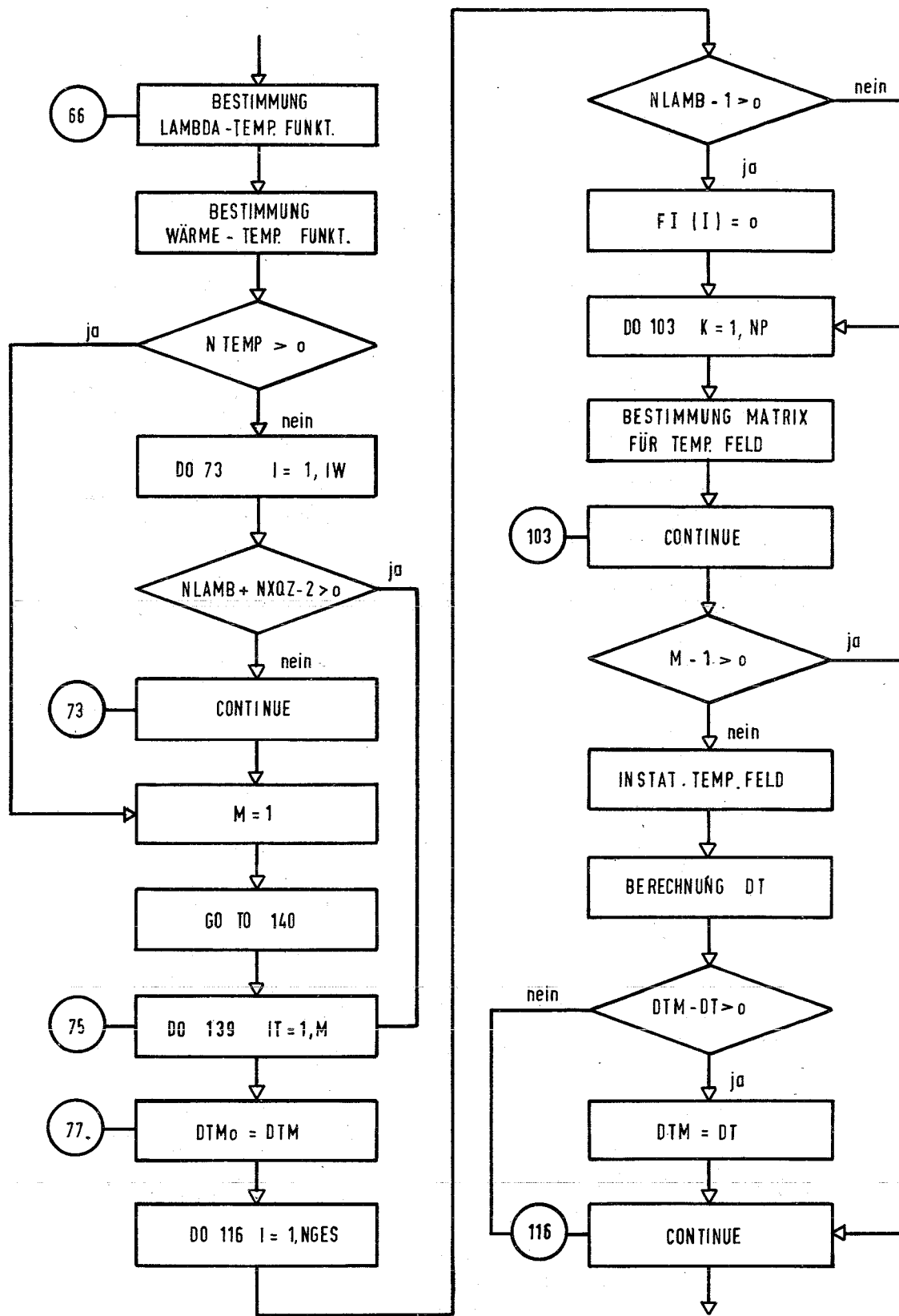
In der vorliegenden Version des Programms, das für maximal 250 Netzwerkpunkte ausgelegt ist, ist ein Bedarf an Speicherplätzen von 500 K.

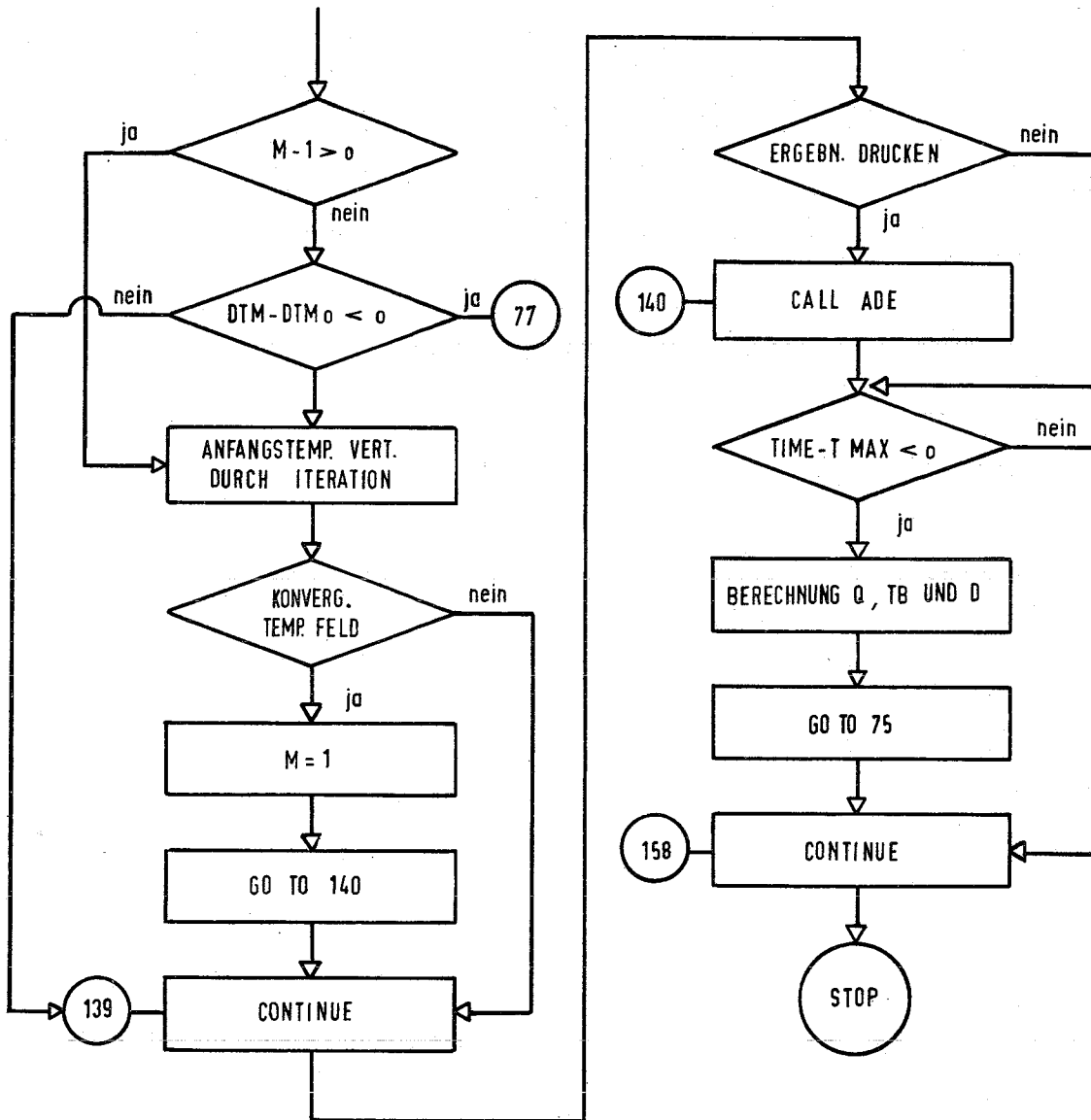
Die Rechenzeit richtet sich sehr stark danach, ob stationäre Zustände oder instationäre Vorgänge betrachtet werden. Einen ebenso starken Einfluss auf die Rechenzeit hat die Abhängigkeit der Stoffwerte von der Temperatur.

Die Rechenzeit zur Berechnung eines stationären Temperaturfeldes mit 250 Punkten und temperaturabhängiger Wärmeleitfähigkeit beträgt ca. 5 Minuten.

