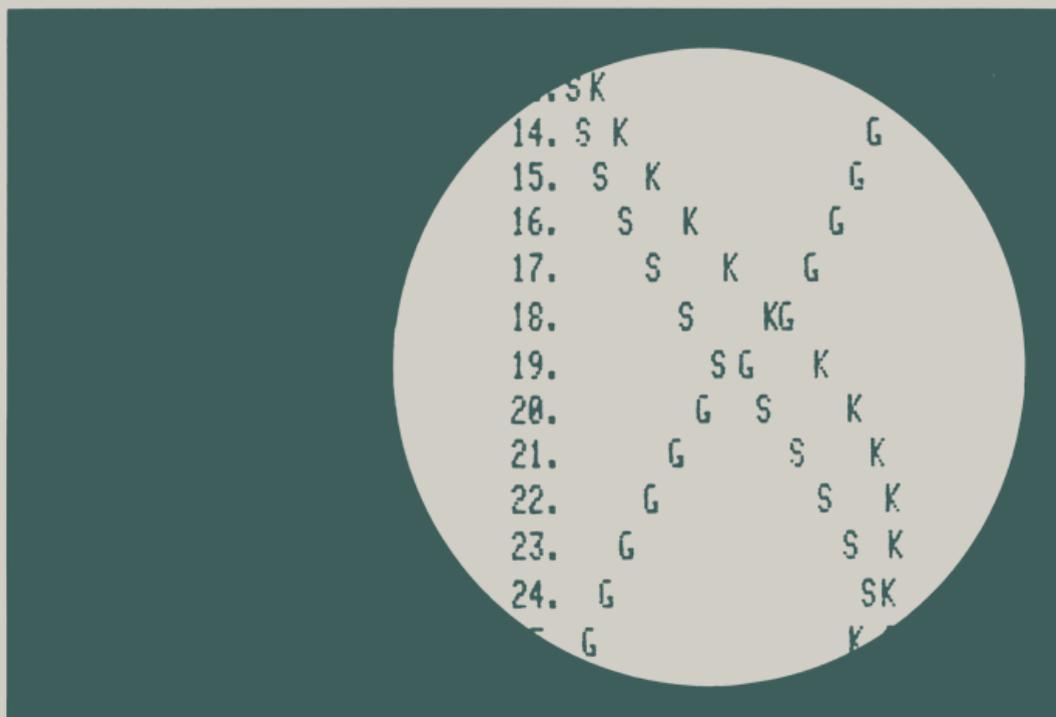


# Vieweg Programmbibliothek Taschenrechner 10

## Allgemeine Anwendungen (TI-59, HP-41C, FX-602 P)

Zeichnen - Sortieren - Rechnen  
Elektrotechnik  
Chemie  
Bauwesen  
Kleinkredite





Vieweg Programmbibliothek  
Taschenrechner 10

**Allgemeine Anwendungen**  
**(TI-59, HP-41C, FX-602 P)**

# Vieweg Programmbibliothek Taschenrechner

Herausgegeben von Helmut Alt/Harald Schumny

Band 1

Programmierung mathematischer Algorithmen

Band 2

Taschenrechnerarithmetik  
mit erhöhter Genauigkeit (TI-59/HP-41 C/CV)

Band 3

Spezielle mathematische  
Algorithmen (HP-41 C/TI-58/59)

Band 4

Schreiben, Zeichnen, Tabellieren (TI-59/HP-41 C)

Band 5

Spiele (TI-59, HP-41 C)

Band 6

Geodätische Programme (HP-11 C)

Band 7

Kryptologie (HP-41 C/CV)

Band 8

Maschinenbau (TI-58/59, HP-41 C, FX-502/602 P)

Band 9

Statik und Festigkeitsberechnungen (TI-58/59)

Band 10

Allgemeine Anwendungen (TI-59, HP-41C, FX-602 P)

**Vieweg Programmbibliothek  
Taschenrechner Band 10**

Helmut Alt/Harald Schumny (Hrsg.)

# **Allgemeine Anwendungen (TI-59, HP-41 C, FX-602 P)**

Zeichnen – Sortieren – Rechnen  
Elektrotechnik  
Chemie  
Bauwesen  
Kleinkredite

Mit 14 Programmen



Friedr. Vieweg & Sohn    Braunschweig / Wiesbaden

## Die Autoren des Bandes

Dipl.-Phys. *Norbert Hoffmann*  
Föhrenwald 464  
A-6100 Seefeld

*Heinrich Hoffmeier*  
Marienburger Straße 6  
4040 Neuss 1  
Bankkaufmann bei der Industrie-  
kreditbank AG – Deutsche Industrie-  
bank, Düsseldorf

*Bernd Köhler*  
Hammersteinstr. 21/V  
5800 Hagen 1  
Student Elektrotechnik

Ing.-grad. *Hans Krissler*  
Brunnenwiesenweg 44  
7061 Lichtenwald  
Konstrukteur

*Werner Leidel*  
Starenweg 9  
5063 Overath  
Marktforscher

Dipl.-Ing. *Heinz Mensing*  
Charlottenstraße 79  
3000 Hannover 91

*Ingo Sander*  
Wilsonstraße 18  
2000 Hamburg 70  
Student Chemiewesen

*Martin Steffke*  
Werner-Heisenberg-Weg 39–2C  
8014 Neubiberg

Das im Buch enthaltene Programm-Material ist mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgend-einer Art verbunden. Der Autor übernimmt infolgedessen keine Verantwortung und wird keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeiner Art aus der Benutzung dieses Programm-Materials oder Teilen davon entsteht.

1984

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1984

Die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder, auch für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurden. Im Einzelfall muß über die Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums entschieden werden. Das gilt für die Vervielfältigung durch alle Ver-fahren einschließlich Speicherung und jede Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platten und andere Medien. Dieser Vermerk umfaßt nicht die in den §§ 53 und 54 URG aus-drücklich erwähnten Ausnahmen.

