

Die Erfahrung lehrt immer wieder, daß die verfügbaren Eigenschaften programmierbarer Taschenrechner nur selten ausgenutzt werden. Das liegt im Einzelfall vielleicht daran, daß einem nie solche Probleme auf den Tisch kommen, die solch ein hochentwickeltes Gerät vollständig fordern. Denkbar ist aber auch, daß der Benutzer sich oder seinem Rechner nicht genug zutraut. Der folgende Beitrag soll unter anderem auch als Anregung dafür dienen, einmal mehr zu versuchen. Wie hier gezeigt, kann dabei ein Drucker besonders nützlich sein, als Helfer beim Schreiben des Programms, zur Dokumentation und zum Auflisten der Ergebnisse.

W.-R. Haberditz

Anwendung des programmierbaren Taschenrechners TI-59 bei der Temperaturbestimmung an elektrischen Wicklungen

1 Vorbetrachtungen

In der Elektrotechnik, der Elektronik und auch auf anderen Gebieten ist es häufig erforderlich, die mittlere Temperatur stromdurchflossener Wicklungen zu bestimmen. Von besonderer Bedeutung ist dies z.B. für die Beurteilung und Festlegung der Grenzwerte bei Netztransformatoren, Maschinen, Motoren, Feld- und Drosselspulen, Elektromagneten, Relais, Glühlampen etc. Aus verschiedenen Gründen – u.a. Kosten, Platzbedarf, Wärmeableitung und Leitungsführung – kommen festeingebaute Temperaturfühler in der Regel nicht in Frage.

Da das Innere einer elektrischen Wicklung für eine direkte Messung meist nicht zugänglich ist, wird bei einem anderen Verfahren die mittlere Wicklungstemperatur vorteilhaft durch Widerstandsmessungen und programmierte Berechnungen, aufgrund der physikalischen Zusammenhänge, ermittelt. Die Wicklung selbst dient dabei als „Meßfühler“ und übernimmt die Funktion eines Widerstandsthermometers.

Bekanntlich ist der Widerstand einer Wicklung außer vom Leiterwerkstoff, der Drahtstärke und der Windungszahl auch noch von der Temperatur t abhängig. Die nichtlineare, jedoch gesetzmäßige Änderung des spezifischen Widerstandes wird der sogenannten Wärmebewegung der Atome und Moleküle, wie sie in jedem Stoff vorhanden sind, zugeschrieben. Da die Intensität dieser Bewegung mit steigender Temperatur zunimmt, bedeutet dies bei den meisten Metallen und Legierungen eine Erschwerung des Durchgangs freier Elektronen, resultierend also eine Erhöhung des Widerstandes.

Die Temperaturabhängigkeit des spezifischen Widerstandes – im vorliegenden Fall der Meßeffect – kann in begrenzten Bereichen durch eine **Taylor-Reihe**

Taylor-Reihe: Grundform einer *Potenzreihe* zur numerisch verwertbaren Darstellung von Funktionen $y = f(x)$.

beschrieben werden. Soll ein Temperaturintervall von etwa $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis unterhalb des Schmelzpunktes erfaßt werden, und berücksichtigt man die werkstoffbedingten Streuungen der Koeffizienten, so ist es praktisch ausreichend, wenn man sich auf die ersten beiden Glieder der Potenzreihe mit dem linearen (α) und dem quadratischen (β) Temperaturkoeffizienten beschränkt. Bei der Angabe von α bzw. β ist zu beachten, daß der Wert des spezifischen Widerstandes genannt wird, da dieser sowohl von der Bezugstemperatur t als auch von der Werkstoffzusammensetzung bzw. dem Reinheitsgrad des Metalls abhängt.