3. Flußdiagramm RELAX







4. FORTRAN-Listen

```
C***** RELAX
C***** EIN FORTRAN IV PROGRAMM FUER IBM 360/65 ZUR BERECHNUNG VON
C***** STATIONAEREN UND INSTATIONAEREN TEMPERATURFELDERN IN BELIE-
C***** BIGEN ZWEI- UND DREIDIMENSIONALEN KOERPERN
  DIMENSION NA(250,8),NT(250,8),NV(250),NQ(250),NPZ(250),C(500),
  1F(250,8),FI(250),V(250),SA(250),QZP(250),T(250),TN(250),
  2QZPA(250),WKAP(250,2),D(100),TB(100),TLAMB(10,5),XLAMB(10,5),QZ(5)
  3,NLAMB(5),MPW(5),MCW(5),SV(5),RHO(5),CP(5),TM(5),RLAMB(5),
  4RLAMB1(5),A(250,250),B(250),XLAMAX(5),JLAMAX(5),ATB(100,5),
  5AD(100,5),AQP(5,5),TBA(100),NTB(100,100),NRTB(100),NZTB(5),
  6ND(100,100),DA(100),FAKT(250),NRD(100),NZD(5),NQP(5),NZQP(5),Q(5),
  7QZA(5),TGRENZ(250,2),XQZ(10,5),TXQZ(10,5),NXQZ(5),RQZP(5),RQZ1(5),
  8TMQ(250),TMA(5),ALFAW(5),ALFAP(250),FELD(800),TEXT(20),BU(250),
  9VQT(5)
  COMMON IW,SV,MPW,NV,V,TM,L,NANZ,TIME,QZ,D,TB,TN,MD,MTB
  IAUS=6
  NEIN=8
  NIN=5
  CALL FREEFO(NIN,NEIN,IAUS,0,FELD,FELD)
  READ(NEIN)NWIED
  DO 158 IWIED=1,NWIED
  DO 3 I=1,250
  DO 1 J=1,8
  NA(I,J)=0
  NT(I,J)=0
  F(I,J)=0.
1 CONTINUE
  DO 2 K=1,250
2 A(I,K)=0.
  B(I)=0.
  NV(I)=0
  NQ(I)=0
  NPZ(I)=0
  FI(I)=0.
  V(I)=0.
  SA(I)=0.
  QZP(I)=0.
  ALFAP(I)=0.
3 CONTINUE
  DO 4 I=1,500
4 C(I)=0.
  DO 5 I1=1,10
  DO 5 I2=1,5
5 XLAMB(I1,I2)=0.
  READ(NEIN)TMAX,MTB,MD,NTEMP
  READ(NEIN)TEXT
  IF(MTB)7,7,6
6 READ(NEIN) (TB(I),I=1,MTB)
7 IF(MD)9,9,8
8 READ(NEIN) (D(I),I=1,MD)
9 READ(NEIN) IW,(NLAMB(I),I=1,IW),(NXQZ(I),I=1,IW)
  MLQ=0
  DO 12 I=1,IW
  MLQ=NLAMB(I)+NXQZ(I)+MLQ
  N=NLAMB(I)
  IF(N-1)10,10,11
10 READ(NEIN)XLAMB(1,I)
  GO TO 12
```

```
11 READ(NEIN)((TLAMB(K,I),XLAMB(K,I)),K=1,N)
12 CONTINUE
   DO 15 I=1,IW
   N1=NXQZ(I)
   IF(N1-1)13,13,14
13 READ(NEIN) XQZ(1,I)
   GO TO 15
14 READ(NEIN)((TXQZ(K,I),XQZ(K,I)),K=1,N1)
15 CONTINUE
   READ(NEIN)MC,(MCW(I),I=1,IW),(C(I),I=1,MC),
   1MV,(V(I),I=1,MV),NGES,(MPW(I),I=1,IW)
   DO 16 I=1,NGES
   READ(NEIN) (NR,NP,((NA(NR,K),NT(NR,K)),K=1,NP),NV(I),NQ(I))
16 NPZ(NR) = NP
   CALL PRUEF(NGES,NPZ,NA,NT)
   NZBL=0
   AGES=NGES
   EPS=AGES/2000.
C*****   BESTIMMUNG DER MAXIMALEN LAMBDA WERTE
   DO 18 I=1,IW
   VQT(I)=1.
   QZ(I)=XQZ(1,I)
   XLAMAX(I)=XLAMB(1,I)
   JLAMAX(I)=1
   N=NLAMB(I)
   DO 18 J=2,N
   IF(XLAMB(J,I)-XLAMAX(I))18,18,17
17 XLAMAX(I)=XLAMB(J,I)
   JLAMAX(I)=J
18 CONTINUE
C*****
   DO 19 K=1,IW
19 NZBL=(MPW(K)+9)/10+NZBL+2
   NZBL=NZBL+MTB/10+MD/8+12
   NANZ=60/NZBL
   L=NANZ
   M=50
   TIME=0.
   NFD=0
   TPRINT=0.
C*****   MULTIPLIKATION DER-C-WERTE MIT DEM ZUGEOERIGEN LAMBDA WERT
   MC1=0
   MCO=1
   DO 21 ICC=1,IW
   MCC=MCW(ICC)+MC1
   N=JLAMAX(ICC)
   DO 20 IC=MCO,MCC
20 C(IC)=C(IC)*XLAMB(N,ICC)
   MCO=MCC+1
   MC1=MCC
21 CONTINUE
C*****
C*****   BESTIMMUNG DER MATRIX FUER DAS GLEICHUNGSSYSTEM
   DO 31 I=1,NGES
   FAKT(I)=.5
   JV=NV(I)
   JQ=NQ(I)
   S=0.
```

```
NPZU = NPZ(I)
DO 30 K=1, NPZU
JA=NA(I, K)
JT=NT(I, K)
IF(JT-500)22, 22, 26
22 IF(JA-500)23, 23, 24
23 F(I, K)=C(JA)
GO TO 25
24 F(I, K)=D(JA-500)
25 A(I, JT)=A(I, JT)+F(I, K)
FI(I)=FI(I)-F(I, K)
GO TO 30
26 IF(JA-500)27, 27, 28
27 F(I, K)=C(JA)
GO TO 29
28 F(I, K)=D(JA-500)
29 S=S+F(I, K)
B(I)=B(I)-F(I, K)*TB(JT-500)
30 CONTINUE
SA(I)=-S+FI(I)
QZP(I)=V(JV)*QZ(JQ)
A(I, I)=SA(I)
B(I)=B(I)-QZP(I)
BU(I) = -B(I)
31 CONTINUE
WRITE(IAUS, 171) TEXT
WRITE(IAUS, 165)
DO 34 J=1, IW
N=NLAMB(J)
IF(N-1)32, 32, 33
32 WRITE(IAUS, 172) J, XLAMB(1, J)
GO TO 34
33 WRITE(IAUS, 166) J, ((XLAMB(K, J), TLAMB(K, J)), K=1, N)
34 CONTINUE
WRITE(IAUS, 167)
DO 37 J=1, IW
N=NXQZ(J)
IF(N-1)35, 35, 36
35 WRITE(IAUS, 172) J, XQZ(1, J)
GO TO 37
36 WRITE(IAUS, 166) J, ((XQZ(K, J), TXQZ(K, J)), K=1, N)
37 CONTINUE
DO 38 I=1, 4
38 WRITE(IAUS, 159)
WRITE(IAUS, 160)
WRITE(IAUS, 161)
DO 39 I=1, NGES
NP=NPZ(I)
JV=NV(I)
NPI=4
IF(NP.LE.3) NPI=NP
WRITE(IAUS, 162) I, V(JV), BU(I), SA(I), ((NT(I, K), F(I, K)), K=1, NPI)
IF(NP.LE.4) GO TO 39
WRITE(IAUS, 163) ((NT(I, K), F(I, K)), K=5, NP)
39 CONTINUE
C***** BERECHNUNG DES GESAMT VOLUMENS FUER JEDEN WERKSTOFF
MP0=1
MP1=0
```

```
DO 41 IP=1,IW
MP=MPW(IP)+MP1
SV(IP)=0.
DO 40 IPP=MPO,MP
JV=NV(IPP)
40 SV(IP)=SV(IP)+V(JV)
MPO=MP+1
MP1=MP
41 CONTINUE
C*****
IF(NTEMP)43,43,42
C***** EINLESEN DER TEMPERATUREN WENN ANFANGS TEMPERATURVERTEILUNG
C***** NICHT BERECHNET WERDEN SOLL
42 READ(NEIN) (TN(I),I=1,NGES)
C***** BERECHNUNG DER ANFANGS TEMPERATURVERTEILUNG TN
GO TO 45
43 CALL LINAL (A,NGES,250,A,B,1,250,TN)
IF(MLQ-2*IW)45,45,44
44 WRITE(IAUS,164)
L=-1
CALL ADE
L=NANZ
C*****
45 DO 46 I=1,NGES
TGRENZ(I,1)=TN(I)
46 QZPA(I)=QZP(I)
IF(TMAX)66,66,47
C***** EINLESEN DER DATEN FUER DIE INSTATIONAERE RECHNUNG
47 READ(NEIN)(RHO(I),I=1,IW),(CP(I),I=1,IW),
1DTM,TWRITE,NFTB,NFD,NFQP
WRITE(IAUS,168)(I,RHO(I),I=1,IW)
WRITE(IAUS,170)(I,CP(I),I=1,IW)
C*****
IF(DTM)48,48,49
C***** BESTIMMUNG DES MAXIMAL ZULAESSIGEN ZEITSCHRITTES
48 DTM=1.E5
49 DO 52 I=1,NGES
JV=NV(I)
JW=NQ(I)
WKAP(I,1)=V(JV)*RHO(JW)*CP(JW)
IF(WKAP(I,1))53,53,50
50 DT=-WKAP(I,1)/(SA(I)*2.)
IF(DTM-DT)52,52,51
51 DTM=DT
52 CONTINUE
GO TO 54
53 WRITE(IAUS,169)
TMAX=0.
GO TO 66
C*****
54 DT=DTM
TMAXA=5.*DT
ANPRI=0.
DO 56 J=1,100
DO 55 I=1,5
ATB(J,I)=0.
AD(J,I)=0.
55 CONTINUE
```

```
      DA(J)=D(J)
      TBA(J)=TB(J)
56 CONTINUE
      DO 57 J=1,IW
      QZA(J)=QZ(J)
      DO 57 I=1,5
      AQP(J,I)=0.
57 CONTINUE
      IF(NFTB)60,60,58
C*****  EINLESEN DER ZEITFUNKTIONEN FUER TB,D,QP
58 DO 59 I=1,NFTB
      READ(NEIN)NR,(NTB(I,K),K=1,NR),NZ,(ATB(I,K),K=1,NZ)
      NRTB(I)=NR
      NZTB(I)=NZ
59 CONTINUE
60 IF(NFD)63,63,61
61 DO 62 I=1,NFD
      READ(NEIN)NR,(ND(I,K),K=1,NR),NZ,(AD(I,K),K=1,NZ)
      NRD(I)=NR
      NZD(I)=NZ
62 CONTINUE
63 IF(NFQP)66,66,64
64 DO 65 I=1,NFQP
      READ(NEIN) NQP(I),NZ,(AQP(I,K),K=1,NZ)
      NZQP(I)=NZ
65 CONTINUE
C*****
66 DO 67 I=1,NGES
      TMQ(I)=TN(I)
      T(I)=TN(I)
67 CONTINUE
C*****  BESTIMMUNG DER LAMBDA-TEMPERATURFUNKTION IM FALLE EINER
C*****  LINEAREN TEMPERATURABHAENGIGKEIT
      DO 69 I=1,IW
      TMA(I)=TM(I)
      IF(NLAMB(I)-2)69,68,69
68 N=JLAMAX(I)
      RLAMB(I)=(XLAMB(2,I)-XLAMB(1,I))/(TLAMB(2,I)-TLAMB(1,I))*
      1XLAMB(N,I)
      RLAMB(I)=RLAMB(I)*TLAMB(N,I)-1.
69 CONTINUE
C*****
C*****  BESTIMMUNG DER WAERME-TEMPERATURFUNKTION IM FALLE EINER
C*****  LINEAREN TEMPERATURABHAENGIGKEIT
      DO 71 I=1,IW
      IF(NXQZ(I)-2)71,70,71
70 ALFAW(I)=(XQZ(2,I)-XQZ(1,I))/(TXQZ(2,I)-TXQZ(1,I))
      RQZP(I)=ALFAW(I)/XQZ(1,I)
      RQZ1(I)=RQZP(I)*TXQZ(1,I)-1.
71 CONTINUE
C*****
      IF(NTEMP)72,72,74
72 DO 73 I=1,IW
      IF(NLAMB(I)+NXQZ(I)-2)73,73,75
73 CONTINUE
C*****  M GROESSER 1  TEMPERATURVERTEILUNG ZUR ZEIT T=0 WIRD DURCH
C*****  ITERATION BERECHNET, DA LAMBDA ODER Q TEMPERATUR ABHAENGIG
C*****  M GLEICH 1  TEMPERATURVERTEILUNG ZUR ZEIT T=0 WIRD NICHT
```

C***** DURCH ITERATION BERECHNET, DA LAMBDA UND Q KONSTANT ODER
C***** ANFANGS TEMPERATURVERTEILUNG EINGELESEN WURDE

```
74 M=1
   GO TO 140
75 DO 139 IT=1,M
   DO 76 I1=1,250
   DO 76 I2=1,250
   A(I1,I2)=0.
76 CONTINUE
77 DTMO=DTM
   DO 116 I=1,NGES
   JW=NQ(I)
   NP=NPZ(I)
   SB=0.
   SD=0.
   S=0.
   B(I)=0.
```