ISBN 978-3-528-04311-7

ISBN 978-3-322-91751-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-91751-5

# Inhaltsverzeichnis

Einführung	1
<i>Bernd Köhler</i>	
Druckercode und HIR-Register (TI-59)	2
<i>Hans Krissler</i>	
Sortierprogramm EINGABE/ORDNUNG (HP-41C)	13
Primfaktorenzerlegung (HP-41C)	17
Biorhythmus (HP-41C)	20
<i>Werner Leidel</i>	
Listenmäßiges Sortieren, Prozentuieren und Umrechnen (TI-59)	24
<i>Norbert Hoffmann</i>	
Trafoberechnung (TI-59)	34
<i>Martin Steffke</i>	
Wobbelgenerator (Casio FX-602P)	49
<i>Ingo Sander</i>	
Berechnung von Zustandsgrößen eines idealen Gases (TI-58/59)	61
Berechnung der Zustandsvariablen bei polytroper oder adiabater Zustandsveränderung (TI-58/59)	68
Berechnung der Enthalpie, der Entropie und der freien Enthalpie chemischer Reaktionen in Abhängigkeit von der Temperatur (TI-58/59)	73
Berechnung der spezifischen Enthalpieänderung von Gasen (TI-58/59)	82
<i>Heinz Mensing</i>	
Durchlaufträger über zehn Felder unter beliebiger Belastung (TI-59)	87
<i>Heinrich Hoffmeier</i>	
Konsumenten-Ratenkredite (Kleinkredite) (TI-59 u. HP-41C)	94



# Einführung

Im Band 10 der Vieweg Programmbibliothek Taschenrechner wird nochmals die allgemeine Anwendung aus verschiedenen Bereichen aufgegriffen und programmtechnisch auf die Rechner TI-59, HP-41C und FX-602P realisiert. Damit soll gleichzeitig eine Beendigung der Beiträge für den weit verbreiteten Rechner TI-59 signalisiert werden, die stets in großer Zahl den Herausgebern zur Veröffentlichung vorgelegt werden. Hierdurch wird dem Trend zur Anwendung von Rechnern mit erweiterten Möglichkeiten der Programmierung und Textverarbeitung Rechnung getragen. Andererseits ist jedoch auch eine Sättigung der den Herausgebern vorliegenden Beiträge hinsichtlich der Behandlung allgemeiner Anwendungen zu verzeichnen.

Die inhaltliche Spannweite dieses Bandes reicht von Organisationsprogrammen für verschiedene Sortierprobleme über beispielhafte elektrotechnische und chemische Aufgabenstellungen bis hin zu statistischen Berechnungen aus dem Bereich des Bauingenieurwesens. Er endet mit einem finanzmathematischen Beitrag über die Effektivzinsberechnung für Kleinkredite. Hierbei ist die programmtechnische Realisierung für die beiden Rechnertypen TI-59 und HP-41C zum Vergleich angeboten.

Möge auch dieser Band wieder möglichst vielen Benutzern der angesprochenen programmierbaren Rechner hilfreiche Anregungen für eigene Programmlösungen bieten und die hierzu nützlichen Kontakte mit den einzelnen Autoren ermöglichen.

Die Herausgeber

# Druckerkode und HIR-Register

von Bernd Köhler

Mit den Werten der Macdonaldschen Funktionen  $K_0(x)$  und  $K_1(x)$  (modifizierte Besselsche Funktionen zweiter Gattung) sollten gleichzeitig die Bezeichnungen KO (Kode 2601) und K1 (Kode 2602) ausgedruckt werden. Der Kode 2601 sollte mit OP 04 ins Druckregister gebracht, der Kode 2602 durch Addition von 1 mittels HIR 38 erzeugt werden. Das klappte so aber nicht!

Der folgende Artikel stellt im ersten Abschnitt beispielhaft alle für die Anwendung interessanten Tatsachen zum Problembereich Druckerkode und HIR-Register<sup>1)</sup> zusammen. Im zweiten Abschnitt wird dann, ebenfalls beispielhaft anhand der obigen Aufgabenstellung, der hardwaremäßige Hintergrund etwas beleuchtet. Meist wird mit den Befehlen OP 04, OP 05 sowie HIR 08, HIR 18 und HIR 38 gearbeitet. Die Ausführungen gelten aber sinngemäß auch für die Befehle OP 01 - OP 03; OP 06; HIR 05 - HIR 07, HIR 15 - HIR 17, HIR 35 - HIR 37. Für die HIR-Operationen empfiehlt sich ein Hilfsprogramm.

Wir speichern die 13stellige Zahl 330264(STO 00) .3133737(SUM 00) auf die gezeigte Art und Weise in R00 ab. Dann wird sie durch "OP 04" ins Druckregister gebracht. Mit "OP 05" erhält man den Ausdruck ' P 1 = '. Nun wird die gleiche Zahl mittels "HIR 08" ins Druckregister geladen. "OP 05" liefert jetzt den Ausdruck ' K W A T T ', und "OP 06" ' W A T T '. Ein Elektrotechniker, der die Leistung  $P_1$  mit 'WATT' oder 'KWATT' bezeichnen will, kommt also mit einem Register aus, obwohl 8(!) bzw. 7 Druckzeichen (entsprechend einem 16- bzw. 14stelligem Kode) gedruckt werden (T a b e l l e 1; 1.,1a)). Diesen

<sup>1)</sup> Die Bezeichnung "HIR" erfährt meistens zwei Interpretationen. Einmal von "hierarchy"(Rangfolge), einmal von "to hire"(mieten). Der Rechner benutzt diese Register jeweils für seine internen Belange, mietet sie sich also; z.B. für die algebraische Operations-Hierarchie, für die Klammeroperationen, für verschiedene Firmware-Routinen und eben auch als Druckkodespeicher (H5 - H8).

