

Jürgen Ritzenhoff

Wärmetransmissionsberechnung

1 Programmerläuterung

Das vorliegende Programm ermittelt die Wärmeübertragung in einer zusammengesetzten ebenen Wand. Die Wärmeleitung ist der Temperatenausgleich bzw. der Wärmefluß zwischen zwei Querschnitten mit verschiedener Temperatur eines festen, flüssigen oder gasförmigen Körpers. Die Wärmeleitung geht innerhalb des Körpers vor sich. Sie beruht nach der kinetischen Wärmetheorie darauf, daß die heißeren Moleküle des Körpers ihre Schwingungsenergie an die benachbarten, mit ihm in Berührung stehenden Moleküle übertragen. Die Wärmeleitfähigkeit oder die Wärmeleitzahl ist definiert als die in 1 h durch eine 1 m starke Wand und eine Fläche von 1 m² fließende Wärmemenge, wenn zwischen den beiden Wandoberflächen ein Temperaturunterschied von 1° besteht. Die Wärmeleitfähigkeit ist von den stofflichen Eigenschaften des leitenden Körpers abhängig; sie hat für jeden Körper eine bestimmte Größe.

2 Berechnungsgrundlagen

Aus den folgenden Eingaben:

1. Innen (T_i)- und Außentemperatur (T_a) einer Wand
2. Wandstärken s_i der einzelnen Wandteile
3. Wärmeleitzahlen λ_i der einzelnen Wandteile

4. Wärmeübergangszahlen der Innen (α_i)- und Außenwand (α_a) werden mit Hilfe dieses Programmes die folgenden Werte berechnet:

$$1. \Sigma = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{1}{\alpha_a}$$

2. Wärmemenge Q , die in einer Stunde durch die Wand geleitet wird. Q errechnet sich aus der Formel:

$$Q = \frac{T_i - T_a}{\Sigma}$$

3. Die Temperaturen an den einzelnen Wandoberflächen der zusammengesetzten Wand, wobei die Angaben mit der höchsten Temperatur (= Temperatur des inneren Wandteiles) beginnen. Zusätzlich werden die Differenzen der Temperaturen zwischen den einzelnen Wandteilen angegeben. Diese Differenzen berechnen sich nach folgender Beziehung

$$\Delta T = Q \cdot \frac{1}{\alpha_i} \quad \text{oder} \quad \Delta T = Q \cdot \frac{s_1}{\lambda_1}$$

3 Programmaufbau

Das Programm ist so angelegt, daß beim Anschluß des programmierbaren Taschenrechners TI-59 an den Drucker PC-

100 die Ergebnisse seriell einschließlich Dokumentation ausgedruckt werden. In diesem Programm werden z.B. die einzelnen Wandtemperaturen mit den Differenzwerten ohne Zwischenstopp ausgedruckt. Dem Rechner wird der Anschluß an den Drucker vor Durchführung der Berechnungen durch ein einmaliges Drücken der Tastenfolge 2nd E angezeigt. Mit dieser Tastenfolge wird ein Flag gesetzt. Ist ein Ergebnis berechnet, so zeigt das Ergebnis der Flag-Abfrage dem Rechner an

ob 1.

ein berechneter Wert ermittelt und mit Dokumentation ausgedruckt wird und anschließend sofort der nächste Wert berechnet und ausgedruckt wird oder

ob 2.

nach Ermittlung des 1. Wertes der Rechner stoppt und den Wert anzeigt und dann erst nach Drücken von jeweils R/S die weiteren Werte ermittelt und angezeigt werden. Mit diesem Programm ist also die Möglichkeit gegeben, netzunabhängig zu arbeiten bzw. mit Drucker (d.h. mit Netzanschluß) die Vorteile einer übersichtlichen Dokumentation von Ein- und Ausgabe auszunutzen. Bei Eingabe der Werte für die Temperaturen, Wandstärken, Wärmeleitzahlen und Wärmeübergangszahlen muß zuerst der jeweilige Eingabeteil vorgewählt werden.