C***** NLAMDA GLEICH 1 LAMBDA KONSTANT
C***** NLAMDA GLEICH 2 LAMBDA LINEAR VON DER TEMPERATUR ABHAENGIG
C***** NLAMDA GROESSER 2 LAMBDA BELIEBIG VON DER TEMP. ABHAENGIG

```
   IF(NLAMB(JW)+NFD-1)79,79,78
78 FI(I)=0.
79 DO 103 K=1,NP
   JT=NT(I,K)
   JA=NA(I,K)-500
   IF(JT-500)80,80,96
80 IF(JA)83,83,81
81 S=S+D(JA)*T(JT)
   A(I,JT)=D(JA)
   IF(NLAMB(JW)+NFD-2)103,82,82
82 FI(I)=FI(I)-D(JA)
   GO TO 103
83 IF(NLAMB(JW)-2)84,85,86
84 S=S+F(I,K)*T(JT)
   A(I,JT)=F(I,K)
   FI(I)=FI(I)-F(I,K)
   GO TO 103
85 CLAMB=(RLAMB(JW)*(T(JT)+T(I))*0.5-RLAMB1(JW))*F(I,K)
   A(I,JT)=CLAMB
   S=S+CLAMB*T(JT)
   FI(I)=FI(I)-CLAMB
   GO TO 103
86 TMIT=.5*(T(I)+T(JT))
   LL=0
87 KK=1
   N=NLAMB(JW)
   NN=JLAMAX(JW)
88 IF(KK+1-N)89,94,94
89 II=(KK+N)/2
   IF(TLAMB(II,JW)-TLAMB(II+1,JW))90,90,91
90 IF(TLAMB(II,JW)-TMIT)93,94,92
91 IF(TLAMB(II,JW)-TMIT)92,94,93
92 N=II
   GO TO 88
93 KK=II
   GO TO 88
94 CLAMB=F(I,K)*((XLAMB(N,JW)-XLAMB(KK,JW))/(TLAMB(N,JW)
  1-TLAMB(KK,JW))*(TMIT-TLAMB(KK,JW))+XLAMB(KK,JW))/XLAMB(NN,JW)
```

```
IF(LL)95,95,102
95 S=S+T(JT)*CLAMB
   A(I,JT)=CLAMB
   FI(I)=FI(I)-CLAMB
   GO TO 103
96 JTB=JT-500
   IF(JA)98,98,97
97 SD=SD+D(JA)
   SB=D(JA)*TB(JTB)
   B(I)=B(I)-SB
   S=S+SB
   GO TO 103
98 IF(NLAMB(JW)-2)99,100,101
99 SD=SD+F(I,K)
   SB=F(I,K)*TB(JTB)
   B(I)=B(I)-SB
   S=S+SB
   GO TO 103
100 CLAMB=(RLAMB(JW)*(TB(JTB)+T(I))*0.5-RLAMB1(JW))*F(I,K)
   SD=SD+CLAMB
   SB=CLAMB*TB(JTB)
   B(I)=B(I)-SB
   S=S+SB
   GO TO 103
101 TMIT=0.5*(T(I)+TB(JTB))
   LL=1
   GO TO 87
102 SD=SD+CLAMB
   SB=CLAMB*TB(JTB)
   B(I)=B(I)-SB
   S=S+SB
103 CONTINUE
   SA(I)=-SD+FI(I)
   A(I,I)=SA(I)
   IF(NXQZ(JW)-2)113,104,105
104 QZP(I)=(RQZP(JW)*TMQ(I)-RQZ1(JW))*QZPA(I)
   ALFAP(I)=ALFAW(JW)
   GO TO 113
105 KK=1
   N=NXQZ(JW)
106 IF(KK+1-N)107,112,112
107 II=(KK+N)/2
   IF(TXQZ(II,JW)-TXQZ(II+1,JW))108,108,109
108 IF(TXQZ(II,JW)-T(I))111,112,110
109 IF(TXQZ(II,JW)-T(I))110,112,111
110 N=II
   GO TO 106
111 KK=II
   GO TO 106
112 ALFAP(I)=(XQZ(N,JW)-XQZ(KK,JW))/(TXQZ(N,JW)-TXQZ(KK,JW))
   QZP(I)=QZPA(I)*(ALFAP(I)*(TMQ(I)-TXQZ(KK,JW))+XQZ(KK,JW))/XQZ(1,JW)
1)
113 B(I)=B(I)-QZP(I)
C***** INSTATIONAERE RECHNUNG
   IF(M-1)114,114,116
114 WKAP(I,2)=DTMO/WKAP(I,1)
   TN(I)=WKAP(I,2)*(S+SA(I)*T(I)+QZP(I)*VQT(JW))+T(I)
   DT=-WKAP(I,1)/(2.*SA(I)+ALFAP(I)*VQT(JW)*V(I))
```



```
      IF(DTM-DT)116,116,115
115 DTM=DT
116 CONTINUE
      IF(M-1)117,117,118
117 IF(DTM-DTMO)77,135,135
C*****BERECHNUNG DER ANFANGS TEMP.VERTEILUNG DURCH ITERATION
118 CALL LINAL (A,NGES,250,A,B,1,250,TN)
C*****  BERECHNUNG DER MITTELTEMPERATUREN
      MP0=1
      MP1=0
      DO 122 IP=1,IW
      IF(SV(IP))121,121,119
119 MP=MPW(IP)+MP1
      ST=0.
      DO 120 IPP=MP0,MP
      JV=NV(IPP)
120 ST=ST+V(JV)*TN(IPP)
      TM(IP)=ST/SV(IP)
121 MP0=MP+1
      MP1=MP
122 CONTINUE
C*****
      IF(IT-1)123,123,127
123 DO 124 I=1,NGES
      TGRENZ(I,2)=TN(I)
124 CONTINUE
      IF(TGRENZ(1,1)-TGRENZ(1,2))125,125,126
125 GRENZ=1.
      GO TO 127
126 GRENZ=-1.
127 DO 128 I=1,IW
      IF(ABS(TM(I)-TMA(I))-EPS)128,128,129
128 CONTINUE
      M=1
      GO TO 140
129 DO 130 I=1,IW
      TMA(I)=TM(I)
130 CONTINUE
      DO 134 I=1,NGES
      IF((TGRENZ(I,2)-TN(I))*GRENZ)131,131,132
131 FAKT(I)=FAKT(I)+.1
      GO TO 133
132 IF((TGRENZ(I,1)-TN(I))*GRENZ)133,133,131
133 TMQ(I)=FAKT(I)*TMQ(I)+(1.-FAKT(I))*TN(I)
134 CONTINUE
      GO TO 137
135 DO 136 I=1,NGES
136 TMQ(I)=TN(I)
137 DO 138 I=1,NGES
138 T(I)=TN(I)
139 CONTINUE
      IF(TPRINT-TIME)140,140,142
C*****  ADE BERECHNET MITTELTEMPERATUREN UND DRUCKT ALLE ERGEBNISSE
140 CALL ADE
      IF(M-50)141,157,157
141 ANPRI=ANPRI+1.
      IF(TIME-TMAX)142,158,158
142 TPRINT=IWRITE*ANPRI
```

```
TIME=TIME+DTM
IF(NFTB)146,146,143
C***** FUNKTIONEN FUER Q , TB , D
143 DO 145 I=1,NFTB
    Q(I)=1.
    NZ=NZTB(I)
    DO 144 K=1,NZ
        Q(I)=Q(I)+ATB(I,K)*TIME**K
144 CONTINUE
    NR=NRTB(I)
    DO 145 K=1,NR
        II=NTB(I,K)-500
        TB(II)=TBA(II)*Q(I)
145 CONTINUE
146 IF(NFD)150,150,147
147 DO 149 I=1,NFD
    Q(I)=1.
    NZ=NZD(I)
    DO 148 K=1,NZ
        Q(I)=Q(I)+AD(I,K)*TIME**K
148 CONTINUE
    NR=NRD(I)
    DO 149 K=1,NR
        II=ND(I,K)-500
        D(II)=DA(II)*Q(I)
149 CONTINUE
150 IF(NFQP)155,155,151
151 DO 153 I=1,NFQP
    JW=NQP(I)
    VQT(JW)=1.
    NZ=NZQP(I)
    DO 152 K=1,NZ
        VQT(JW)=VQT(JW)+AQP(I,K)*TIME**K
152 CONTINUE
    DO 154 I=1,IW
154 QZ(I)=QZA(I)*VQT(I)
155 IF(TIME-TMAXA)156,156,75
156 TPRINT=0.
    ANPRI=0.
    GO TO 75
157 WRITE(IAUS,173)
158 CONTINUE
159 FORMAT(1H0)
160 FORMAT(1H ,T34,'MATRIX DES GLEICHUNGSSYSTEMS ZUR BESTIMMUNG DES TEMPERATURFELDES'//)
161 FORMAT(1H ,' NR          VOLUMEN          B(NR)          A(NR,NR)          NP
    1      A(NR,NP)          NP      A(NR,NP)          NP      A(
    2NR,NP)'//)
162 FORMAT(I4,E15.4,2E14.4,4(I8,E12.3))
163 FORMAT(1H ,46X,4(I8,E12.3))
164 FORMAT(1H1,T38,'ANFANGSLOESUNG MIT MAX. WAERMELEITZAHLEN BERECHNET
1'//)
165 FORMAT(1H0,54HLEITFAEHIGKEIT (W/(CM*GR)) ALS FUNKTION DER TEMPERATUR)
166 FORMAT(10H WERKSTOFF,I4,5(F12.4,F10.2))
167 FORMAT(1H0,56HZUGEFUEHRTE WAERME (W/CM**3) ALS FUNKTION DER TEMPERATUR)
168 FORMAT(1H0,43HDICHTE (G/CM**3) IM WERKSTOFF ,5(I4,F10
```

```
1.3))
169 FORMAT(1H0,117HBERECHNUNG DER MITTELTEMPERATUREN BEZIEHUNGSWEISE
1 INSTATIONAERE RECHNUNG NICHT MOEGLICH, DA V,RHO, ODER CP FEHLEN
2)
170 FORMAT(1H0,43HSPEZIFISCHE WAERME (WS/(G.GR)) IM WERKSTOFF 5(I4,F10
1.3))
171 FORMAT(1H1,20A4//)
172 FORMAT(10H WERKSTOFF,I4,F12.4)
173 FORMAT(68H KEINE KONVERGENZ BEI DER BERECHNUNG DER ANFANGSTEMPERAT
URVERTEILUNG)
STOP
END
```

```
SUBROUTINE PRUEF(NGES, NPZ, NA, NT)
DIMENSION NPZ(250), NA(250, 8), NT(250, 8)
I = 0
DO 7 L=1, NGES
NP = NPZ(L)
DO 6 L1=1, NP
NR = NT(L, L1)
IF(NR-L)6, 4, 1
1 IF(NR.GE.501) GO TO 6
NP1 = NPZ(NR)
DO 2 K=1, NP1
IF(NT(NR, K).NE.L) GO TO 2
IF(NA(NR, K)-NA(L, L1))3, 6, 3
2 CONTINUE
3 WRITE(6, 9)L, NR
GOTO 5
4 WRITE(6, 10)NR
5 I = 1
6 CONTINUE
7 CONTINUE
IF(I.EQ.0) GO TO 8
STOP
8 RETURN
9 FORMAT(1H0, 'FEHLER IN DER VERBINDUNG VON PUNKT ', I4, ' MIT PUNKT ',
1I4/)
10 FORMAT(1H0, 'FEHLER: PUNKT IST MIT SICH SELBST VERBUNDEN NR =', I4/)
END
```

```
C SUBROUTINE ADE
  BERECHNUNG DER MITTELTEMPERATUREN UND DAS DRUCKEN DER ERGEBNISSE
  DIMENSION SV(5),MPW(5),NV(250),V(250),TM(5),QZ(5),
  LD(100),TB(100),TN(250)
  COMMON IW,SV,MPW,NV,V,TM,L,NANZ,TIME,QZ,D,TB,TN,MD,MTB
  IAUS=6
  MPO=1
  MP1=0
  DO 4 IP=1,IW
    TM(IP)=0.
    IF(SV(IP))3,3,1
  1 MP=MPW(IP)+MP1
    ST=0.
    DO 2 IPP=MPO,MP
      JV=NV(IPP)
  2 ST=ST+V(JV)*TN(IPP)
      TM(IP)=ST/SV(IP)
  3 MPO=MP+1
      MP1=MP
  4 CONTINUE
    L=L+1
    WRITE(IAUS,8)
    IF(NANZ-L)5,5,6
  5 WRITE(IAUS,9)
    L=0
  6 WRITE(IAUS,10) TIME,(I,QZ(I),I=1,IW)
    WRITE(IAUS,11) (I, TM(I),I=1,IW)
    WRITE(IAUS,12)
    WRITE(IAUS,13) (I,D(I),I=1,MD)
    WRITE(IAUS,14)
    WRITE(IAUS,15) (I,TB(I),I=1,MTB)
    MCO=1
    MC1=0
    DO 7 ICC=1,IW
      MCC=MPW(ICC)+MC1
      WRITE(IAUS,16)
      WRITE(IAUS,17) (I, TN(I),I=MCO,MCC)
      MCO=MCC+1
      MC1=MCC
  7 CONTINUE
  8 FORMAT(1H0)
  9 FORMAT(1H1)
 10 FORMAT(1H0,5HTIME F8.4,46H ZUGEFUEHRTE WAERME (W/CM**3) FUER WER
  IKSTOFF,5(I4,F9.2))
 11 FORMAT(1H0,59H MITTELTEMPERATUR (GR.C) IM WERKSTOFF
  1 ,5(I4,F9.2))
 12 FORMAT(1H0,50H D LEITWERTE AN DER OBERFLAECHE,D=LAENGE*ALPHA)
 13 FORMAT(8(I5,E11.3))
 14 FORMAT(1H0,32H TB VORGEGEBENE TEMPERATUREN)
 15 FORMAT(10(I5,F8.2))
 16 FORMAT(1H0,23H TEMPERATURVERTEILUNG)
 17 FORMAT(10(I5,F8.2))
  RETURN
  END
```

5. Testbeispiel

Im folgenden Testbeispiel wird unter Verwendung des RELAX-Rechenprogramms das Temperaturfeld in einem markanten Ausschnitt eines plattenförmigen Brennelementes bestimmt (Abb. 9). Das Brennelement wird dazu durch ein orthogonales Gitterwerk von wärmeleitenden Stäben ersetzt (Abb. 10). Unter der Voraussetzung, dass auf beiden Seiten der Platte gleiche Wärmeübergangsverhältnisse und gleiche Kühlmitteltemperaturen herrschen, genügt es, das Temperaturfeld bis zum Zentrum des Brennstoffes zu untersuchen. Infolge der guten Wärmeleitfähigkeit des Hüllmaterials (AlFeNi) und des Brennstoffes (UAl_3+Al) wird vorausgesetzt, dass es genügt, das Temperaturfeld innerhalb der angenommenen und in Abb. 9 eingetragenen Adiabaten zu ermitteln.

Die Temperaturen wurden für 226 Massepunkte errechnet, wobei an den Übergängen vom Brennstoff zum Hüllmaterial jeweils die Temperaturen an den Oberflächen von Brennstoff und Hülle infolge des Wärmeüberganges von Bedeutung sind. Da die Hülle auf den Brennstoff aufgewalzt ist, kann mit einer guten Verbindung zwischen Brennstoff und Hülle gerechnet werden. Dies hat einen guten Wärmeübergangskoeffizienten zur Folge ($\alpha_1 = 2000 \text{ W/cm grad}$). Der Kontakt zwischen Brennstoff und Hülle ist an den Stirnflächen mit Sicherheit längst nicht so gut, weshalb ein ausgeprägter Temperaturgradient in diesen Spalten zu erwarten ist ($\alpha_2 = 1 \text{ W/cm grad}$).

Im interessierenden Brennelementausschnitt herrscht eine Kühlmitteltemperatur von ca. $30 \text{ }^\circ\text{C}$, wobei im freien Kühlkanal mit einem Wärmeübergangskoeffizient von $\alpha_3 = 6 \text{ W/cm}^2 \text{ grad}$ und an der Einspannstelle mit einem solchen von $\alpha_4 = 2 \text{ W/cm}^2 \text{ grad}$ zu rechnen ist. Die Heizflächenbelastung ist konstant 300 W/cm^2 .

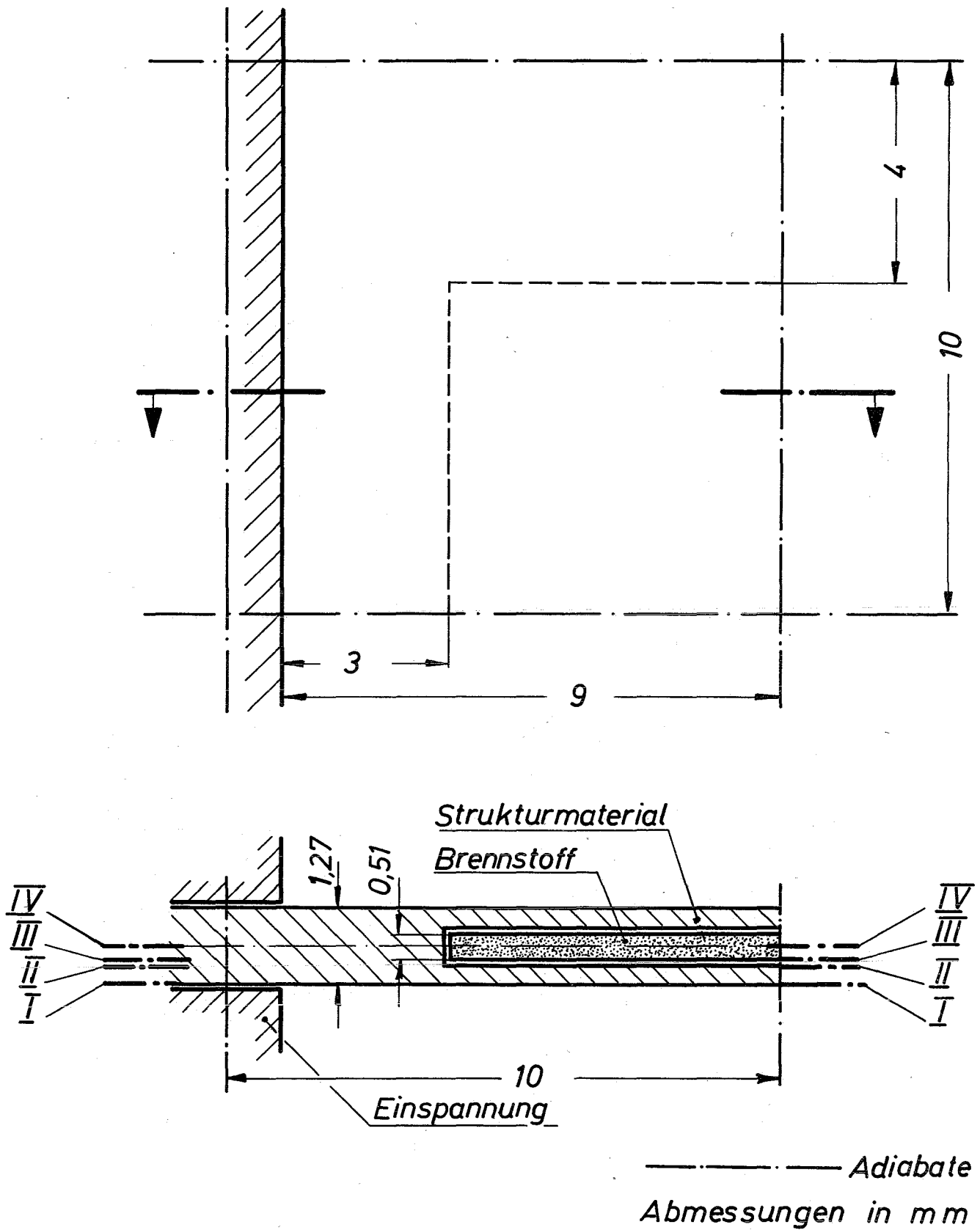
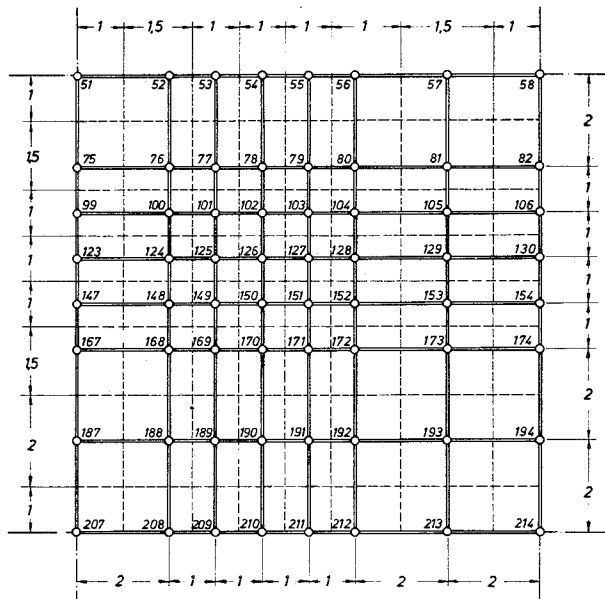
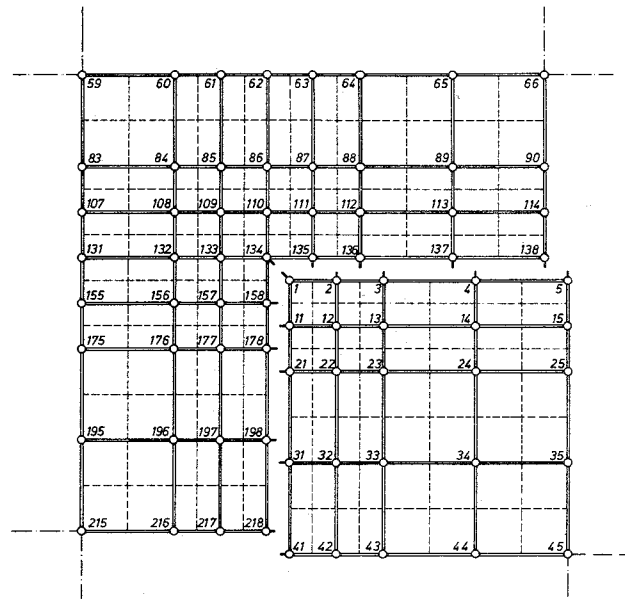