Tabelle 1: Beispiele zur Druckerkodeeingabe mittels HIR- und OP-Befehlen; überlappender Druckerkode

<p><b>1</b></p> <p>330264. + 0. 3133737 = 330264. 3134 330264. 3134</p> <p>STD 1</p> <p>330264. 3134 330264. 3134</p> <p>OP 4</p> <p>330264. 330264.</p> <p>OP 5 P1=</p> <p>330264. 330264.</p> <p>RCL 1</p> <p>330264. 3134 330264. 3134</p> <p>HIR 8</p> <p>330264. 3134 330264. 3134</p> <p>PRT R/S</p> <p>330264. 3134</p> <p>OP 5 KWATT</p>	<p>330264. 3134</p> <p>OP 5 KWATT</p> <p>330264. 330264.</p> <p>OP 6 WATT</p> <p>OP 3</p> <p>330264. 330264.</p> <p>OP 5 P1=KWATT</p> <p>330264.</p>		
	<p><b>2</b></p> <p>333344. STD 0</p> <p>333344. 0. 1133526 SUM 0</p> <p>0. 1133526 0. 1133526 RCL 0</p> <p>333344. 1134 333344. 1134</p> <p>OP 4</p> <p>333344. 333344.</p> <p>OP 5 PPX</p> <p>333344. 333344.</p> <p>RCL 0</p> <p>333344. 1134 333344. 1134</p> <p>HIR 8</p> <p>333344. 1134 333344. 1134</p> <p>PRT R/S IINT</p> <p>333344. 1134 0. 1133526 0. 1133526</p> <p>OP 5 DUARK</p>	<p>P1=</p> <p>12000. WATT</p>	
	<p><b>1a</b></p> <p>330264. + 0. 3133737 = 330264. 3134 330264. 3134</p> <p>STD 1</p> <p>330264. 3134 330264. 3134</p> <p>OP 4</p> <p>330264. 330264.</p> <p>OP 5 P1=</p> <p>330264. 330264.</p> <p>RCL 1</p> <p>330264. 3134 330264. 3134</p> <p>HIR 8</p> <p>330264. 3134 330264. 3134</p> <p>PRT R/S</p>		

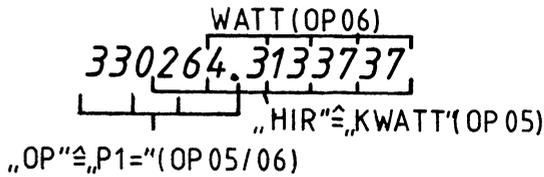
T a b e l l e 1 (Forts.) und T a b e l l e 2

3			333348.		
			333348.	DP	
				5	
				PPX	
	100648.	STD			
		2	333348.		
	100648.		333348.	RCL	
	0.6080507	SUM		0	
		2	333348.9631		
	0.6080507		333348.9631	HIR	
	0.6080507	RCL		8	
		2	333348.9631		
	100648.6081		333348.9631	PRT	
	100648.6081	DP		R/S	
		4	333348.9631	DP	
			6		
100648.		333348.9631	8/82		
100648.	DP				
	5				
	75X				
100648.					
100648.	RCL		PPX		
	2		8/82		
100648.6081					
100648.6081	HIR				
	8				
100648.6081					
100648.6081	PRT				
	R/S				
100648.6081	DP				
	5				
	=5746				
100648.					
100648.	DP				
	3				
100648.					
100648.	DP				
	5				
	75X=5746				
4					
0.9630903	X:T	.0000000026			
0.		.0000000026	PRT		
333348.	+	.0000000026	R/S		
333348.	X:T	100.	x		
0.9630903	=	.00000002601	=		
0.9630903		1. -12	HIR		
333348.9631			38		
333348.9631	STD	1. -12			
	0	1. -12	PRT		
333348.9631			R/S		
333348.9631	DP	1. -12	HIR		
	4		18		

T a b e l l e 2: Druckprotokolle zur  
Kodeeingabe, -positionierung und -ver  
änderung

1

2601.	DP	
	4	
2601.		
2601.	DP	
	5	
	KO	
2601.		
2601.	HIR	
	18	
.0000000026		
.0000000026	PRT	
.0000000026	R/S	
100.	x	
.00000002601	=	
1. -12	HIR	
1. -12	38	
1. -12	PRT	
1. -12	R/S	
1. -12	HIR	
	18	



**B i l d 1:** Kodezahleneingabe mit OP- und HIR-Befehlen; überlappender Druckkode

C		Einerstelle										
		b	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zehnerstelle	a											
	0	o leer	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
	1	7	8	9	A	B	C	D	E	7	8	
	2	-	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
	3	M	N	O	P	Q	R	S	T	M	N	
	4	.	U	V	W	X	Y	Z	+	x	*	
	5	x	*	√	π	e	( )	.	x	*		
	6	†	%	:	/	=	'	x	2	?		
	7	2	?	+			▲	Π	Σ	2	?	
	8	o leer	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
9	7	8	9	A	B	C	D	E	7	8		

a)

- 000 76 LBL
- 001 11 A
- 002 01 1
- 003 32 X/T
- 004 09 9
- 005 09 9
- 006 42 STO
- 007 00 00
- 008 43 RCL
- 009 00 00
- 010 69 DP
- 011 04 04
- 012 69 DP
- 013 06 06
- 014 69 DP
- 015 30 30
- 016 77 GE
- 017 00 00
- 018 08 08
- 019 91 R/S

b)

**B i l d 2:** 10 x 10 - Druckcode-matrix a) und Routine zum Ausdruck aller Codes b)

STACKREGISTER

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
a)			M	A	N	T	I	S	S	E				EXP.	K.	
b)		2,6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
c)	+	2,6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	3

**B i l d 3:** Aufbau und Belegung der Stackregister

Sachverhalt bezeichnet man auch als "überlappenden Druckcode" (Bild 1). Dieser Fall ist sicher sehr speziell, deckt aber deutlich die Möglichkeiten bei geschickter Bezeichnungsweise auf.