Tabelle 1 Mittlere Werte der spezifischen Widerstände ρ_{20} und der Temperaturkoeffizienten α_{20} und β_{20} einiger Werkstoffe bei $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Werkstoff	$\rho_{20} \cdot 10^{-3} [\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$	$\alpha_{20} \cdot 10^{-4}/\text{K}$	$\beta_{20} \cdot 10^{-7}/\text{K}^2$
Kupfer	17,5	39,3	6
Aluminium	28,6	37,7	13
Silber	17	41	7
Wolfram	55	48	10
Nickel	85,5	47	90
Platin	108	39	6

2 Meßmittel und Daten

Die Raum- bzw. Objekttemperatur t_k ($^{\circ}\text{C}$) wird üblicherweise durch ein gutes Quecksilber- oder Digitalthermometer bestimmt. Zur Messung von Kaltwiderstand R_k (Ohm) bzw. Warmwiderstand R_w (Ohm) kann eine *Wheatstone-Brücke* oder ein *Digital-Ohmmeter**) mit geringen Fehlergrenzen verwendet werden. Sind die zu messenden Widerstände so niederohmig, daß Zuleitungs- und Übergangswiderstände nicht mehr zu vernachlässigen sind, so ist eine *Thomson-Brücke* oder ein geeignetes Digitalgerät in Vierpolschaltung*) (*Kelvin*) zu benutzen. Bei der Durchführung der R -Messungen sei noch auf zwei Punkte hingewiesen:

- a) Der verwendete Meßgleichstrom soll möglichst klein sein, so daß die Eigenerwärmung der Wicklung keine wesentliche Verfälschung der Werte bewirkt. Der Einfluß ist im allgemeinen vernachlässigbar, wenn der Meßstrom $\leq 1\%$ vom Betriebsstrom gewählt wird.

*) z.B. *Multimeter-Typ:* R 2302
8800 A, 8500 A
Hersteller: Hartmann & Braun AG., Frankfurt/M.
Fluke GmbH., Düsseldorf

- b) Bei geringer Wärmekapazität des Prüflings, und/oder bei größeren Temperaturintervallen, ist während der Messung des Warmwiderstandes – die möglichst schnell erfolgen soll – darauf zu achten, daß dessen Änderung ein vertretbares Maß nicht überschreitet. Ist dies trotzdem der Fall, so kann der R_w -Wert – jedoch meist ungenauer – auch über die Betriebsdaten anhand vom Ersatzschaltbild ermittelt werden.

3 Programmierung mit TI-59/PC-100 C

Die theoretischen Zusammenhänge – in diesem Beitrag nicht dargestellt – sind zwar anschaulich, vom formelmäßigen Umfang her jedoch numerisch nicht gut zu handhaben. Für die praktische Anwendung wurden deshalb Programme aufgestellt, deren Befehle und Daten auf einer Magnetkarte untergebracht sind. Das Problem der Berechnung der mittleren Wicklungstemperatur t_w oder des Warmwiderstandes R_w reduziert sich dadurch auf das Einlesen der Karte, Auswahl des Programmparts „A“, „B“ oder „C“ und Eingabe der gemessenen Daten. Innerhalb von 30s bis 40s liegt dann das gewünschte Ergebnis bereits vor.

Stellvertretend für die am Markt befindlichen Geräte wurde dabei der Taschenrechner TI-59 mit Thermodrucker PC-100 C von Texas Instruments verwendet. Die Rechner-Druckerkombination ist heute schon zu einem Kaufpreis von weniger als 1000 Mark erhältlich. Die beachtlichen algebraischen Eigenschaften und die Funktionen-Vielfalt bei gleichzeitig geringen Fehlergrenzen machen den TI-59 selbst für Anwendungen geeignet, wie sie gewöhnlich nur von größeren und aufwendigeren Geräten erfüllt werden. Mit Befehlen z.B. zur **indirekten Adressierung**, **Dekrementierung**, **Inkrementierung**, zur **Datenmanipulation** und zum Ausführen **logischer Vergleiche** in

Indirekte Adressierung: Nennung der Adresse, unter der noch nicht „direkt“ der Operand zu finden ist, sondern erst eine weitere Adresse, die dann aber den Operanden enthält.

Dekrementierung: Herunterzählen um eine Einheit.

Inkrementierung: Erhöhung um eine Einheit.