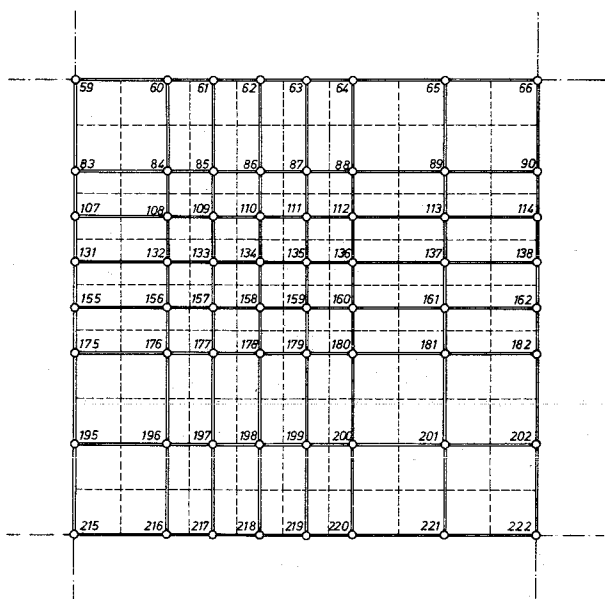
Abb.9 Ausschnitt aus einem
plattenförmigen Brennelement



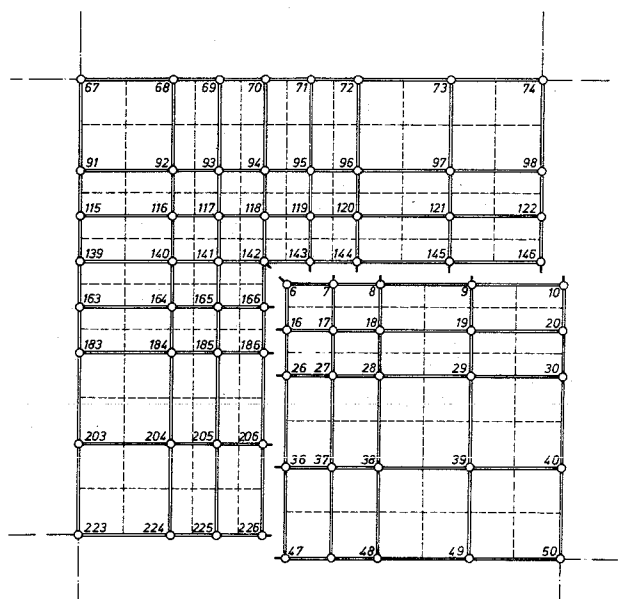
Ebene I-I



Ebene III-III



Ebene II-II



Ebene IV-IV

Abb. 10 Aufteilung des Brennelementes in ein Gitter aus wärmeleitenden Stäben

5.1 Eingabedaten

Im folgenden wird nun gezeigt, wie die Eingabedaten für einige charakteristische Massenpunkte ermittelt wurden.

a) Wärmeleitwerte $C = F/d$ [cm]

$$C_{1/2} = \frac{0,01275 \cdot 0,05}{0,1} = 0,0063760$$

$$C_{1/2} = \text{Verbindungstyp C2}$$

$$C_{1/6} = \frac{0,05 \cdot 0,05}{0,01275} = 0,1960784$$

$$C_{1/6} = \text{Verbindungstyp C7}$$

$$C_{1/11} = \frac{0,01275 \cdot 0,05}{0,1} = 0,0063750$$

$$C_{1/6} = \text{Verbindungstyp C2}$$

b) Wärmeübergang $D = O \cdot \alpha$ [W/grad]

$$\begin{aligned} D_{1/134} &= 0,01275 \cdot 0,05 \cdot 1,0 \quad (\text{in Richtung oberer} \\ &\quad \text{Stirnfläche)} \\ &+ 0,01275 \cdot 0,05 \cdot 1,0 \quad (\text{in Richtung seitl.} \\ &\quad \text{Stirnfläche)} \\ &+ 0,05 \cdot 0,05 \cdot 2000,0 \quad (\text{in Richtung Auf-} \\ &\quad \text{walzung)} \\ &= 5,001275 \quad (\text{gerechnet wurde im Test-} \\ &\quad \text{beispiel mit } D_{1/134} = 5,0) \end{aligned}$$

$$D_{1/134} = \text{Verbindungstyp D 501}$$

c) Volumina V [cm^3]

$$V_1 = 0,05 \cdot 0,05 \cdot 0,01275 = 3,1875 \cdot 10^{-5}$$

$$V_1 = \text{Volumentyp V1}$$

Auf diese Art und Weise wurden sämtliche C, D und V-Werte bestimmt und gleiche Grössen mit derselben Typennummer versehen.

Somit ergibt sich für den Punkt 1 folgender Zusammenhang:

1 4 7 6 2 2 2 11 501 134 1 1

Diese Zahlen haben folgende Bedeutung:

Massenpunkt 1 ist mit 4 Punkten verbunden:

über den Typ C7 mit Punkt 6,

über den Typ C2 mit Punkt 2,

über den Typ C2 mit Punkt 11,

über den Typ D501 mit Punkt 134.

Das Volumen ist vom Typ V1.

Betrachteter Massenpunkt ist vom Werkstoff 1.

Die kompletten Daten zur Bestimmung des Temperaturfeldes in dem gewählten Ausschnitt eines plattenförmigen Brennelementes sind aus den Eingabe-Datenkarten ohne weitere Erläuterung abzulesen. (Seite 51-53)

54	5	41	62			29	55	29	53		27	78	516	501	10	2	
55	5	41	63			29	56	29	54		27	79	516	501	10	2	
56	5	42	64			27	57	29	55		28	80	517	501	11	2	
57	5	43	65			27	58	27	56		29	81	518	501	12	2	
58	4	41	66					27	57		27	82	516	501	10	2	
59	4	36	67	41	51	22	60				22	83			13	2	
60	5	37	68	42	52	24	61	22	59		23	84			14	2	
61	5	36	69	41	53	24	62	24	60		22	85			13	2	
62	5	36	70	41	54	24	63	24	61		22	86			13	2	
63	5	36	71	41	55	24	64	24	62		22	87			13	2	
64	5	37	72	42	56	22	65	24	63		23	88			14	2	
65	5	38	73	43	57	22	66	22	64		24	89			15	2	
66	4	36	74	41	58			22	65		22	90			13	2	
67	3			36	59	17	68				17	91			4	2	
68	4			37	60	19	69	17	67		18	92			5	2	
69	4			36	61	19	70	19	68		17	93			4	2	
70	4			36	62	19	71	19	69		17	94			4	2	
71	4			36	63	19	72	19	70		17	95			4	2	
72	4			37	64	17	73	19	71		18	96			5	2	
73	4			38	65	17	74	17	72		19	97			6	2	
74	3			36	66			17	73		17	98			4	2	
75	5	42	83			28	76			27	51	29	99	517	501	11	2
76	6	44	84			30	77	28	75	28	52	30	100	519	501	16	2
77	6	42	85			30	78	30	76	27	53	29	101	517	501	11	2
78	6	42	86			30	79	30	77	27	54	29	102	517	501	11	2
79	6	42	87			30	80	30	78	27	55	29	103	517	501	11	2
80	6	44	88			28	81	30	79	28	56	30	104	519	501	16	2
81	6	45	89			28	82	28	80	29	57	31	105	520	501	17	2
82	5	42	90					28	81	27	58	29	106	517	501	11	2
83	5	37	91	42	75	23	84			22	59	24	107			14	2
84	6	39	92	44	76	25	85	23	83	23	60	25	108			18	2
85	6	37	93	42	77	25	86	25	84	22	61	24	109			14	2
86	6	37	94	42	78	25	87	25	85	22	62	24	110			14	2
87	6	37	95	42	79	25	88	25	86	22	63	24	111			14	2
88	6	39	96	44	80	23	89	25	87	23	64	25	112			18	2
89	6	40	97	45	81	23	90	23	88	24	65	26	113			19	2
90	5	37	98	42	82			23	89	22	66	24	114			14	2
91	4			37	83	18	92			17	67	19	115			5	2
92	5			39	84	20	93	18	91	18	68	20	116			7	2
93	5			37	85	20	94	20	92	17	69	19	117			5	2
94	5			37	86	20	95	20	93	17	70	19	118			5	2
95	5			37	87	20	96	20	94	17	71	19	119			5	2
96	5			39	88	18	97	20	95	18	72	20	120			7	2
97	5			40	89	18	98	18	96	19	73	21	121			8	2
98	4			37	90			18	97	17	74	19	122			5	2
99	5	41	107			27	100			29	75	29	123	513	501	10	2
100	6	42	108			29	101	27	99	30	76	30	124	517	501	11	2
101	6	41	109			29	102	29	100	29	77	29	125	516	501	10	2
102	6	41	110			29	103	29	101	29	78	29	126	516	501	10	2
103	6	41	111			29	104	29	102	29	79	29	127	516	501	10	2
104	6	42	112			27	105	29	103	30	80	30	128	517	501	11	2
105	6	43	113			27	106	27	104	31	81	31	129	518	501	12	2
106	5	41	114					27	105	29	82	29	130	516	501	10	2
107	5	36	115	41	99	22	108			24	83	24	131			13	2
108	6	37	116	42	100	24	109	22	107	25	84	25	132			14	2
109	6	36	117	41	101	24	110	24	108	24	85	24	133			13	2
110	6	36	118	41	102	24	111	24	109	24	86	24	134			13	2
111	6	36	119	41	103	24	112	24	110	24	87	24	135			13	2
112	6	37	120	42	104	22	113	24	111	25	88	25	136			14	2
113	6	38	121	43	105	22	114	22	112	26	89	26	137			15	2
114	5	36	122	41	106			22	113	24	90	24	138			13	2
115	4			36	107	17	116			19	91	19	139			4	2
116	5			37	108	19	117	17	115	20	92	20	140			5	2
117	5			36	109	19	118	19	116	19	93	19	141			4	2
118	5			36	110	19	119	19	117	19	94	19	142			4	2
119	5			36	111	19	120	19	118	19	95	19	143			4	2
120	5			37	112	17	121	19	119	20	96	20	144			5	2
121	5			38	113	17	122	17	120	21	97	21	145			6	2
122	4			36	114			17	121	19	98	19	146			4	2
123	5	41	131			27	124			29	99	29	147	513	501	10	2
124	6	42	132			29	125	27	123	30	100	30	148	517	501	11	2
125	6	41	133			29	126	29	124	29	101	29	149	516	501	10	2
126	6	41	134			29	127	29	125	29	102	29	150	516	501	10	2
127	6	41	135			29	128	29	126	29	103	29	151	516	501	10	2
128	6	42	136			27	129	29	127	30	104	30	152	517	501	11	2
129	6	43	137			27	130	27	128	31	105	31	153	518	501	12	2
130	5	41	138					27	129	29	106	29	154	516	501	10	2
131	5	36	139	41	123	22	132			24	107	24	155			13	2
132	6	37	140	42	124	24	133	22	131	25	108	25	156			14	2
133	6	36	141	41	125	24	134	24	132	24	109	24	157			13	2
134	7	35	142	41	126	33	135	24	133	24	110	33	158	501	1	20	2
135	7	34	143	41	127	33	136	33	134	24	111	29	159	502	2	21	2
136	7	35	144	42	128	32	137	33	135	25	112	30	160	503	3	22	2
137	7	36	145	43	129	32	138	32	136	26	113	31	161	504	4	23	2
138	6	34	146	41	130			32	137	24	114	29	162	502	5	21	2
139	4			36	131	17	140			19	115	19	163			4	2