Allgemein gilt: Gibt man eine bis 13stellige Dezimalzahl mittels OP-Befehl in die Druckregister ein, wird zur Kodebildung nur ihr Integeranteil bis zu 10 Stellen (die OP-Funktion wirkt auch wie die Integerfunktion) verwendet. Ausgedruckt wird r e c h t s b ü n d i g. Lädt man die Zahl mittels HIR-Befehl ins Druckregister, werden i m m e r die ersten drei Stellen ignoriert, egal wo das Komma steht; es können also auch hier maximal 10 Stellen als Druckcode benutzt werden. Ausgedruckt wird l i n k s b ü n d i g. Schließlich kann man z.B. durch Laden mit "OP 03" und "HIR 08" und Ausdruck durch "OP 05" den Text auch in eine Zeile schreiben (T a b e l l e 1; 1., 1a), 3.). Bei der Eingabe mit HIR-Befehlen ist es also i m m e r notwendig, dem eigentlichen Kode eine 3stellige "Blindzahl" (wenn man nicht mit "OP" und/oder Überlappung drucken will) voranzustellen.

Beispiel: Das Zeichen 'KO' soll r e c h t s b ü n d i g ausgedruckt, sein Kode 2601 mittels "HIR 08" geladen werden. Die Befehlsfolge für die Eingabe kann dann z.B. so lauten:  $2,601 \times 1 \text{ EE } 7 \text{ +/- } + 100 = \text{HIR } 08 \text{ (T a b e l l e } 2; 2c)$ .<sup>2)</sup> Die Eingabe mittels HIR-Befehl hat neben den oben besprochenen noch weitere Vorteile:

- Der Ausdruck ist nicht gegen verschiedene Fixkommaeinstellungen anfällig, wie das bei der Eingabe mit OP-Befehlen geschieht (Verschiebung und/oder Verfälschung der Kodes und damit Druckzeichen, siehe T a b e l l e 3).
- Man kann die Registerinhalte durch arithmetische Operationen manipulieren und somit "variable Druckcodes" erzeugen.
- Bei linksbündigem Ausdruck kann die Anzahl der Befehle geringer sein als bei OP-Eingabe, weil man sich die "Nachnullen" erspart. Für das Auffinden überlappter Kodes gibt es leider keine universelle Anweisung (es könnte vielleicht als "Gesellschaftsspiel" ganz amüsant sein). Deshalb nur einige Stichworte:
- Bei ungerader Anzahl der Kodeziffern des "HIR-Kodes" muß seine Zehnerstelle mit der Einerstelle des "OP-Kodes" übereinstimmen;

---

<sup>2)</sup> Die gesamten Tabellen 1 und 2 konnten aus Platzgründen nicht vollständig abgedruckt werden, jedoch zeigen die Ausschnitte deutlich Motiv, Methodik und Ziel des Vorgehens.

Tabelle 2 (Forts. I)

<p><b>1</b></p> <p>2.602-09 2.602-09 PRT R/S</p> <p>2.602-09 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">DP 5</span> -</p> <p>0.00 0. 0. HIR 18</p> <p>.0000000026 .0000000026 PRT R/S</p> <p>.0000000026 100. x =</p> <p>.0000002602</p>	<p><b>2a</b></p> <p>2.601 x 1.-09 = 2.601-09 2.601-09 HIR 8</p> <p>2.601-09 2.601-09 PRT R/S</p> <p>2.601-09 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">DP 5</span> 7</p> <p>0.00 0.00 HIR 18</p> <p>2.601-09 2.601-09 PRT R/S</p> <p>.0000000026 1.-12 HIR 38</p> <p>1.-12 1.-12 PRT R/S</p> <p>1.-12 HIR 18</p> <p>2.602-09 2.602-09 PRT R/S</p> <p>2.602-09 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">DP 5</span> -</p> <p>0.00</p>	
<p><b>2</b></p> <p>2601. HIR 8</p> <p>2601. 2601. PRT R/S</p> <p>2601. <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">DP 5</span> 7</p> <p>2601. 2601. HIR 18</p> <p>2601. 2601. PRT R/S</p> <p>1. HIR 38</p> <p>1. 1. PRT R/S</p> <p>1. HIR 18</p> <p>2602. 2602. PRT R/S</p> <p>2602. <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">DP 5</span> -</p> <p>2602.</p>	<p><b>2b</b></p> <p>26.01 x 1.-08 + 1.02 = 1.02</p> <p>100.0000003 100.0000003 HIR 8</p> <p>100.0000003 100.0000003 PRT R/S</p> <p>100.0000003 IINT</p> <p>.0000002601 .0000002601 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">DP 5 KO</span></p>	

T a b e l l e 2 (Forts. II)

<p><b>2b</b></p> <p>0. HIR 18</p> <p>100.0000003 100.0000003</p> <p>1. -10 HIR 38</p> <p>1. -10 1. -10 PRT R/S</p> <p>.0000000001 .0000000001 HIR 18</p> <p>100.0000003 100.0000003 PRT R/S</p> <p>100.0000003 IINT .0000002602 .0000002602</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">             OP 5 K1         </div> <p>0.</p>	<p><b>2c</b></p> <p>2.601 × 1. -07 + 1. 02 = 1. 02 1. 02 HIR 8</p> <p>1. 02 PRT R/S</p> <p>100.0000003 100.0000003 IINT .0000002601 .0000002601</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">             OP 5 K0         </div> <p>0. 0. HIR 18</p> <p>100.0000003 100.0000003 PRT R/S</p> <p>1. -10 HIR 38</p> <p>1. -10 1. -10 PRT R/S</p> <p>1. -10 HIR 18</p> <p>1. 02 1. 02 PRT R/S</p> <p>100.0000003 100.0000003</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">             OP 5 K1         </div> <p>100.</p>
--	---

hierzu sehe man B i l d 1: 0 2 / 2 6, 6 4 / 4 3 . In diesem Beispiel liegt sogar doppelte Überlappung vor!