Bei Eingabe der Temperaturen mit der Taste A
 bei Eingabe der Wandstärken mit der Taste B
 bei Eingabe der Wärmeleitzahlen mit der Taste C und
 bei Eingabe der Wärmeübergangszahlen mit der Taste D.

Anschließend werden die zugehörigen Werte der Reihe nach mit jeweils R/S eingegeben. Bei den Temperaturen sieht dies dann beispielsweise wie folgt aus:

1. Vorwahl der Temperatureingabe mit A
2. Eingabe des Wertes für die Innentemperatur der Wand R/S
3. Eingabe des Wertes für die Außentemperatur der Wand R/S

Die Wand kann aus maximal 10 Teilen zusammengesetzt werden, d.h. es können maximal 10 Werte für Wandstärken und die entsprechende Anzahl von Wärmeleitzahlen eingegeben werden.

Auch muß die Reihenfolge der Eingaben für die Wandstärken und entsprechenden Wärmeleitzahlen eingehalten werden. Es muß immer mit der Eingabe der Werte für den innersten Wandteil begonnen werden. Nach Abschluß aller Eingaben kann mit den Berechnungen begonnen werden. Die Werte für Σ und Q werden nach Drücken von E angezeigt. Durch Betätigen der Tasten 2nd A werden die einzelnen Temperaturen angezeigt bzw. ausgedruckt. Sollen für eine neue Berechnung nur ein Eingabeteil geändert werden, so braucht nur dieser Teil neu eingegeben werden. Alle anderen Werte bleiben für eine neue Berechnung erhalten.

4 Programmeingabe

Nach Umschalten in den LRN Status werden die Programmschritte (siehe *Programm-Listing*) eingegeben. Ist die Programmeingabe erfolgt, kann nach Umschalten in den RUN

Status die Aufzeichnung auf Magnetkarte erfolgen. Da das Programm insgesamt 459 Schritte hat, müssen 2 Blöcke aufgezeichnet werden, d.h. es wird nur eine Magnetkarte benötigt.

5 Programmerläuterung

Zur Erläuterung des Programmablaufes diene das nachfolgend abgedruckte *Beispiel*:

1. Eingabe der Wandtemperaturen
 - a) Vorwahl der Eingabe mit A
 - b) Eingabe der Innentemperatur der Wand 1350 R/S
 - c) Eingabe der Außentemperatur der Wand 20 R/S
2. Eingabe der Wandstärken
 - a) Vorwahl der Eingabe mit B
 - b) Eingabe der 1. Wandstärke (in m) 0.3 R/S
 - c) Eingabe der 2. Wandstärke (in m) 0.125 R/S
 - d) Eingabe der 3. Wandstärke (in m) 0.025 R/S
3. Eingabe der Wärmeleitzahlen
 - a) Vorwahl der Eingabe mit C
 - b) Eingabe der Wärmeleitzahl für den 1. Wandteil 0.82 R/S
 - c) Eingabe der Wärmeleitzahl für den 2. Wandteil 0.33 R/S
 - d) Eingabe der Wärmeleitzahl für den 3. Wandteil 0.06 R/S
4. Eingabe der Wärmeübergangszahl
 - a) Vorwahl der Eingabe mit D
 - b) eine innere Wärmeübergangszahl liegt nicht vor, also wird 0 R/S eingegeben
 - c) Eingabe der äußeren Wärmeübergangszahl 10 R/S

Abgabe der Ergebnisse:

Da ein Drucker angeschlossen ist, wird 2nd E eingegeben. Die Werte für Σ und Q werden mit E abgerufen und die einzelnen Wandtemperaturen werden mit 2nd A abgerufen. Sollen für eine 2. Berechnung nun die Temperaturen geändert werden, wird die Eingabe nach Punkt 1 durchgeführt. Die anderen Eingaben sind für diese Berechnung geblieben. Durch Drücken von E und 2nd A können die neuen Werte abgefragt werden.