140	5		37	132	19	141	17	139	20	116	20	164		5	2		
141	5		36	133	19	142	19	140	19	117	19	165		4	2		
142	6		35	134	17	143	19	141	19	118	17	166	510	6	2		
143	5		34	135	17	144	17	142	19	119			510	7	2		
144	5		35	136	16	145	17	143	20	120			511	8	2		
145	5		36	137	16	146	16	144	21	121			512	9	2		
146	4		34	138		16	145	19	122				510	10	2		
147	5	41	155		27	148		29	123	29	167	513	501	10	2		
148	6	42	156		29	149	27	147	30	124	30	168	517	501	11	2	
149	6	41	157		29	150	29	148	29	125	29	169	516	501	10	2	
150	6	41	158		29	151	29	149	29	126	29	170	516	501	10	2	
151	6	41	159		29	152	29	150	29	127	29	171	516	501	10	2	
152	6	42	160		27	153	29	151	30	128	30	172	517	501	11	2	
153	6	43	161		27	154	27	152	31	129	31	173	518	501	12	2	
154	5	41	162			27	153	29	130	29	174	516	501	10	2		
155	5	36	163	41	147	22	156		24	131	24	175			13	2	
156	6	37	164	42	148	24	157	22	155	25	132	25	176		14	2	
157	6	36	165	41	149	24	158	24	156	24	133	24	177		13	2	
158	7	34	166	41	150	29	159	24	157	33	134	33	178	502	11	21	2
159	6		41	151	29	160	29	158	29	135	29	179	504	12	10	2	
160	6		42	152	27	161	29	159	30	136	30	180	505	13	11	2	
161	6		43	153	27	162	27	160	31	137	31	181	506	14	12	2	
162	5		41	154		27	161	29	138	29	182	504	15	11	2		
163	4		36	155	17	164		19	139	19	183			4	2		
164	5		37	156	19	165	17	163	20	140	20	184		5	2		
165	5		36	157	19	166	19	164	19	141	19	185		4	2		
166	5		34	158		19	165	17	142	17	186	510	16	2	2		
167	5	42	175		28	168		29	147	27	187	514	501	11	2		
168	6	44	176		30	169	28	167	30	148	28	188	519	501	16	2	
169	6	42	177		30	170	30	168	29	149	27	189	517	501	11	2	
170	6	42	178		30	171	30	169	29	150	27	190	517	501	11	2	
171	6	42	179		30	172	30	170	29	151	27	191	517	501	11	2	
172	6	44	180		28	173	30	171	30	152	28	192	519	501	16	2	
173	6	45	181		28	174	28	172	31	153	29	193	520	501	17	2	
174	5	42	182			28	173	29	154	27	194	517	501	11	2		
175	5	37	183	42	167	23	176		24	155	22	195		14	2		
176	6	39	184	44	168	25	177	23	175	25	156	23	196		18	2	
177	6	37	185	42	169	25	178	25	176	24	157	22	197		14	2	
178	7	35	186	42	170	30	179	25	177	33	158	32	198	503	21	22	2
179	6		42	171	30	180	30	178	29	159	27	199	505	22	11	2	
180	6		44	172	28	181	30	179	30	160	28	200	507	23	16	2	
181	6		45	173	28	182	28	180	31	161	29	201	508	24	17	2	
182	5		42	174		28	181	29	162	27	202	505	25	11	2		
183	4		37	175	18	184		19	163	17	203			5	2		
184	5		39	176	20	185	18	183	20	164	18	204		7	2		
185	5		37	177	20	186	20	184	19	165	17	205		5	2		
186	5		35	178		20	185	17	166	16	206	511	26	3	2		
187	5	43	195		29	188		27	167	27	207	515	501	12	2		
188	6	45	196		31	189	29	187	28	168	28	208	520	501	17	2	
189	6	43	197		31	190	31	188	27	169	27	209	518	501	12	2	
190	6	43	198		31	191	31	189	27	170	27	210	518	501	12	2	
191	6	43	199		31	192	31	190	27	171	27	211	518	501	12	2	
192	6	45	200		29	193	31	191	28	172	28	212	520	501	17	2	
193	6	46	201		29	194	29	192	29	173	29	213	521	501	24	2	
194	5	43	202			29	193	27	174	27	214	518	501	12	2		
195	5	38	203	43	187	24	196		22	175	22	215		15	2		
196	6	40	204	45	188	26	197	24	195	23	176	23	216		19	2	
197	6	38	205	43	189	26	198	26	196	22	177	22	217		15	2	
198	7	36	206	43	190	31	199	26	197	32	178	32	218	504	31	23	2
199	6		43	191	31	200	31	198	27	179	27	219	506	32	12	2	
200	6		45	192	29	201	31	199	28	180	28	220	508	33	17	2	
201	6		46	193	29	202	29	200	29	181	29	221	509	34	24	2	
202	5		43	194		29	201	27	182	27	222	506	35	12	2		
203	4		38	195	19	204		17	183	17	223			6	2		
204	5		40	196	21	205	19	203	18	184	18	224		8	2		
205	5		38	197	21	206	21	204	17	185	17	225		6	2		
206	5		36	198		21	205	16	186	16	226	512	36	4	2		
207	4	41	215		27	208		27	187			513	501	10	2		
208	5	42	216		29	209	27	207	28	188		517	501	11	2		
209	5	41	217		29	210	29	208	27	189		516	501	10	2		
210	5	41	218		29	211	29	209	27	190		516	501	10	2		
211	5	41	219		29	212	29	210	27	191		516	501	10	2		
212	5	42	220		27	213	29	211	28	192		517	501	11	2		
213	5	43	221		27	214	27	212	29	193		518	501	12	2		
214	4	41	222			27	213	27	194			516	501	10	2		
215	4	36	223	41	207	22	216		22	195				13	2		
216	5	37	224	42	208	24	217	22	215	23	196			14	2		
217	5	36	225	41	209	24	218	24	216	22	197			13	2		
218	6	34	226	41	210	29	219	24	217	32	198		502	41	21	2	
219	5		41	211	29	220	29	218	27	199		504	42	10	2		
220	5		42	212	27	221	29	219	28	200		505	43	11	2		
221	5		43	213	27	222	27	220	29	201		506	44	12	2		
222	4		41	214		27	221	27	202			504	45	10	2		
223	3		36	215	17	224		17	203					4	2		
224	4		37	216	19	225	17	223	18	204				5	2		
225	4		36	217	19	226	19	224	17	205				4	2		
226	4		34	218		19	225	16	206			510	46	2	2		

5.2 Ausgabedaten

Die Ergebnisse der Rechnung sind zusammengefasst auf den Seiten 55 - 59. Aus Abb. 11 auf Seite 60 geht hervor, welche Temperaturen an der Oberfläche des Brennelementes längs der eingezeichneten Adiabaten A-A auftreten.

Aus dem Verlauf dieser Temperaturkurve ist ersichtlich, dass die Lage der gewählten Adiabaten realistisch ist. Wird der Brennelementausschnitt noch etwas vergrößert durch Verschieben der Adiabaten nach aussen, so werden dadurch die Temperaturen in der Nähe dieser Adiabaten nur noch geringfügig beeinflusst.

PLATTENFOERNIGES BRENNELEMENT DES HOCHFLUSSREAKTORS HFR, GRENOBLE, FRANCE

LEITFAEHIGKEIT (W/(CM*GR)) ALS FUNKTION DER TEMPERATUR
 WERKSTOFF 1 1.5500
 WERKSTOFF 2 1.6000

ZUGEFUEHRTE WAERME (W/(CM**3)) ALS FUNKTION DER TEMPERATUR
 WERKSTOFF 1 11765.0000
 WERKSTOFF 2 0.0

MATRIX DES GLEICHUNGSSYSTEMS ZUR BESTIMMUNG DES TEMPERATURFELDDES

NR	VFLUMEN	B(NR)	A(NR,NR)	NP	A(NR, NP)	NP	A(NR, NP)	NP	A(NR, NP)	NP	A(NR, NP)
1											
2	0.3187E-04	0.3750E 00	-0.5324E 01	6	0.304E 00	2	0.988E-02	11	0.988E-02	134	0.500E 01
	0.6375E-04	0.7500E 00	-0.1065E 02	7	0.608E 00	3	0.988E-02	1	0.988E-02	12	0.198E-01
				135	0.100E 02						
3	0.9562E-04	0.1125E 01	-0.1596E 02	8	0.912E 00	4	0.494E-02	2	0.988E-02	13	0.296E-01
				136	0.150E 02						
4	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.2127E 02	9	0.122E 01	5	0.494E-02	3	0.494E-02	14	0.395E-01
				137	0.200E 02						
5	0.6375E-04	0.7500E 00	-0.1063E 02	10	0.608E 00	4	0.494E-02	15	0.198E-01	138	0.100E 02
6	0.3187E-04	0.3750E 00	-0.3250E 00	1	0.304E 00	7	0.988E-02	16	0.988E-02	142	0.127E-02
7	0.6375E-04	0.7500E 00	-0.6486E 00	2	0.608E 00	8	0.988E-02	6	0.988E-02	17	0.198E-01
				143	0.127E-02						
8	0.9562E-04	0.1125E 01	-0.9581E 00	3	0.912E 00	9	0.494E-02	7	0.988E-02	18	0.296E-01
				144	0.191E-02						
9	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.1268E 01	4	0.122E 01	10	0.494E-02	8	0.494E-02	19	0.395E-01
				145	0.255E-02						
10	0.6375E-04	0.7500E 00	-0.6338E 00	5	0.608E 00	9	0.494E-02	20	0.198E-01	146	0.127E-02
11	0.6375E-04	0.7500E 00	-0.1065E 02	16	0.608E 00	12	0.198E-01	1	0.988E-02	21	0.988E-02
				158	0.100E 02						
12	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.2129E 02	17	0.122E 01	13	0.198E-01	11	0.198E-01	2	0.198E-01
				22	0.198E-01	159	0.200E 02				
13	0.1912E-03	0.2250E 01	-0.3191E 02	18	0.182E 01	14	0.988E-02	12	0.198E-01	3	0.296E-01
				23	0.296E-01	160	0.300E 02				
14	0.2550E-03	0.3000E 01	-0.4253E 02	19	0.243E 01	15	0.988E-02	13	0.988E-02	4	0.395E-01
				24	0.395E-01	161	0.400E 02				
15	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.2127E 02	20	0.122E 01	14	0.988E-02	5	0.198E-01	25	0.198E-01
				162	0.200E 02						
16	0.6375E-04	0.7500E 00	-0.6486E 00	11	0.608E 00	17	0.198E-01	6	0.988E-02	26	0.988E-02
				166	0.127E-02						
17	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.1295E 01	12	0.122E 01	18	0.198E-01	16	0.198E-01	7	0.198E-01
				27	0.198E-01						
18	0.1912E-03	0.2250E 01	-0.1912E 01	13	0.182E 01	19	0.988E-02	17	0.198E-01	8	0.296E-01
				28	0.296E-01						
19	0.2550E-03	0.3000E 01	-0.2530E 01	14	0.243E 01	20	0.988E-02	18	0.988E-02	9	0.395E-01
				29	0.395E-01						
20	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.1265E 01	15	0.122E 01	19	0.988E-02	10	0.198E-01	30	0.198E-01
21	0.9562E-04	0.1125E 01	-0.1596E 02	26	0.912E 00	22	0.296E-01	11	0.988E-02	31	0.494E-02
				178	0.150E 02						
22	0.1912E-03	0.2250E 01	-0.3191E 02	27	0.182E 01	23	0.296E-01	21	0.296E-01	12	0.198E-01
				32	0.988E-02	179	0.300E 02				
23	0.2869E-03	0.3375E 01	-0.4782E 02	28	0.274E 01	24	0.148E-01	22	0.296E-01	13	0.296E-01
				33	0.148E-01	180	0.450E 02				
24	0.3825E-03	0.4500E 01	-0.6374E 02	29	0.365E 01	25	0.148E-01	23	0.148E-01	14	0.395E-01
				34	0.198E-01	181	0.600E 02				
25	0.1912E-03	0.2250E 01	-0.3187E 02	30	0.182E 01	24	0.148E-01	15	0.198E-01	35	0.988E-02
				182	0.300E 02						
26	0.9562E-04	0.1125E 01	-0.9581E 00	21	0.912E 00	27	0.296E-01	16	0.988E-02	36	0.494E-02
				186	0.191E-02						
27	0.1912E-03	0.2250E 01	-0.1912E 01	22	0.182E 01	28	0.296E-01	26	0.296E-01	17	0.198E-01
				37	0.988E-02						
28	0.2869E-03	0.3375E 01	-0.2824E 01	23	0.274E 01	29	0.148E-01	27	0.296E-01	18	0.296E-01
				38	0.148E-01						
29	0.3825E-03	0.4500E 01	-0.3736E 01	24	0.365E 01	30	0.148E-01	28	0.148E-01	19	0.395E-01
				39	0.198E-01						
30	0.1912E-03	0.2250E 01	-0.1868E 01	25	0.182E 01	29	0.148E-01	20	0.198E-01	40	0.988E-02
31	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.2127E 02	36	0.122E 01	32	0.395E-01	21	0.494E-02	41	0.494E-02
				198	0.200E 02						
32	0.2550E-03	0.3000E 01	-0.4253E 02	37	0.243E 01	33	0.395E-01	31	0.395E-01	22	0.988E-02
				42	0.988E-02	199	0.400E 02				
33	0.3825E-03	0.4500E 01	-0.6374E 02	38	0.365E 01	34	0.198E-01	32	0.395E-01	23	0.148E-01
				43	0.148E-01	200	0.600E 02				
34	0.5100E-03	0.6000E 01	-0.8494E 02	39	0.486E 01	35	0.198E-01	33	0.198E-01	24	0.198E-01
				44	0.198E-01	201	0.200E 02				
35	0.2550E-03	0.3000E 01	-0.4247E 02	40	0.243E 01	34	0.198E-01	25	0.988E-02	45	0.988E-02
				202	0.400E 02						
36	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.1268E 01	31	0.122E 01	37	0.395E-01	26	0.494E-02	46	0.494E-02
				206	0.255E-02						
37	0.2550E-03	0.3000E 01	-0.2530E 01	32	0.243E 01	38	0.395E-01	36	0.395E-01	27	0.988E-02
				47	0.988E-02						
38	0.3825E-03	0.4500E 01	-0.3736E 01	33	0.365E 01	39	0.198E-01	37	0.395E-01	28	0.148E-01
				48	0.148E-01						
39	0.5100E-03	0.6000E 01	-0.4942E 01	34	0.486E 01	40	0.198E-01	38	0.198E-01	29	0.198E-01
				49	0.198E-01						
40	0.2550E-03	0.3000E 01	-0.2471E 01	35	0.243E 01	39	0.198E-01	30	0.988E-02	50	0.988E-02
41	0.6375E-04	0.7500E 00	-0.1063E 02	46	0.608E 00	42	0.198E-01	31	0.494E-02	218	0.100E 02
42	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.2127E 02	47	0.122E 01	43	0.198E-01	41	0.198E-01	32	0.988E-02
				219	0.200E 02						
43	0.1912E-03	0.2250E 01	-0.3187E 02	48	0.182E 01	44	0.988E-02	42	0.198E-01	33	0.148E-01
				220	0.300E 02						
44	0.2550E-03	0.3000E 01	-0.4247E 02	49	0.243E 01	45	0.988E-02	43	0.988E-02	34	0.198E-01
				221	0.400E 02						