- Bei gerader Anzahl ist Überlappung nicht möglich. Da sie aber höchstens 10 betragen kann, lassen sich die drei freien Stellen mit "OP" ausnutzen.
- Es kann nützlich sein, statt der 8 x 8 - Druckkodematrix der Anleitung die vollständige 10 x 10 - Matrix (B i l d 2a) zu benutzen; die Routine 2b) druckt alle Symbole samt Kode aus.

T a b e l l e 3 : Druckkode und FIX-Befehl

13.	DP	13.0000		13.00000	
	4	13.	DP	13.	DP
13.		13.0000	4		4
13.	DP	13.		13.00000	
	5	13.	DP	13.	DP
	<u>A</u>		5		5
13.		13.0000	<u>A</u>		<u>OM</u>
13.	FIX	13.		13.000000	
	2	13.	FIX	13.	FIX
13.00		13.00000000	8		7
13.	DP	13.		13.0000000	
	5	13.	DP	13.	DP
	<u>A</u>	13.00000000	4		4
13.00		13.		13.0000000	
13.	DP		DP	13.	DP
	4		5		5
13.00		13.00000000	<u>A</u>		<u>OM</u>
13.	DP	13.		13.0000000	
	5	13.	FIX	13.	FIX
	<u>A</u>		3		9
13.00		13.000		13.	
13.	FIX	13.	DP	13.	DP
	4		4		4
		13.000		13.	
		13.	DP	13.	DP
			5		5
			<u>OM</u>		<u>A</u>
		13.000		13.	
		13.	FIX		
			5		

**Anmerkung:**

Ein Festkommaanzeigeformat beeinflusst die Positionierung der Codes (und damit der Zeichen) bei Op 1 - 4. Bei Fix n, n = 2,4,6,8 wird ein rechts stehendes Zeichen jeweils um eine Stelle nach links verschoben. Man erspart sich also ggf. die Eingabe von "Nachnullen". Ungerade n verfälschen den Kode. Das Komma wird also ignoriert und die ganze Ziffernfolge, auch die "Nachkommanullen", als Kode interpretiert.

Um bei der Manipulation der Druckregisterinhalte keine Fehler zu begehen eine kurze Wiederholung.<sup>3)</sup> Die TI-58/59 besitzen einen Hierarchy-Stack mit acht Registern. Jedes Register umfaßt acht Byte, d.h. 64 Bit. Da die Zahlen ziffernweise binär kodiert werden benötigt man für jede

<sup>3)</sup> Kenntnisse über HIR-Register und -Befehle werden vorausgesetzt. Ein zusammenfassender Bericht steht z.B. in CHIP-Special, Programme II, Vogel Verlag Würzburg, Heft 2/81, S. 26ff.

Ziffer vier Bit und kann somit 16 Ziffern (entsprechend 16 "Speicherzellen") abspeichern.

Eine Zahl wird immer im Exponentialformat gespeichert (Bild 3a): 13stellige normierte (Komma nach erster Ziffer) Mantisse, 2stelliger Exponent und eine Ziffer als Kode für die Vorzeichen von Mantisse und Exponent (Bild 3b). In der Folge werden die Vorzeichen aber direkt hingeschrieben (Bild 3c)!

Abgespeichert heißt in unserem Falle mittels "HIR O8" (Tabelle 2, 2.). "OP O5" liefert den Ausdruck ' 7 \_ \_ \_ ' ; 7 hat auch den Kode 10 (Bild 2) und dieser steht in den Zellen 11 und 12, 13 bis 15 werden ignoriert. Die Codes stehen in der Mantisse links, und es wird auch linksbündig ausgedruckt (Tabelle 4, a)).

Nun wird 2601 mit "OP O4" geladen, der Ausdruck liefert wie erwartet und gewohnt rechtsbündig ' \_ \_ \_ K O ' (Tabelle 2, 1.). Der Registeraufruf (Tabelle 4, b)) zeigt, daß 2,601 -09 = 0,000 000 002 601 abgespeichert wurde. Ignoriert man bei der Dezimalschreibweise die ersten drei Stellen, dann stehen die Ziffern 2601 rechts in der Mantisse und liefern den rechtsbündigen Ausdruck ' KO '.

Zuletzt wird noch 2,601 -09 mit "HIR O8" geladen (Tabelle 4, c)), ausgedruckt wird nun, etwas unerwartet, ' 7 \_ \_ \_ \_ ' (Tabelle 2, 2a)). Wir erhalten also das gleiche Ergebnis wie in Tabelle 4, a).

Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Bei der Verwendung des Stackregisters als Druckcodespeicher werden nur zehn Stellen der Mantisse, die Zellen O3 bis 12, verwendet, die ersten drei Stellen also, Zellen 13 bis 15, immer ignoriert.
2. Die Abspeicherung mittels HIR-Befehlen geschieht ohne Veränderung der Zahl. Bei der Abspeicherung mit OP-Befehlen tritt jedoch neben der Integerfunktion noch eine Formatierung der Zahl auf. Ist die Anzahl der Ziffern der Integerzahl  $Z = Z_0 Z_1 \dots Z_n$  gleich  $z$  und die umgeformte Zahl sei  $Z'$ , dann gilt bei OP Ok,  $k = 1, 2, 3, 4$  :

$$Z = Z_0 Z_1 \dots Z_n \xrightarrow{\text{"OP"}} Z' = Z_0 Z_1 Z_2 \dots Z_n \cdot 10^{z - 13}, n = z - 1,$$