Datenmanipulation: Sammelbezeichnung für alle denkbaren Operationen, durch die Daten sortiert, geformt oder verändert werden.

Logischer Vergleich: Prüfung darauf, ob zwei oder mehrere Größen einander gleich sind oder welche kleiner oder größer als andere sind. Auch die Prüfung darauf, ob eine Aussage „wahr“ oder „falsch“ ist, gehört dazu.

Verbindung mit 6 Unterprogrammebenen, Label-Technik usw. ergeben sich sehr viele Möglichkeiten der Programmgestaltung. Besonders erwähnt sei noch die Flexibilität des frei verfügbaren Gesamtspeicherplatzes mit 960 Bytes.

Abhängig von den jeweiligen Anforderungen kann von Hand oder per Programm die Verteilung zwischen **Programmspeicherstellen** und **Datenregistern** (DR) verändert werden. Man kann z.B. mit 960 Bytes ohne DR, aber auch mit 160 Bytes und 100 DR, arbeiten. Dazwischen sind, gestuft mit 80 Bytes $\hat{=}$ 10 DR, vielerlei Kombinationen möglich.

4 Aufzeichnung auf Magnetkarte

Bei der erstmaligen Eingabe der Befehle und Daten (s. "Listing" und Tabelle 2) kann man wie folgt verfahren:

- TI-59, Speicherbereichsverteilung (SBV): 319.79 (8 OP 17) von Hand einstellen; später erfolgt dies per Programm!
 - Register 60...79 laden. Dabei ist ersichtlich, daß die Register DR 66...71 doppelt, d.h. mit 2x6 Ziffern belegt sind. Da vom Eingabeformat bekanntlich nur max. 10 Ziffern parallel verarbeitet werden, ist hierbei gesplittet einzugeben. Beispiel: DR 67 wird zunächst mit 352664 („RK=") über STO 67 geladen. Anschließend wird 0.322330 („OHM") durch SUM 67 dazu addiert, so daß letztlich der 12-stellige Code 352624.322330 in DR 67 steht. Sinngemäß verfährt man mit den anderen Registern.
 - Programmbefehle gemäß Listing eintippen. Die Befehle HIRn und DSZm ($m \geq 10$) ergeben sich durch Überschreiben.
 - Da der alphanumerisch codierte Zeichenvorrat vom PC-100C keine kleinen bzw. griechischen Buchstaben beinhaltet, gelten für den Schreibstreifen folgende Abkürzungen und Bezeichnungen:
 - A $\hat{=}$ α , B $\hat{=}$ β : Temperaturkoeffizienten
 - TK $\hat{=}$ t_k : „Kalt“-Temperatur
(GRC: Grad Celsius)
 - RK $\hat{=}$ R_k : „Kalt“-Widerstand (OHM)
 - TW $\hat{=}$ t_w : „Warm“-Temperatur
(GRC: Grad Celsius)
 - RW $\hat{=}$ R_w : „Warm“-Widerstand (OHM)
 - K $\hat{=}$ Grad Kelvin
- e) Programmparts „A“, „B“ und „C“ mit den angegebenen Beispielen auf Richtigkeit überprüfen.

- f) SBV: 479.59 (6 OP 17) von Hand einstellen. Pgm. und Daten auf Block 1 und 2 der Magnetkarte aufzeichnen (1 bzw. 2 write). TI-59: OFF, ON. Karte einlesen und nochmaligen Test durchführen.

5 Benutzerhinweise und Beispiele

Kartenseiten 1 und 2 in der normalen SBV (479.59) einlesen.

Taste	Werkstoff	Eingabe m. R/S	Berechnung
„A“	Kupfer	TK, RK, RW	TW _{Cu} (°C)
„B“	wählbar	TK, RK, RW, A, B	TW (°C)
„C“	wählbar	A, B, TK, RK, TW	RW (Ω)

Die Rechen- und Druckzeit pro Ablauf beträgt ca. 10 bis 15s. Die Programmsegmente „A“, „B“ oder „C“ können behelfsweise auch ohne Drucker verwendet werden, da die Daten bei jedem Durchlauf abgespeichert sind. TW ist bei Ablauf „A“ und „B“ in Register 5 bzw. RW bei Ablauf „C“ in R 10 verfügbar.