45	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.2124E 02	50	0.122E 01	44	0.988E-02	35	0.988E-02	222	0.200E 02
46	0.6375E-04	0.7500E 00	-0.6338E 00	41	0.608E 00	47	0.198E-01	36	0.494E-02	226	0.127E-02
47	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.1265E 01	42	0.122E 01	48	0.198E-01	46	0.198E-01	37	0.988E-02
48	0.1912E-03	0.2250E 01	-0.1868E 01	43	0.182E 01	49	0.988E-02	47	0.198E-01	38	0.148E-01
49	0.2550E-03	0.3000E 01	-0.2471E 01	44	0.243E 01	50	0.988E-02	48	0.988E-02	39	0.198E-01
50	0.1275E-03	0.1500E 01	-0.1235E 01	45	0.122E 01	49	0.988E-02	40	0.988E-02		
51	0.1900E-03	0.6000E 00	-0.4715E 00	59	0.421E 00	52	0.152E-01	75	0.152E-01	501	0.200E-01
52	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.7900E 00	60	0.632E 00	53	0.304E-01	51	0.152E-01	76	0.228E-01
				501	0.900E-01						
53	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5571E 00	61	0.421E 00	54	0.304E-01	52	0.304E-01	77	0.152E-01
				501	0.600E-01						
54	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5571E 00	62	0.421E 00	55	0.304E-01	53	0.304E-01	78	0.152E-01
				501	0.600E-01						
55	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5571E 00	63	0.421E 00	56	0.304E-01	54	0.304E-01	79	0.152E-01
				501	0.600E-01						
56	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.7900E 00	64	0.632E 00	57	0.152E-01	55	0.304E-01	80	0.228E-01
				501	0.900E-01						
57	0.3800E-03	0.3600E 01	-0.1023E 01	65	0.842E 00	58	0.152E-01	56	0.152E-01	81	0.304E-01
				501	0.120E 00						
58	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5115E 00	66	0.421E 00	57	0.152E-01	82	0.152E-01	501	0.600E-01
59	0.3175E-03	-0.0	-0.1099E 01	67	0.627E 00	51	0.421E 00	60	0.254E-01	83	0.254E-01
60	0.4762E-03	-0.0	-0.1687E 01	68	0.941E 00	52	0.632E 00	61	0.508E-01	59	0.254E-01
				84	0.381E-01						
61	0.3175E-03	-0.0	-0.1175E 01	69	0.627E 00	53	0.421E 00	62	0.508E-01	60	0.508E-01
				85	0.254E-01						
62	0.3175E-03	-0.0	-0.1175E 01	70	0.627E 00	54	0.421E 00	63	0.508E-01	61	0.508E-01
				86	0.254E-01						
63	0.3175E-03	-0.0	-0.1175E 01	71	0.627E 00	55	0.421E 00	64	0.508E-01	62	0.508E-01
				87	0.254E-01						
64	0.4762E-03	-0.0	-0.1687E 01	72	0.941E 00	56	0.632E 00	65	0.254E-01	63	0.508E-01
				88	0.381E-01						
65	0.6350E-03	-0.0	-0.2199E 01	73	0.125E 01	57	0.842E 00	66	0.254E-01	64	0.254E-01
				89	0.508E-01						
66	0.3175E-03	-0.0	-0.1099E 01	74	0.627E 00	58	0.421E 00	65	0.254E-01	90	0.254E-01
67	0.1275E-03	-0.0	-0.6479E 00	59	0.627E 00	68	0.102E-01	91	0.102E-01		
68	0.1912E-03	-0.0	-0.9871E 00	60	0.941E 00	69	0.204E-01	67	0.102E-01	92	0.153E-01
69	0.1275E-03	-0.0	-0.6785E 00	61	0.627E 00	70	0.204E-01	68	0.204E-01	93	0.102E-01
70	0.1275E-03	-0.0	-0.6785E 00	62	0.627E 00	71	0.204E-01	69	0.204E-01	94	0.102E-01
71	0.1275E-03	-0.0	-0.6785E 00	63	0.627E 00	72	0.204E-01	70	0.204E-01	95	0.102E-01
72	0.1912E-03	-0.0	-0.9871E 00	64	0.941E 00	73	0.102E-01	71	0.204E-01	96	0.153E-01
73	0.2550E-03	-0.0	-0.1296E 01	65	0.125E 01	74	0.102E-01	72	0.102E-01	97	0.204E-01
74	0.1275E-03	-0.0	-0.6479E 00	66	0.627E 00	73	0.102E-01	73	0.102E-01	98	0.102E-01
75	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.7900E 00	83	0.632E 00	76	0.228E-01	51	0.152E-01	99	0.304E-01
				501	0.900E-01						
76	0.4275E-03	0.4050E 01	-0.1219E 01	84	0.947E 00	77	0.456E-01	75	0.228E-01	52	0.228E-01
				100	0.456E-01	501	0.135E 00				
77	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8584E 00	85	0.632E 00	78	0.456E-01	76	0.456E-01	53	0.152E-01
				101	0.304E-01	501	0.900E-01				
78	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8584E 00	86	0.632E 00	79	0.456E-01	77	0.456E-01	54	0.152E-01
				102	0.304E-01	501	0.900E-01				
79	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8584E 00	87	0.632E 00	80	0.456E-01	78	0.456E-01	55	0.152E-01
				103	0.304E-01	501	0.900E-01				
80	0.4275E-03	0.4050E 01	-0.1219E 01	88	0.947E 00	81	0.228E-01	79	0.456E-01	56	0.228E-01
				104	0.456E-01	501	0.135E 00				
81	0.5700E-03	0.5400E 01	-0.1580E 01	89	0.126E 01	82	0.228E-01	80	0.228E-01	57	0.304E-01
				105	0.608E-01	501	0.180E 00				
82	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.7900E 00	90	0.632E 00	81	0.228E-01	58	0.152E-01	106	0.304E-01
				501	0.900E-01						
83	0.4762E-03	-0.0	-0.1687E 01	91	0.941E 00	75	0.632E 00	84	0.381E-01	59	0.254E-01
				107	0.508E-01						
84	0.7144E-03	-0.0	-0.2588E 01	92	0.141E 01	76	0.947E 00	85	0.762E-01	83	0.381E-01
				60	0.381E-01	108	0.762E-01				
85	0.4762E-03	-0.0	-0.1801E 01	93	0.941E 00	77	0.632E 00	86	0.762E-01	84	0.762E-01
				61	0.254E-01	109	0.508E-01				
86	0.4762E-03	-0.0	-0.1801E 01	94	0.941E 00	78	0.632E 00	87	0.762E-01	85	0.762E-01
				62	0.254E-01	110	0.508E-01				
87	0.4762E-03	-0.0	-0.1801E 01	95	0.941E 00	79	0.632E 00	88	0.762E-01	86	0.762E-01
				63	0.254E-01	111	0.508E-01				
88	0.7144E-03	-0.0	-0.2588E 01	96	0.141E 01	80	0.947E 00	89	0.381E-01	87	0.762E-01
				64	0.381E-01	112	0.762E-01				
89	0.9525E-03	-0.0	-0.3374E 01	97	0.188E 01	81	0.126E 01	90	0.381E-01	88	0.381E-01
				65	0.508E-01	113	0.102E 00				
90	0.4762E-03	-0.0	-0.1687E 01	98	0.941E 00	82	0.632E 00	89	0.381E-01	66	0.254E-01
				114	0.508E-01						
91	0.1912E-03	-0.0	-0.9871E 00	83	0.941E 00	92	0.153E-01	67	0.102E-01	115	0.204E-01
92	0.2869E-03	-0.0	-0.1504E 01	84	0.141E 01	93	0.306E-01	91	0.153E-01	68	0.153E-01
				116	0.306E-01						
93	0.1912E-03	-0.0	-0.1033E 01	85	0.941E 00	94	0.306E-01	92	0.306E-01	69	0.102E-01
				117	0.204E-01						
94	0.1912E-03	-0.0	-0.1033E 01	86	0.941E 00	95	0.306E-01	93	0.306E-01	70	0.102E-01
				118	0.204E-01						
95	0.1912E-03	-0.0	-0.1033E 01	87	0.941E 00	96	0.306E-01	94	0.306E-01	71	0.102E-01
				119	0.204E-01						
96	0.2869E-03	-0.0	-0.1504E 01	88	0.141E 01	97	0.153E-01	95	0.306E-01	72	0.153E-01
				120	0.306E-01						
97	0.3825E-03	-0.0	-0.1974E 01	89	0.188E 01	98	0.153E-01	96	0.153E-01	73	0.204E-01
				121	0.408E-01						
98	0.1912E-03	-0.0	-0.9871E 00	90	0.941E 00	97	0.153E-01	74	0.102E-01	122	0.204E-01
99	0.1900E-03	0.6000E 00	-0.5171E 00	107	0.421E 00	100	0.152E-01	75	0.304E-01	123	0.304E-01
				501	0.200E-01						
100	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8584E 00	108	0.632E 00	101	0.304E-01	99	0.152E-01	76	0.456E-01
				124	0.456E-01	501	0.900E-01				
101	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.6027E 00	109	0.421E 00	102	0.304E-01	100	0.304E-01	77	0.304E-01
				125	0.304E-01	501	0.600E-01				
102	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.6027E 00	110	0.421E 00	103	0.304E-01	101	0.304E-01	78	0.304E-01
				126	0.304E-01	501	0.600E-01				
103	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.6027E 00	111	0.421E 00	104	0.304E-01	102	0.304E-01	79	0.304E-01
				127	0.304E-01	501	0.600E-01				
104	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8584E 00	112	0.632E 00	105	0.152E-01	103	0.304E-01	80	0.456E-01
				128	0.456E-01	501	0.900E-01				
105	0.3800E-03	0.3600E 01	-0.1114E 01	113	0.842E 00	106	0.152E-01	104	0.152E-01	81	0.608E-01
				129	0.608E-01	501	0.120E 00				
106	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5571E 00	114	0.421E 00	105	0.152E-01	82	0.304E-01	130	0.304E-01
				501	0.600E-01						
107	0.3175E-03	-0.0	-0.1175E 01	115	0.627E 00	99	0.421E 00	108	0.254E-01	83	0.508E-01
				131	0.508E-01						
108	0.4762E-03	-0.0	-0.1801E 01	116	0.941E 00	100	0.632E 00	109	0.508E-01	107	0.254E-01
				86	0.762E-01	132	0.762E-01				
109	0.3175E-03	-0.0	-0.1252E 01	117	0.627E 00	101	0.421E 00	110	0.508E-01	108	0.508E-01
				85	0.508E-01	133	0.508E-01				
110	0.3175E-03	-0.0	-0.1252E 01	118	0.627E 00	102	0.421E 00	111	0.508E-01	109	0.508E-01
				86	0.508E-01	134	0.508E-01</				