3. Obwohl die Kodezahlen immer gleich in den Registern abgelegt werden, ergeben sich je nach Eingabeart verschiedene Druckzeichen und -positionen. Bei Eingabe mit HIR-Befehlen spielt nur der entsprechende 10stellige Anteil der Mantisse (Zellen 3 bis 12) eine Rolle (Tabelle 4, d)); die Größe der Zahl (Exponent) und die ersten drei

Ziffern in den Zellen 13 bis 15 spielen keine Rolle! Es wird also so gedruckt, wie es der tatsächlichen Abspeicherung im Register entspricht; d.h., man könnte den 10stelligen Anteil "aus der Mantisse nehmen" und so betrachten wie einen "normalen" Integerkode bei der Eingabe mit OP-Befehlen. Bei dieser nun wird die (Integer-) Kodezahl durch ein Statusflag formatiert(verkleinert). Ausdruck und Positionierung erfolgen so, wie es der Größe der ganzen Zahl in Dezimaldarstellung ohne Exponent entspräche, würde man sie in die "Mantisse" schreiben (siehe T a b. 2, 1. und T a b. 4, e)).

Die Ergebnisse der arithmetischen Operationen (insbes. Addition) sind nur kurz zusammengefaßt; sie sind den T a b e l l e n 2 und 4 zu entnehmen bzw. leicht zu reproduzieren. Zu beachten ist, daß die HIR-Arithmetik mit Zahlen vom Betrag kleiner Eins nur im Exponential-

T a b e l l e 4: Kodepositionierung und -veränderung durch verschiedene Eingabemethoden

	Befehl	Mantisse	Exp.	OP 05
a)	HIR 08	+ 2,6 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	+ 0 3	7....
	Abspeichern von 2601 mittels HIR 08, schreibweise mit Vorzeichen			
b)	OP 04	2,6 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 9	...KO
	Umwandlung der Kodezahl bei "OP"			
c)	HIR 08	2,6 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 9	7....
	Andere Kodeinterpretation bei Eingabe mit "HIR"			
d)	HIR 08	2,6 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	- 3 7	7....
	Die Größe der Zahl spielt bei "HIR" keine Rolle			
e)	OP 04	2,6 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 9	
		0,0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 6 0 1		...KO
	Interpretation des Codes bei OP-Eingabe			
f)	OP 04	2,6 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 9	...KO
		+ 1,0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	- 1 2	
		= 2,6 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 9	....
	Löschung des OP-Status-Flags bei arithmetischen Operationen, andere Kodeinterpretation			
g)	HIR 08	1,0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 6 0 1	0 2	...KO
		+ 1,0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	- 1 0	
		= 1,0 0 0 0 0 0 0 0 2 6 0 2	0 2	...K1
	Stellengerechte Addition zur Kodezahl			

format durchgeführt werden kann, weil sonst ebenfalls eine Umwandlung erfolgt!<sup>4)</sup>

4. Bei arithmetischen Operationen wird das OP-Status-Flag gelöscht, d.h. die neue Kodezahl wird so interpretiert, als wäre sie mit HIR-Befehl eingegeben worden! Will man bei OP-Eingabe den Kode verändern, muß man das im Anzeige- oder einem Datenregister tun.

5. Im anderen Fall der Eingabe gilt die "normale" HIR-Arithmetik. Allerdings muß man dabei die Größe der Zahl berücksichtigen, damit die Kodeziffern richtig in der "Mantisse" stehen. Hat man z.B. 2,601 -37 eingegeben ('7 \_ \_ \_ \_'), muß man 1 -40 addieren um 2,602 -37 ('- \_ \_ \_ \_') zu erhalten. Will man '\_ \_ \_ K 0' drucken gibt man wie in obigem Beispiel ein, d.h. die Ziffern müssen rechtsbündig stehen. Will man nun '\_ \_ \_ K 1' drucken muß man 1 -10 addieren! Will man den Druckcode durch arithmetische Operationen verändern, muß man also immer Stellung und Betrag der Kodeziffern in der 10steligen "Mantisse" beachten!

---

<sup>4)</sup> Nach der Funktion  $y = f(x) = 10^{(2 \cdot \text{Int}(1 - \log|x|) + \log|x|)} \cdot \text{Sig}(x)$   
(CHIP-Special 2/81, S.27)

# Sortierprogramm EINGABE/ORDNUNG

von Hans Krissler

## 1. Aufgabe

Eine beliebige Anzahl  $s$  (abhängig von verfügbaren Speicherplätzen) von Zahlen  $Z$  soll eingegeben und mit steigender Reihenfolge geordnet werden.

## 2. Lösungsweg

2.1 Das Teilprogramm EINGABE soll die Zahlen auf vorläufige Speicherplätze aufnehmen. Ein Zähler ( $s$ ) wird mit jeder Eingabe um eins weitergesetzt und die eingegebene Zahl  $Z$  (indirekt) dem Speicherplatz  $s$  zugewiesen.

2.2 Das Teilprogramm ORDNUNG benutzt zwei Zähler:  $s(x)$  und  $s(y)$ . In einer ersten Schleife wird die größte Zahl ermittelt, wobei  $s(y)$  bis Null dekrementiert wird. Dann wird der Zähler  $s(x)$  um eins dekrementiert und die zweitgrößte Zahl ermittelt usw.

## 3. Programmbeschreibung

Speicher 00 wird als Gesamtzähler benutzt. Die Zähler  $s(x)$  und  $s(y)$  werden in den Stack-Registern behalten, wo auch die Zahlenvergleiche stattfinden.