Beispiel

1350.	TI	1350.000	T	1.2613	Σ
20.	TA	385.778		856.254	Q
0.300	WS	964.222	T	1100.000	T
0.125	WS	399.417		313.264	
0.025	WS				
0.820	z	564.805	T	786.736	T
0.330	z	439.359		324.339	
0.060	z				
		125.446	T	462.398	T
		105.446		356.772	
0.000	AI				
10.000	AR	20.000	TA	105.625	T
				85.625	
1.2613	Σ	1100.	TI		
1054.461	Q	20.	TA	20.000	TA

000	76	LBL	066	13	C	132	76	LBL	198	06	06	264	43	RCL	330	95	=	396	09	09
001	11	A	067	98	ADV	133	15	E	199	95	=	265	07	07	331	42	STD	397	87	IFF
002	98	ADV	068	02	2	134	98	ADV	200	42	STD	266	65	x	332	09	09	398	01	01
003	58	FIX	069	01	1	135	98	ADV	201	07	07	267	43	RCL	333	87	IFF	399	44	SUM
004	00	00	070	42	STD	136	00	0	202	87	IFF	268	04	04	334	01	01	400	58	FIX
005	91	R/S	071	03	03	137	42	STD	203	01	01	269	35	1/X	335	35	1/X	401	03	03
006	42	STD	072	91	R/S	138	06	06	204	45	YX	270	95	=	336	58	FIX	402	43	RCL
007	00	00	073	76	LBL	139	02	2	205	58	FIX	271	42	STD	337	03	03	403	08	08
008	03	3	074	25	CLR	140	01	1	206	04	04	272	09	09	338	43	RCL	404	91	R/S
009	07	7	075	72	ST*	141	42	STD	207	43	RCL	273	43	RCL	339	08	08	405	43	RCL
010	02	2	076	03	03	142	03	03	208	06	06	274	08	08	340	91	R/S	406	09	09
011	04	4	077	22	INV	143	01	1	209	91	R/S	275	75	-	341	43	RCL	407	91	R/S
012	69	DP	078	58	FIX	144	01	1	210	43	RCL	276	43	RCL	342	09	09	408	43	RCL
013	04	04	079	07	7	145	42	STD	211	07	07	277	09	09	343	91	R/S	409	08	08
014	43	RCL	080	00	0	146	02	02	212	91	R/S	278	95	=	344	61	GTD	410	75	-
015	00	00	081	69	DP	147	29	CP	213	76	LBL	279	42	STD	345	34	FX	411	43	RCL
016	69	DP	082	04	04	148	43	RCL	214	45	YX	280	08	08	346	76	LBL	412	09	09
017	06	06	083	73	RC*	149	04	04	215	22	INV	281	87	IFF	347	35	1/X	413	95	=
018	91	R/S	084	03	03	150	67	EQ	216	58	FIX	282	01	01	348	22	INV	414	91	R/S
019	42	STD	085	58	FIX	151	23	LNx	217	07	7	283	32	X:T	349	58	FIX	415	76	LBL
020	01	01	086	03	03	152	43	RCL	218	07	7	284	58	FIX	350	03	3	416	44	SUM
021	03	3	087	69	DP	153	04	04	219	69	DP	285	03	03	351	07	7	417	22	INV
022	07	7	088	06	06	154	35	1/X	220	04	04	286	43	RCL	352	69	DP	418	58	FIX
023	01	1	089	69	DP	155	44	SUM	221	43	RCL	287	00	00	353	04	04	419	03	3
024	03	3	090	23	23	156	06	06	222	06	06	288	91	R/S	354	43	RCL	420	07	7
025	69	DP	091	91	R/S	157	76	LBL	223	58	FIX	289	43	RCL	355	08	08	421	69	DP
026	04	04	092	61	GTD	158	23	LNx	224	04	04	290	09	09	356	58	FIX	422	04	04
027	43	RCL	093	25	CLR	159	73	RC*	225	69	DP	291	91	R/S	357	03	03	423	43	RCL
028	01	01	094	76	LBL	160	02	02	226	06	06	292	61	GTD	358	69	DP	424	08	08
029	69	DP	095	14	D	161	67	EQ	227	22	INV	293	43	RCL	359	06	06	425	58	FIX