111	0.3175E-03	-0.0	-0.1252E 01	119	0.627E 00	103	0.421F 00	112	0.508E-01	110	0.508F-01
112	0.4762E-03	-0.0	-0.1801E 01	87	0.508E-01	135	0.508F-01	113	0.254E-01	111	0.508E-01
113	0.6350E-03	-0.0	-0.2351E 01	120	0.941E 00	104	0.632E 00	114	0.254F-01	112	0.254F-01
114	0.3175E-03	-0.0	-0.1175E 01	88	0.762E-01	136	0.762E-01	113	0.254F-01	90	0.508E-01
115	0.1275E-03	-0.0	-0.6785E 00	121	0.125E 01	105	0.842F 00	116	0.204E-01	139	0.204E-01
116	0.1912E-03	-0.0	-0.1033E 01	89	0.102E 00	137	0.102E 00	115	0.102E-01	92	0.306F-01
117	0.1275E-03	-0.0	-0.7091E 00	122	0.627E 00	106	0.421E 00	116	0.204E-01	93	0.204E-01
118	0.1275E-03	-0.0	-0.7091E 00	138	0.508E-01	116	0.102E-01	117	0.204E-01	94	0.204E-01
119	0.1275E-03	-0.0	-0.7091E 00	107	0.627E 00	117	0.204E-01	118	0.204E-01	95	0.204E-01
120	0.1912E-03	-0.0	-0.1033E 01	108	0.941E 00	118	0.204E-01	119	0.204E-01	96	0.306F-01
121	0.2550E-03	-0.0	-0.1357E 01	140	0.306E-01	119	0.204E-01	120	0.102E-01	97	0.408F-01
122	0.1275E-03	-0.0	-0.6785E 00	109	0.627E 00	120	0.204E-01	121	0.102E-01	98	0.204E-01
123	0.1900E-03	0.6000E 00	-0.5171E 00	141	0.204E-01	121	0.102E-01	122	0.102E-01	99	0.304E-01
124	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8564E 00	112	0.627E 00	122	0.102E-01	123	0.152E-01	100	0.456E-01
125	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.6027E 00	144	0.306E-01	123	0.304E-01	124	0.304E-01	101	0.304E-01
126	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.6027E 00	113	0.125E 01	124	0.304E-01	125	0.304E-01	102	0.304E-01
127	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.6027E 00	145	0.408E-01	125	0.304E-01	126	0.304E-01	103	0.304E-01
128	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8564E 00	114	0.627E 00	126	0.304E-01	127	0.304E-01	104	0.456F-01
129	0.3800E-03	0.3600E 01	-0.1114E 01	115	0.421E 00	127	0.304E-01	128	0.152E-01	105	0.608F-01
130	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5571E 00	131	0.421E 00	128	0.304E-01	106	0.304E-01	154	0.304E-01
131	0.3175E-03	-0.0	-0.1175E 01	501	0.200E-01	129	0.152E-01	132	0.254E-01	107	0.508F-01
132	0.4762E-03	-0.0	-0.1801E 01	132	0.632E 00	130	0.120E 00	133	0.508E-01	131	0.254E-01
133	0.3175E-03	-0.0	-0.1252E 01	148	0.456E-01	131	0.152E-01	134	0.508E-01	132	0.508E-01
134	0.2856E-03	-0.0	-0.6074F 01	133	0.621E 00	132	0.421E 00	135	0.406F-01	133	0.508F-01
135	0.2537E-03	-0.0	-0.1090E 02	149	0.304E-01	133	0.421E 00	136	0.406E-01	134	0.406E-01
136	0.3806E-03	-0.0	-0.1628E 02	134	0.421E 00	134	0.406E-01	137	0.203F-01	135	0.406E-01
137	0.5075E-03	-0.0	-0.2167E 02	144	0.471E 00	135	0.304E-01	138	0.203F-01	136	0.203F-01
138	0.2537E-03	-0.0	-0.1084E 02	112	0.762E-01	136	0.304E-01	139	0.200E 02	114	0.508F-01
139	0.1275E-03	-0.0	-0.6785E 00	145	0.627E 00	137	0.456E-01	140	0.204E-01	163	0.204F-01
140	0.1912E-03	-0.0	-0.1033E 01	113	0.102E 00	138	0.456E-01	139	0.102E-01	116	0.306E-01
141	0.1275E-03	-0.0	-0.7091E 00	146	0.314E 00	139	0.456E-01	140	0.204E-01	117	0.204F-01
142	0.9562E-04	-0.0	-0.5331E 00	162	0.304E-01	140	0.102E-01	141	0.204E-01	118	0.204F-01
143	0.6375E-04	-0.0	-0.3558F 00	131	0.627E 00	141	0.102E-01	142	0.102E-01	119	0.204E-01
144	0.9562E-04	-0.0	-0.5184E 00	132	0.941E 00	142	0.102E-01	143	0.102F-01	120	0.306F-01
145	0.1275E-03	-0.0	-0.6810E 00	164	0.306E-01	143	0.102E-01	144	0.510E-02	121	0.408F-01
146	0.6375E-04	-0.0	-0.3405E 00	133	0.627E 00	144	0.102E-01	145	0.510E-02	122	0.204E-01
147	0.1900E-03	0.6000E 00	-0.5171E 00	165	0.204E-01	145	0.102E-01	146	0.510E-02	123	0.304E-01
148	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8564E 00	134	0.471E 00	146	0.102E-01	147	0.152E-01	124	0.456F-01
149	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.6027E 00	166	0.102E-01	147	0.102E-01	148	0.304E-01	125	0.304F-01
150	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.6027E 00	135	0.314E 00	148	0.102E-01	149	0.304E-01	126	0.304E-01
151	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.6027E 00	7	0.127E-02	149	0.102E-01	150	0.304E-01	127	0.304E-01
152	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8564E 00	136	0.471E 00	150	0.102E-01	151	0.304E-01	128	0.456E-01
153	0.3800E-03	0.3600E 01	-0.1114E 01	8	0.191E-02	151	0.102E-01	152	0.152E-01	129	0.608E-01
154	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5571E 00	137	0.627E 00	152	0.102E-01	153	0.152E-01	174	0.304E-01
155	0.3175E-03	-0.0	-0.1175E 01	9	0.255E-02	153	0.102E-01	154	0.152E-01	131	0.508E-01
156	0.4762E-03	-0.0	-0.1801E 01	138	0.314E 00	154	0.102E-01	155	0.254E-01	155	0.254E-01
157	0.3175E-03	-0.0	-0.1252E 01	155	0.421E 00	155	0.102E-01	156	0.508E-01	156	0.508F-01
158	0.2537E-03	-0.0	-0.1090E 02	501	0.200E-01	156	0.102E-01	157	0.508E-01	157	0.508F-01
159	0.1900E-03	-0.0	-0.2054E 02	156	0.632E 00	157	0.102E-01	158	0.508E-01	158	0.304E-01
160	0.2850E-03	-0.0	-0.3077E 02	168	0.456E-01	158	0.102E-01	159	0.304E-01	136	0.456E-01
161	0.3800E-03	-0.0	-0.4099E 02	169	0.456E-01	159	0.102E-01	160	0.152E-01	137	0.608E-01
162	0.2850E-03	-0.0	-0.2050E 02	170	0.421E 00	160	0.102E-01	161	0.152E-01	182	0.304E-01
163	0.1275E-03	-0.0	-0.6785E 00	171	0.304E-01	161	0.102E-01	162	0.300E 02	183	0.204F-01
164	0.1912E-03	-0.0	-0.1033E 01	160	0.632E 00	162	0.102E-01	163	0.152E-01	140	0.306E-01
165	0.1275E-03	-0.0	-0.7091E 00	172	0.456E-01	163	0.102E-01	164	0.400F 02	141	0.204E-01
166	0.6375E-04	-0.0	-0.3558E 00	161	0.842E 00	164	0.102E-01	165	0.152E-01	142	0.102E-01
167	0.2850E-03	0.9000E 00	-0.7300E 00	173	0.608E-01	165	0.102E-01	166	0.204E-01	187	0.152F-01
168	0.4275E-03	0.4050E 01	-0.1219E 01	162	0.421E 00	166	0.102E-01	167	0.228E-01	148	0.456F-01
				501	0.600E-01	167	0.102E-01				
				163	0.627E 00	168	0.228E-01				
				175	0.508E-01	501	0.135F 00				
				164	0.941E 00						
				132	0.762E-01						
				165	0.627E 00						
				133	0.508E-01						
				166	0.314E 00						
				134	0.406E-01						
				151	0.421E 00						
				179	0.304E-01						
				152	0.632E 00						
				180	0.456E-01						
				153	0.842E 00						
				181	0.608E-01						
				154	0.421E 00						
				15	0.200E 02						
				155	0.627E 00						
				156	0.941E 00						
				184	0.306E-01						
				157	0.627E 00						
				185	0.204E-01						
				158	0.314E 00						
				16	0.127E-02						
				175	0.632E 00						
				501	0.300E-01						
				176	0.947E 00						
				188	0.228E-01						

169	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8584E 00	177	0.632E 00	170	0.456E-01	168	0.456E-01	149	0.304E-01
170	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8584E 00	189	0.152E-01	501	0.900E-01	149	0.304E-01	150	0.304E-01
171	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.8584E 00	178	0.632E 00	171	0.456E-01	169	0.456E-01	151	0.304E-01
172	0.4275E-03	0.4050E 01	-0.1219E 01	190	0.152E-01	501	0.900E-01	170	0.456E-01	152	0.456E-01
173	0.5700E-03	0.5400E 01	-0.1580E 01	179	0.532E 00	172	0.456E-01	171	0.456E-01	153	0.608E-01
174	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.7900E 00	191	0.152E-01	501	0.900E-01	172	0.228E-01	194	0.152E-01
175	0.4762E-03	-0.0	-0.1687E 01	180	0.947E 00	173	0.228E-01	176	0.381E-01	155	0.508E-01
176	0.7144E-03	-0.0	-0.2588E 01	192	0.228E-01	501	0.135E 00	177	0.762E-01	175	0.381E-01
177	0.4762E-03	-0.0	-0.1801E 01	181	0.126E 01	174	0.228E-01	178	0.762E-01	176	0.762E-01
178	0.3806E-03	-0.0	-0.1628E 02	193	0.304E-01	501	0.180E 00	179	0.456E-01	177	0.762E-01
179	0.2850E-03	-0.0	-0.3077E 02	182	0.632E 00	173	0.228E-01	21	0.150E 02	178	0.304E-01
180	0.4275E-03	-0.0	-0.4608E 02	501	0.900E-01	167	0.632E 00	178	0.456E-01	159	0.304E-01
181	0.5700E-03	-0.0	-0.6140E 02	183	0.941E 00	168	0.947E 00	179	0.456E-01	160	0.456E-01
182	0.2850E-03	-0.0	-0.3070E 02	195	0.254E-01	196	0.381E-01	180	0.228E-01	161	0.608E-01
183	0.1912E-03	-0.0	-0.5871E 00	184	0.141E 01	169	0.632E 00	181	0.228E-01	202	0.152E-01
184	0.2869E-03	-0.0	-0.1504E 01	156	0.762E-01	197	0.254E-01	182	0.228E-01	203	0.102E-01
185	0.1912E-03	-0.0	-0.1033E 01	185	0.406E-01	198	0.632E 00	183	0.153E-01	164	0.306E-01
186	0.9562E-04	-0.0	-0.5184E 00	171	0.632E 00	180	0.456E-01	184	0.306E-01	206	0.510E-02
187	0.3800E-03	0.1200E 01	-0.9429E 00	199	0.152E-01	22	0.300E 02	166	0.102E-01	207	0.152E-01
188	0.5700E-03	0.5400E 01	-0.1580E 01	172	0.947E 00	181	0.228E-01	167	0.152E-01	168	0.228E-01
189	0.3800E-03	0.3600E 01	-0.1114E 01	200	0.228E-01	23	0.450E 02	187	0.304E-01	169	0.152E-01
190	0.3800E-03	0.3600E 01	-0.1114E 01	173	0.126E 01	182	0.228E-01	188	0.608E-01	170	0.152E-01
191	0.3800E-03	0.3600E 01	-0.1114E 01	201	0.304E-01	24	0.600E 02	189	0.608E-01	171	0.152E-01
192	0.5700E-03	0.5400E 01	-0.1580E 01	174	0.632E 00	181	0.228E-01	190	0.608E-01	172	0.228E-01
193	0.7600E-03	0.7200E 01	-0.2046E 01	25	0.300E 02	184	0.153E-01	191	0.608E-01	173	0.304E-01
194	0.3800E-03	0.3600E 01	-0.1023E 01	175	0.941E 00	185	0.306E-01	192	0.608E-01	214	0.152E-01
195	0.6350E-03	-0.0	-0.2199E 01	176	0.141E 01	186	0.306E-01	193	0.304E-01	175	0.254E-01
196	0.9525E-03	-0.0	-0.3374E 01	204	0.153E-01	185	0.306E-01	194	0.304E-01	195	0.508E-01
197	0.6350E-03	-0.0	-0.2351E 01	177	0.941E 00	186	0.306E-01	198	0.102E 00	196	0.102E 00
198	0.5075E-03	-0.0	-0.2167E 02	205	0.102E-01	185	0.306E-01	199	0.608E-01	197	0.102E 00
199	0.3800E-03	-0.0	-0.4099E 02	178	0.471E 00	188	0.304E-01	31	0.200E 02	179	0.152E-01
200	0.5700E-03	-0.0	-0.6140E 02	26	0.191E-02	188	0.304E-01	198	0.608E-01	180	0.228E-01
201	0.7600E-03	-0.0	-0.8181E 02	195	0.842E 00	189	0.608E-01	200	0.608E-01	181	0.304E-01
202	0.3800E-03	-0.0	-0.4090E 02	501	0.400E-01	190	0.608E-01	201	0.608E-01	222	0.152E-01
203	0.2550E-03	-0.0	-0.1256E 01	196	0.126E 01	501	0.180E 00	193	0.304E-01	223	0.102E-01
204	0.3825E-03	-0.0	-0.1574E 01	208	0.228E-01	501	0.180E 00	194	0.304E-01	184	0.153E-01
205	0.2550E-03	-0.0	-0.1357E 01	197	0.842E 00	193	0.304E-01	200	0.240E 00	185	0.102E-01
206	0.1275E-03	-0.0	-0.6810E 00	203	0.125E 01	193	0.304E-01	193	0.304E-01	226	0.510E-02
207	0.1900E-03	0.6000E 00	-0.4715E 00	215	0.254E-01	187	0.842E 00	196	0.508E-01	501	0.200E-01
208	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.7900E 00	204	0.188E 01	188	0.126E 01	197	0.102E 00	188	0.228E-01
209	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5571E 00	176	0.381E-01	216	0.381E-01	198	0.102E 00	189	0.152E-01
210	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5571E 00	205	0.125E 01	189	0.842E 00	199	0.608E-01	190	0.152E-01
211	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5571E 00	177	0.254E-01	217	0.254E-01	200	0.608E-01	191	0.152E-01
212	0.2850E-03	0.2700E 01	-0.7900E 00	206	0.627E 00	190	0.842E 00	201	0.608E-01	192	0.228E-01
213	0.3800E-03	0.3600E 01	-0.1023E 01	178	0.203E-01	218	0.203E-01	202	0.304E-01	193	0.304E-01
214	0.1900E-03	0.1800E 01	-0.5115E 00	191	0.842E 00	200	0.608E-01	34	0.800E 02	200	0.304E-01
215	0.3175E-03	-0.0	-0.1099E 01	219	0.152E-01	32	0.400E 02	201	0.304E-01	182	0.152E-01
216	0.4762E-03	-0.0	-0.1687E 01	192	0.126E 01	201	0.304E-01	202	0.304E-01	223	0.102E-01
217	0.3175E-03	-0.0	-0.1175E 01	220	0.228E-01	23	0.400E 02	205	0.408E-01	203	0.204E-01
218	0.2537E-03	-0.0	-0.1084E 02	221	0.146E 01	202	0.304E-01	206	0.408E-01	186	0.510E-02
219	0.1900E-03	-0.0	-0.2050E 02	222	0.304E-01	34	0.800E 02	208	0.152E-01	187	0.152E-01
220	0.2850E-03	-0.0	-0.3070E 02	194	0.842E 00	201	0.304E-01	209	0.304E-01	207	0.152E-01
221	0.3800E-03	-0.0	-0.4090E 02	35	0.400E 02	201	0.304E-01	210	0.304E-01	208	0.304E-01
222	0.1900E-03	-0.0	-0.2045E 02	195	0.125E 01	204	0.204E-01	211	0.304E-01	209	0.304E-01
223	0.1275E-03	-0.0	-0.6479E 00	196	0.188E 01	205	0.408E-01	212	0.304E-01	210	0.304E-01
224	0.1912E-03	-0.0	-0.9871E 00	224	0.153E-01	206	0.408E-01	213	0.152E-01	211	0.304E-01
225	0.1275E-03	-0.0	-0.6785E 00	197	0.125E 01	205	0.408E-01	214	0.152E-01	212	0.152E-01
226	0.6375E-04	-0.0	-0.3405E 00	225	0.102E-01	205	0.408E-01	215	0.152E-01	194	0.152E-01
				198	0.627E 00	208	0.632E 00	194	0.152E-01	501	0.600E-01
				36	0.255E-02	209	0.304E-01	216	0.254E-01	195	0.254E-01
				215	0.421E 00	210	0.304E-01	217	0.508E-01	215	0.254E-01
				216	0.632E 00	211	0.304E-01	218	0.508E-01	216	0.508E-01
				501	0.900E-01	212	0.304E-01	219	0.304E-01	217	0.508E-01
				217	0.421E 00	213	0.304E-01	220	0.304E-01	218	0.508E-01
				501	0.600E-01	214	0.152E-01	221	0.304E-01	219	0.304E-01
				218	0.421E 00	215	0.152E-01	222	0.152E-01	220	0.228E-01
				501	0.600E-01	216	0.152E-01	223	0.152E-01	201	0.304E-01
				219	0.421E 00	217	0.152E-01	224	0.102E-01	45	0.200E 02
				501	0.600E-01	218	0.152E-01	225	0.102E-01	204	0.153E-01
				220	0.632E 00	219	0.152E-01	226	0.204E-01	205	0.102E-01
				501	0.900E-01	220	0.152E-01	227	0.204E-01	46	0.127E-02
				221	0.842E 00	221	0.152E-01	228	0.204E-01		
				501	0.120E 00	222	0.152E-01	229	0.204E-01		
				222	0.421E 00	223	0.152E-01	230	0.204E-01		
				223	0.627E 00	224	0.152E-01	231	0.204E-01		
				224	0.941E 00	225	0.152E-01	232	0.204E-01		
				196	0.381E-01	226	0.152E-01	233	0.204E-01		
				225	0.627E 00	227	0.152E-01	234	0.204E-01		
				197	0.254E-01	228	0.152E-01	235	0.204E-01		
				226	0.314E 00	229	0.152E-01				
				198	0.203E-01	230	0.152E-01				
				211	0.421E 00	231	0.152E-01				
				42	0.200E 02	232	0.152E-01				
				212	0.632E 00	233	0.152E-01				
				43	0.300E 02	234	0.152E-01				
				213	0.842E 00	235	0.152E-01				
				44	0.400E 02						
				214	0.421E 00						
				215	0.627E 00						
				216	0.941E 00						
				217	0.627E 00						
				218	0.314E 00						