Eine Fehleingabe der Temperaturkoeffizienten A u. od. B = 0 bewirkt im Ablauf „B“ automatisch einen Programm-Stop (blinkende „0“ im Display)!

Bei Ablauf „A“ (Kupfer) erübrigt sich die Eingabe der Temperaturkoeffizienten (A, B), da deren Werte (s. Tabelle 1) zusammen mit den abgeleiteten Konstanten in R76 ... R79 enthalten sind.

Beispiel zum Ablauf „A“

Bei einer Raum- bzw. Objekttemperatur von TK = + 24 °C wurde an der Primärwicklung eines Netz-

Programmspeicher: Bei Taschenrechnern der Speicherbereich, der zur Aufnahme der Programmbefehle vorgesehen ist. Bei Mikrocomputern werden häufig die *Festwertspeicher* (ROM) so bezeichnet.

Datenregister: Bei Taschenrechnern der Speicherbereich, der zur Aufnahme variabler Größen (Daten) vorgesehen ist. Beim TI-59 ist der gesamt verfügbare Speicherbereich frei in beide Klassen aufteilbar („Speicher-Verteilung“). Bei Mikrocomputern werden häufig die *Schreib-Lesespeicher* (RAM) so bezeichnet.

Listing: Vollständiger Abdruck eines Programms, oft begleitet von Überschriften und Kommentaren.

Display: Bei Taschenrechnern wird die Leuchtdioden-, Fluoreszenz- oder Flüssigkristallanzeige so bezeichnet. Aber auch Bildschirme werden so genannt (CRT-Display).

transformators ein Gleichstrom-„Kalt“-Widerstand $RK = 2,205$ Ohm gemessen. Nach längerer Betriebszeit unter Vollast wurde unmittelbar nach dem Abschalten ein Gleichstrom-„Warm“-Widerstand von $RW = 2,713$ Ohm ermittelt. Die berechnete mittlere Wicklungstemperatur ist $TW = + 92,84$ °C (2-stellig gerundet).

Ausdruck:	Belegung der Arbeitsregister:	
„A“: KUPFER-WICKLUNG TEMP. BESTIMMUNG		
TK=	80.	00
24. GRC	75.	01
RK=	0.	02
2.205 DHM	9.	03
RW=	4.	04
2.713 DHM	82.94197051	TW 05
A =	24.	TK 06
3.93-03 /K	2.205	RK 07
B =	2.713	RW 08
6. -07 /K ²	0.	09
	0.	10
TW=	0.	11
82.94 GRC	-20.	12
(GRAD CELSIUS)		
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		

Ausdruck:	Belegung der Arbeitsregister:	
„B“: TEMP. BESTIMMUNG		
TK=	13.	00
21.5 GRC	75.	01
RK=	0.	02
52.83 DHM	11.	03
RW=	1.5	04
818.91 DHM	2133.589791	TW 05
A =	21.5	TK 06
4.8-03 /K	52.83	RK 07
B =	818.91	RW 08
1. -06 /K ²	0.0048	09
	0.000001	10
TW=	4760000.	11
2133.59 GRC	2380.	12
(GRAD CELSIUS)		
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		

Beispiel zum Ablauf „C“

Bei Raumtemperatur von $TK = + 26$ °C wurde an einer Drossel mit Kupferwicklung ($A = 39,3 \cdot 10^{-4}/K$, $B = 6 \cdot 10^{-7}/K^2$) ein Gleichstrom-„Kalt“-Widerstand von $RK = 195,6$ Ohm gemessen. Zur Beurteilung des Spannungsabfalles war bei einer Grenztemperatur von $TW = + 115$ °C der Gleichstrom-„Warm“-Widerstand zu bestimmen.

Die Berechnung ergibt für $RW \approx 263,468$ Ohm

Beispiel zum Ablauf „B“

An einer „60-Watt“-Glühlampe mit Wolfram-Wendel wurde bei Raumtemperatur von $TK = + 21,5$ °C ein Gleichstrom-„Kalt“-Widerstand $RK = 52,83$ Ohm gemessen.