030	06	06	096	98	ADV	162	24	CE	228	58	FIX	294	76	LBL	360	43	RCL	426	03	03
031	91	R/S	097	91	R/S	163	73	RC*	229	03	3	295	32	X:T	361	09	09	427	69	DP
032	76	LBL	098	42	STD	164	02	02	230	04	4	296	22	INV	362	58	FIX	428	06	06
033	12	B	099	04	04	165	55	+	231	69	DP	297	58	FIX	363	03	03	429	43	RCL
034	98	ADV	100	22	INV	166	73	RC*	232	04	04	298	03	3	364	99	PRT	430	09	09
035	58	FIX	101	58	FIX	167	03	03	233	43	RCL	299	07	7	365	98	ADV	431	58	FIX
036	00	00	102	07	7	168	95	=	234	07	07	300	02	2	366	76	LBL	432	03	03
037	01	1	103	05	5	169	44	SUM	235	58	FIX	301	04	4	367	34	FX	433	99	PRT
038	01	1	104	02	2	170	06	06	236	03	03	302	69	DP	368	43	RCL	434	98	ADV
039	42	STD	105	04	4	171	69	DP	237	69	DP	303	04	04	369	08	08	435	22	INV
040	02	02	106	69	DP	172	22	22	238	06	06	304	43	RCL	370	75	-	436	58	FIX
041	91	R/S	107	04	04	173	69	DP	239	91	R/S	305	00	00	371	43	RCL	437	03	3
042	76	LBL	108	43	RCL	174	23	23	240	76	LBL	306	58	FIX	372	09	09	438	07	7
043	22	INV	109	04	04	175	61	GTD	241	10	E*	307	03	03	373	95	=	439	01	1
044	72	ST*	110	58	FIX	176	23	LNx	242	86	STF	308	69	DP	374	42	STD	440	03	3
045	02	02	111	03	03	177	76	LBL	243	01	01	309	06	06	375	08	08	441	69	DP
046	22	INV	112	69	DP	178	24	CE	244	91	R/S	310	43	RCL	376	69	DP	442	04	04
047	58	FIX	113	06	06	179	43	RCL	245	76	LBL	311	09	09	377	22	22	443	43	RCL
048	04	4	114	91	R/S	180	05	05	246	16	R*	312	58	FIX	378	69	DP	444	08	08
049	03	3	115	42	STD	181	67	EQ	247	98	ADV	313	03	03	379	23	23	445	75	-
050	03	3	116	05	05	182	33	X²	248	43	RCL	314	99	PRT	380	61	GTD	446	43	RCL
051	06	6	117	22	INV	183	43	RCL	249	00	00	315	98	ADV	381	43	RCL	447	09	09
052	69	DP	118	58	FIX	184	05	05	250	42	STD	316	76	LBL	382	76	LBL	448	95	=
053	04	04	119	07	7	185	35	1/X	251	08	08	317	43	RCL	383	42	STD	449	58	FIX
054	73	RC*	120	05	5	186	44	SUM	252	01	1	318	73	RC*	384	43	RCL	450	03	03
055	02	02	121	01	1	187	06	06	253	01	1	319	02	02	385	05	05	451	69	DP
056	58	FIX	122	03	3	188	76	LBL	254	42	STD	320	67	EQ	386	67	EQ	452	06	06
057	03	03	123	69	DP	189	33	X²	255	02	02	321	42	STD	387	91	R/S	453	98	ADV
058	69	DP	124	04	04	190	43	RCL	256	02	2	322	73	RC*	388	43	RCL	454	98	ADV
059	06	06	125	43	RCL	191	00	00	257	01	1	323	02	02	389	07	07	455	98	ADV
060	69	DP	126	05	05	192	75	-	258	42	STD	324	65	x	390	65	x	456	91	R/S
061	22	22	127	58	FIX	193	43	RCL	259	03	03	325	43	RCL	391	43	RCL	457	76	LBL
062	91	R/S	128	03	03	194	01	01	260	43	RCL	326	07	07	392	05	05	458	91	R/S
063	61	GTD	129	69	DP	195	54)	261	04	04	327	55	+	393	35	1/X	459	91	R/S
064	22	INV	130	06	06	196	55	+	262	67	EQ	328	73	RC*	394	95	=			
065	76	LBL	131	91	R/S	197	43	RCL	263	43	RCL	329	03	03	395	42	STD			