TIME 0.0 ZUGEFUEHRTE WAERME (W/CM**3) FUER WERKSTOFF 1 11765.00 2 0.0

MITTELTEMPERATUR (GR.C) IM WERKSTOFF 1 75.33 2 45.88

D LEITWERTE AN DER OBERFLAECHE, D=LAENGE*ALPHA
 1 0.500E 01 2 0.100E 02 3 0.150E 02 4 0.200E 02 5 0.300E 02 6 0.400E 02 7 0.450E 02 8 0.600E 02
 9 0.800E 02 10 0.127E-02 11 0.191E-02 12 0.255E-02 13 0.200E-01 14 0.300E-01 15 0.400E-01 16 0.600E-01
 17 0.900E-01 18 0.120E 00 19 0.135E 00 20 0.180E 00 21 0.240E 00

TB VORGEGEBENE TEMPERATUREN
 1 30.00

TEMPERATURVERTEILUNG
 1 44.60 2 52.10 3 55.76 4 57.99 5 58.41 6 46.31 7 53.65 8 57.39 9 59.68 10 60.11
 11 52.16 12 64.31 13 69.76 14 72.86 15 73.43 16 53.71 17 65.35 18 70.84 19 73.97 20 74.54
 21 55.83 22 69.79 23 76.25 24 79.96 25 80.66 26 57.47 27 70.87 28 77.38 29 81.13 30 81.83
 31 58.09 32 72.89 33 79.98 34 84.20 35 85.00 36 59.78 37 74.00 38 81.15 39 85.41 40 86.22
 41 58.53 42 73.48 43 80.68 44 85.01 45 85.84 46 60.22 47 74.60 48 81.85 49 86.22 50 87.06

TEMPERATURVERTEILUNG
 51 30.77 52 30.78 53 31.06 54 31.45 55 31.86 56 32.20 57 32.57 58 32.67 59 30.79 60 30.86
 61 31.17 62 31.60 63 32.05 64 32.43 65 32.84 66 32.94 67 30.80 68 30.88 69 31.19 70 31.63
 71 32.09 72 32.47 73 32.89 74 33.00 75 30.96 76 31.30 77 32.00 78 33.01 79 34.04 80 34.82
 81 35.53 82 35.69 83 31.05 84 31.44 85 32.21 86 33.32 87 34.46 88 35.31 89 36.10 90 36.28
 91 31.07 92 31.46 93 32.25 94 33.38 95 34.54 96 35.41 97 36.21 98 36.40 99 31.67 100 32.11
 101 33.66 102 36.22 103 38.82 104 40.50 105 41.75 106 42.01 107 31.74 108 32.33 109 34.04 110 36.88
 111 39.76 112 41.61 113 42.98 114 43.27 115 31.75 116 32.37 117 34.11 118 36.99 119 39.91 120 41.79
 121 43.19 122 43.48 123 32.40 124 33.21 125 36.29 126 42.61 127 48.99 128 52.28 129 54.30 130 54.68
 131 32.48 132 33.54 133 36.95 134 44.39 135 51.91 136 55.56 137 57.79 138 58.20 139 32.50 140 33.60
 141 37.07 142 44.09 143 51.09 144 54.68 145 56.89 146 57.31 147 33.10 148 34.32 149 38.94 150 49.04
 151 59.25 152 64.16 153 66.97 154 67.48 155 33.21 156 34.76 157 39.89 158 51.97 159 64.19 160 69.63
 161 72.73 162 73.30 163 33.23 164 34.85 165 40.05 166 51.15 167 33.67 168 35.16 169 40.66 170 52.35
 171 64.19 172 70.01 173 73.37 174 74.00 175 33.80 176 35.68 177 41.78 178 55.63 179 69.66 180 76.11
 181 79.82 182 80.51 183 33.83 184 35.79 185 41.97 186 54.76 187 34.33 188 35.94 189 41.94 190 54.39
 191 67.00 192 73.39 193 77.22 194 77.94 195 34.48 196 36.55 197 43.20 198 57.89 199 72.76 200 79.84
 201 84.06 202 84.85 203 34.52 204 36.67 205 43.41 206 57.00 207 34.51 208 36.13 209 42.22 210 54.79
 211 67.53 212 74.02 213 77.95 214 78.70 215 34.68 216 36.76 217 43.50 218 58.32 219 73.35 220 80.54
 221 84.86 222 85.69 223 34.71 224 36.88 225 43.72 226 57.44

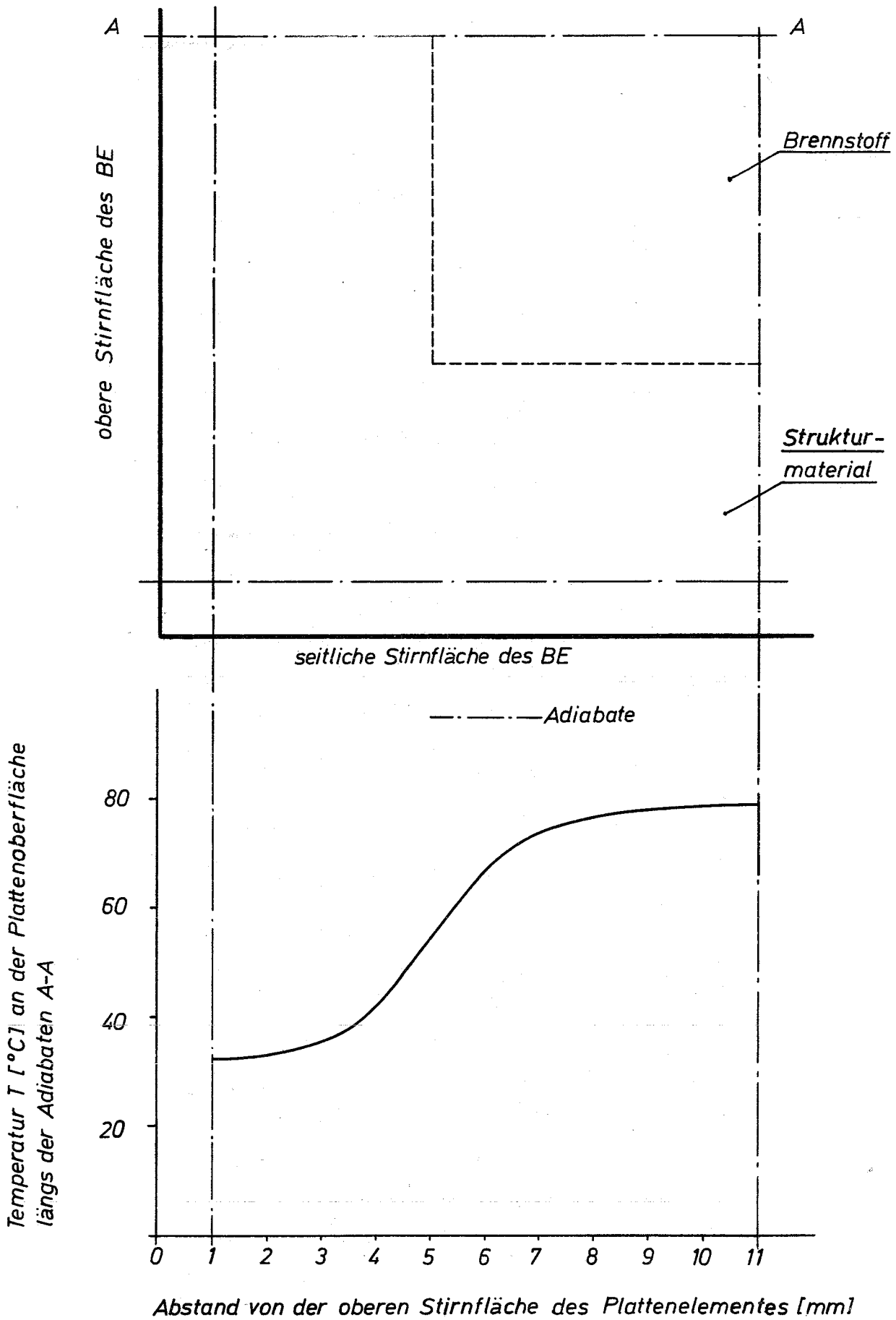


Abb. 11 Temperatur an der Plattenoberfläche längs der Adiabaten A-A

Literaturangaben:

- [1] GRÖBER H., S. ERK, U. GRIGULL:
"Wärmeübertragung"
Springer-Verlag, Berlin, Göttingen,
Heidelberg 1961
- [2] DUSINBERRE G.M.:
"Numerical Analysis of Heat Flow"
McGraw-Hill Book Company, Inc.
New York, Toronto, London 1949
- [3] SCHNEIDER P.I.:
"Conduction Heat Transfer"
Addison-Wessley Publishing Company Inc.
Reading, Mass. 1957
- [4] ECKERT E.R.G., R.M. DRAKE:
"Heat and Mass Transfer"
McGraw-Hill Book Company, Inc.
New York, Toronto, London 1959