Da eine direkte RW-Messung infolge der geringen Wärmekapazität schlecht möglich war, wurde der „Warm“-Widerstand aus den Betriebsdaten ermittelt. Bei einer Netzspannung von $U_N = 223,4$ V wurde nach kurzer Zeit ein Strom von $I_S = 272,8$ mA gemessen. Unter Vernachlässigung der induktiven Komponente ergibt sich somit für $RW \approx 818,91$ Ohm. Für Wolfram gilt $A = 48 \cdot 10^{-4}/K$ u. $B = 10 \cdot 10^{-7}/K^2$. Die berechnete mittlere Temperatur der glühenden Wendel beträgt $TW = + 2133,59$ °C (2-stellig gerundet).

Ausdruck:	Belegung der Arbeitsregister:	
„C“: DATEN		
A =	10.	00
	17.	01
3.93-03 /K	0.	02
B =	10.	03
6. -07 /K ²	95.	04
TK=	0.00393	05
26. GRC	0.0000006	06
RK=	26.	TK 07
195.6 DHM	195.6	RK 08
TW=	115.	TW 09
115. GRC	263.4681638	RW 10
	130064.6326	11
	140064.6327	12
RW=	372664.2235	13
263.4681638 DHM	352664.3223	14
	374364.2235	15
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	354364.3223	16

6 Programm-Listing

Titel: Mittlere Temperatur TW und „Warm“-Widerstand RW elektrischer Wicklungen.
 Programm-Vorbereitung wahlweise mit Taste „A“, „B“ oder „C“; Daten eintasten und mit R/S eingeben.

PSS	Code	Befehl	PSS	Code	Befehl	PSS	Code	Befehl	PSS	Code	Befehl	PSS	Code	Befehl
000	98	ADV	064	59	59	128	22	INV	192	95	=	256	98	ADV
001	06	6	065	00	0	129	86	STF	193	42	STD	257	08	8
002	35	1/X	066	57	57	130	01	1	194	12	12	258	69	DP
003	82	HIR	067	69	DP	131	98	ADV	195	33	X ²	259	17	17
004	05	5	068	05	05	132	25	CLR	196	75	-	260	69	DP
005	82	HIR	069	25	CLR	133	08	8	197	43	RCL	261	00	00
006	06	6	070	69	DP	134	69	DP	198	10	10	262	43	RCL
007	82	HIR	071	00	00	135	17	17	199	35	1/X	263	75	75
008	07	7	072	92	RTN	136	06	6	200	95	=	264	69	DP
009	82	HIR	073	76	LBL	137	00	0	201	42	STD	265	01	01
010	08	8	074	19	D'	138	42	STD	202	11	11	266	69	DP
011	71	SBR	075	69	DP	139	01	01	203	09	9	267	05	05
012	00	0	076	00	00	140	87	IFF	204	42	STD	268	43	RCL
013	67	67	077	73	RC*	141	01	1	205	00	00	269	69	69
014	98	ADV	078	01	01	142	01	1	206	98	ADV	270	42	STD
015	91	R/S	079	69	DP	143	51	51	207	19	D'	271	11	11
016	76	LBL	080	01	01	144	03	3	208	43	RCL	272	43	RCL
017	15	E	081	71	SBR	145	44	SUM	209	06	06	273	70	70
018	98	ADV	082	00	0	146	01	01	210	75	-	274	42	STD
019	42	STD	083	67	67	147	05	5	211	02	2	275	12	12
020	03	03	084	73	RC*	148	61	GTD	212	00	0	276	43	RCL
021	19	D'	085	01	01	149	01	1	213	22	INV	277	66	66
022	25	CLR	086	22	INV	150	53	53	214	44	SUM	278	42	STD
023	91	R/S	087	59	INT	151	18	C'	215	12	12	279	13	13
024	17	B'	088	52	EE	152	03	3	216	54	)	280	43	RCL
025	72	ST*	089	06	6	153	42	STD	217	42	STD	281	67	67
026	03	03	090	22	INV	154	02	02	218	04	04	282	42	STD
027	69	DP	091	52	EE	155	18	C'	219	65	*	283	14	14
028	23	23	092	69	DP	156	06	6	220	16	A'	284	43	RCL
029	97	DS2	093	04	04	157	15	E	221	85	+	285	71	71
030	02	2	094	92	RTN	158	22	INV	222	01	1	286	42	STD
031	00	0	095	76	LBL	159	87	IFF	223	54	)	287	15	15
032	21	21	096	10	E'	160	01	1	224	55	+	288	43	RCL
033	92	RTN	097	01	1	161	01	1	225	16	A'	289	68	68
034	76	LBL	098	85	+	162	80	80	226	85	+	290	42	STD
035	16	A'	099	43	RCL	163	19	D'	227	43	RCL	291	16	16
036	73	RC*	100	05	05	164	43	RCL	228	04	04	292	07	7
037	00	00	101	65	*	165	76	76	229	33	X ²	293	42	STD
038	69	DP	102	53	(	166	52	EE	230	54	)	294	00	00
039	20	20	103	16	A'	167	17	B'	231	65	*	295	01	1
040	92	RTN	104	75	-	168	19	D'	232	43	RCL	296	01	1
041	76	LBL	105	02	2	169	43	RCL	233	08	08	297	42	STD
042	17	B'	106	00	0	170	77	77	234	55	+	298	01	01
043	69	DP	107	54	)	171	52	EE	235	43	RCL	299	05	5
044	06	06	108	42	STD	172	17	B'	236	07	07	300	42	STD
045	69	DP	109	04	04	173	07	7	237	85	+	301	02	02
046	21	21	110	85	+	174	06	6	238	16	A'	302	15	E
047	92	RTN	111	43	RCL	175	42	STD	239	95	=	303	98	ADV
048	76	LBL	112	06	06	176	00	00	240	34	FX	304	19	D'
049	18	C'	113	65	*	177	61	GTD	241	75	-	305	10	E'
050	03	3	114	43	RCL	178	02	2	242	16	A'	306	32	X:Y
051	42	STD	115	04	04	179	06	06	243	95	=	307	69	DP
052	59	59	116	33	X ²	180	29	CP	244	42	STD	308	20	20
053	69	DP	117	95	=	181	43	RCL	245	05	05	309	10	E'
054	00	00	118	92	RTN	182	09	09	246	58	FIX	310	65	*
055	22	INV	119	76	LBL	183	67	EQ	247	02	2	311	43	RCL
056	52	EE	120	11	A	184	67	EQ	248	17	B'	312	08	08
057	73	RC*	121	86	STF	185	55	+	249	22	INV	313	55	+
058	01	01	122	01	1	186	02	2	250	58	FIX	314	32	X:Y
059	84	DP*	123	61	GTD	187	55	+	251	18	C'	315	95	=
060	59	59	124	01	1	188	43	RCL	252	81	RST	316	42	STD
061	69	DP	125	31	31	189	10	10	253	76	LBL	317	10	10
062	21	21	126	76	LBL	190	67	EQ	254	13	C	318	17	B'
063	97	DS2	127	12	B	191	67	EQ	255	25	CLR	319	81	RST

Tabelle 2
 Inhalt und Belegung der
 Datenregister 60 ... 79

Code	Text	R. Nr.
2627413122.	KLUNG	60
3520432415.	R-WIC	61
2641332117.	KUPFE	62
3030413122.	MMUNG	63
1417363724.	BESTI	64
3717303340.	TEMP.	65
372664.	223515 TK=	GRC 66
352664.	322330 RK=	DHM 67
354364.	322330 RW=	DHM 68
130064.	632600 A =	/K 69
140064.	632670 B =	/K 70
374364.	223515 TW=	GRC 71
3624413656.	SIUS)	72
1600151727.	D CEL	73
55223513.	(GRA	74
1613371731.	DATEN	75
0.00393	α_{20}	76
0.0000006	β_{20}	77
9058958.333		78
3255.		79

Cu {

7 Zusammenfassung

Die Beispiele machen deutlich, daß bei gleichzeitiger Verringerung der Fehlergrenzen und Verbesserung der numerischen Sicherheit, ein programmierbarer „Taschenrechner“ vom Typ TI-59 einschließlich Drucker die Arbeiten ganz beträchtlich erleichtern kann.

Sind die Formeln, Gleichungen, Bedingungen etc. zur Lösung einer Aufgabe festgelegt, so können diese im „Lern“-Modus (LRN) direkt in den Programm- und Datenspeicher des TI-59 eingegeben und in der Betriebsart „Ablauf“ (RUN) sofort ver-

arbeitet werden. Die Programmspeicherstellen (PSS) können einzeln aufgerufen und die zugehörigen Befehle zur Kontrolle bzw. Änderung mit dem PC-100 C im Symboltext ausgedruckt werden. Bedingt durch die Benutzerfreundlichkeit des TI-59 (AOS-Eingabelogik usw.) ist ein „Programm“ deshalb meist nicht mehr als die Folge der Tastenbefehle, die man bei der manuellen Lösung eines Problems vom Tastenfeld aus hätte eingeben müssen. Bei einfachen Rechenvorgängen und ein wenig Übung kann man davon ausgehen, daß ein „Programm“ sich schon lohnt, wenn derselbe Algorithmus etwa 3 bis 5 mal benötigt wird.



Mathematicals in Hülle und Fülle

Martin Gardner

Mathematisches Labyrinth

Neue Probleme für die Knobelgemeinschaft

(Martin Gardner's Sixth Book of Mathematical Games from „Scientific American“, dt.) (Aus dem Engl. übers. von R. Heersing und B. Kunisch). 1979. VI, 255 S. mit 190 Abb. Kart. 29,80 DM.

Inhalt: 50 mathematische Probleme von „Vier ungewöhnlichen Spielen“ bis zu „Mathematischen Zaubertricks“.

Der neue „Gardner“ bringt wieder viele interessante Denkaufgaben. Sie sind spannend geschrieben und regen zum Nachdenken an. Ein Teil der Probleme sind Spiele und Spielereien. Hinter allen Rätseln und Problemen steht das Bemühen, den Leser in verschiedene Gebiete der Mathematik und Logik einzuführen, die keineswegs trivial sind.

Martin Gardner

Logik unterm Galgen

Ein Mathematical in 20 Problemen. VIII, 227 S. mit 125 Abb. Kart. 24,80 DM.

Mathematische Knocheien

VIII, 204 S. mit 128 Abb. Gbd. 27,80 DM.

Mathematische Rätsel und Probleme

VII, 158 S. mit 89 Abb. Pb. 19,80 DM.

C. Stanley Ogilvy

Mathematische Leckerbissen

Über 150 noch ungelöste Probleme. 110 S. mit 39 Abb. Pb. 16,80 DM.

Unterhaltsame Geometrie

2., durchgesehene Auflage. 1979. 110 S. mit 132 Abb. Kart. 17,80 DM

M. Odier und Y. Roussel

Trioker — mathematisch gespielt

Logik und Fantasie mit Dreiecken. (Surprenants Triangles No. 1, dt.) (Aus dem Franz. übers. von Barbara Friedl). 1979. 204 S. mit über 400 Abb. Kart. 24,80 DM.

Idee und Logik eines geometrischen Spiels mit 24 Dreiecksteinen werden hier vorgestellt.

Die Scheinwelt des Paradoxons

Eine kommentierte Anthologie in Wort und Bild. 1978. VII, 120 S. mit 26 Abb. Gbd. 19,80 DM.

Dieses Buch lehrt nichts, führt zu nichts, klärt nichts, beabsichtigt nichts und ist deshalb eines der wenigen wichtigen Bücher.

Fragen Sie Ihren Buchhändler nach diesen Büchern oder benutzen Sie die am Schluß eingelebte Bestellkarte.