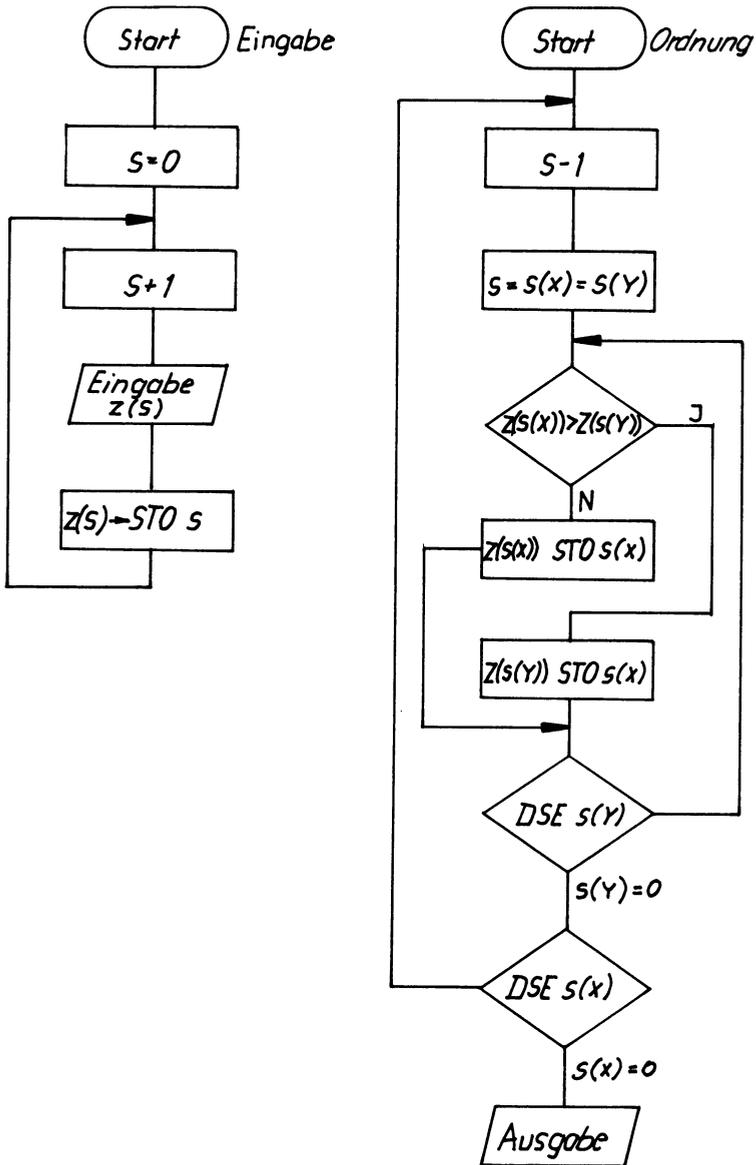
## 4. Programmliste

```

                PRP **
01*LBL "EINGABE"
FIX 0 CLST
04*LBL 00
CLA 1 + ARCL X
"FAHL:" PROMPT
STO IND Y RDN GTO 00
14*LBL "ORDNUNG"
1 - STO 00
18*LBL 01
ENTER↑ ENTER↑
RCL IND X
22*LBL 02
RCL IND Y X>Y? X<>Y
STO IND Z RDN DSE Y
GTO 02 X<> IND Z RCL Z
DSE X GTO 01 RCL 00
1 E-3 * 1 + FIX 4
PRREGX END
01*LBL "EINGABE"
02 FIX 0
03 CLST
04*LBL 00
05 CLA
06 1
07 +
08 ARCL X
09 "FAHL:"
10 PROMPT
11 STO IND Y
12 RDN
13 GTO 00
14*LBL "ORDNUNG"
15 1
16 -
17 STO 00
18*LBL 01
19 ENTER↑
20 ENTER↑
21 RCL IND X
22*LBL 02
23 RCL IND Y
24 X>Y?
25 X<>Y
26 STO IND Z
27 RDN
28 DSE Y
29 GTO 02
30 X<> IND Z
31 RCL Z
32 DSE X
33 GTO 01
34 RCL 00
35 1 E-3
36 *
37 1
38 +
39 FIX 4
40 PRREGX
41 END

```

5. Flußdiagramm



## 6. Beispiel

	XEQ "EINGABE"			XEQ "ORDNUNG"
1.ZAHL :		14.ZAHL :		
	4. RUN		12. RUN	R01= 1.0000
2.ZAHL :		15.ZAHL :		R02= 2.0000
	13. RUN		19. RUN	R03= 3.0000
3.ZAHL :		16.ZAHL :		R04= 4.0000
	21. RUN		20. RUN	R05= 5.0000
4.ZAHL :		17.ZAHL :		R06= 6.0000
	25. RUN		24. RUN	R07= 7.0000
5.ZAHL :		18.ZAHL :		R08= 8.0000
	22. RUN		10. RUN	R09= 9.0000
6.ZAHL :		19.ZAHL :		R10= 10.0000
	18. RUN		9. RUN	R11= 11.0000
7.ZAHL :		20.ZAHL :		R12= 12.0000
	11. RUN		6. RUN	R13= 13.0000
8.ZAHL :		21.ZAHL :		R14= 14.0000
	7. RUN		2. RUN	R15= 15.0000
9.ZAHL :		22.ZAHL :		R16= 16.0000
	3. RUN		15. RUN	R17= 17.0000
10.ZAHL :		23.ZAHL :		R18= 18.0000
	1. RUN		14. RUN	R19= 19.0000
11.ZAHL :		24.ZAHL :		R20= 20.0000
	8. RUN		17. RUN	R21= 21.0000
12.ZAHL :		25.ZAHL :		R22= 22.0000
	5. RUN		23. RUN	R23= 23.0000
13.ZAHL :		26.ZAHL :		R24= 24.0000
	16. RUN			R25= 25.0000

# Primfaktorenzerlegung

von Hans Krissler

Zerlegung einer Zahl  $Z$  (kleiner als  $2 \cdot 10^9$ ) in ihre Primfaktoren. Die Operationen werden mit den Stack-Registern des HP 41 ausgeführt. Zusätzlich zu der Folge für den Nenner  $N = 3 + 2 \cdot k$  werden die Vielfachen von 3 weggelassen, d.h. es wird die Folge für  $N$  2;3;5;7;11;13;17;19;23;25... Um dies zu ermöglichen, werden Merker (Flags) benutzt:

Merker	Erklärung
00	Anzeigesteuerung für "=" und "**"
01	Erkennung der letzten Zerlegung in einen Primfaktor (bzw. in Verbindung mit Merker 00 daß $Z$ eine Primzahl ist)
02	von Teiler $N=2$ auf $N=3$ setzen
03	von Teiler $N=2$ auf $N=4$ setzen

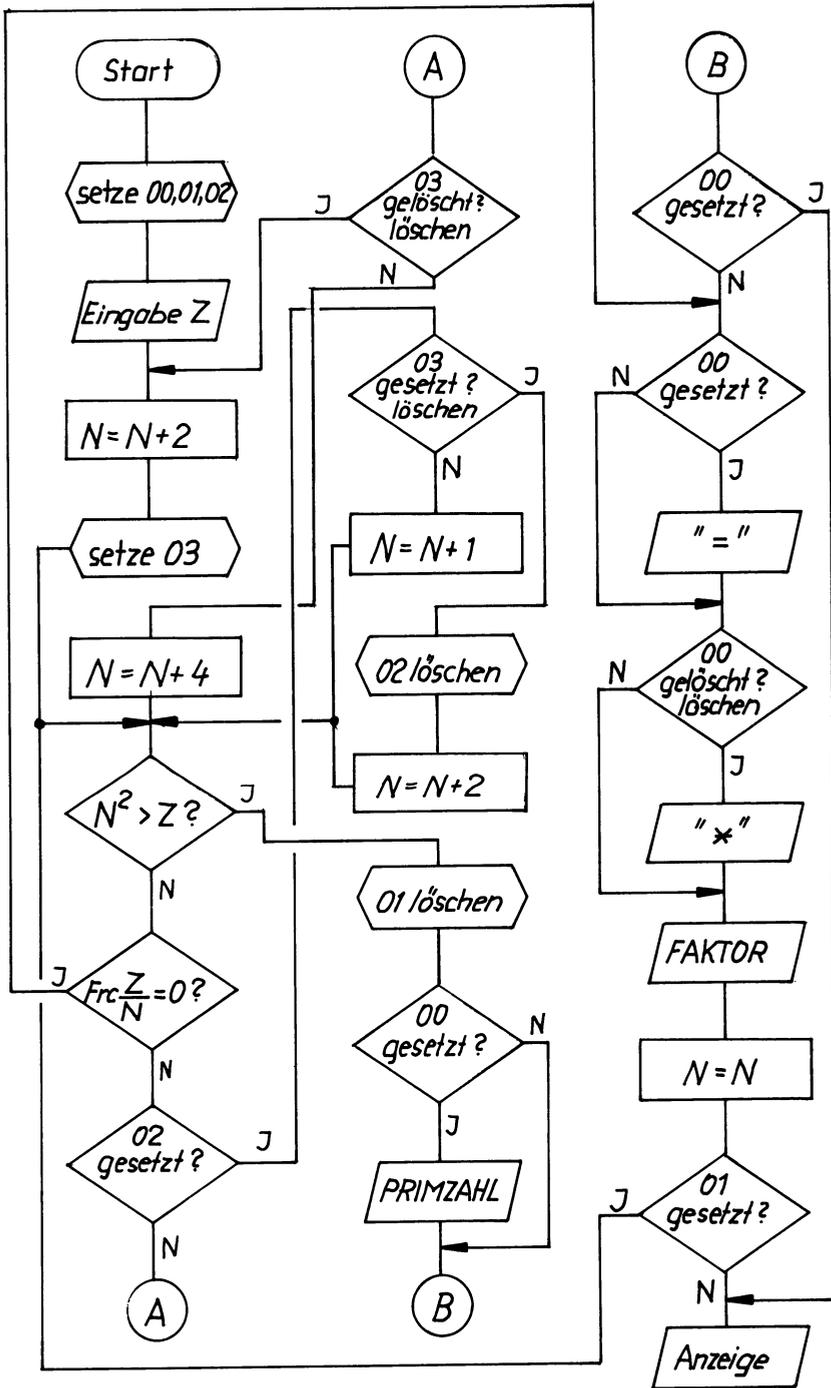
Die zu untersuchende Zahl  $Z$  wird der Reihe nach durch die Folge für  $N$  (siehe oben) dividiert und der gebrochene Teil des Ergebnisses auf Null abgefragt. Diese Routine bricht ab, wenn  $N^2$  größer als  $Z$  ist, dann ist die letzte Zerlegung getan bzw. es handelt sich bei  $Z$  um eine Primzahl.

Eine Verfeinerung nach [ 1 ], um die Folge für  $N$  weiter zu reduzieren, würde eine starke Vergrößerung des Programmes bedeuten! U.a. dadurch hält das Programm in der Ablaufdauer einem Vergleich mit [ 1 ] nicht stand: es wird für Zahlen ab  $10^6$  über die doppelte Zeit benötigt.

Rechnervoreinstellung: FIX 0; CF 29

Ablauf: Programmstart, nach Eingabeaufforderung Eintasten von  $Z$  und Fortsetzen mit R/S

[ 1 ] Primfaktorenzerlegung: Burkhard Schultheis ,  
VIEWEG Programmbibliothek Taschenrechner 3 ,  
Spezielle mathematische Algorithmen



```

01*LBL "PRIZA"      34 GTO 00
02 SF 00            35 GTO 07
03 SF 01            36*LBL 06
04 SF 02            37 1
05 CLST            38 FS?C 03
06 *EINGABE :      39 GTO 03
07 PROMPT          40 RDN
08 CLA             41 2
09 ARCL X          42 CF 02
10 ENTER↑          43 GTO 03
11*LBL 00          44*LBL 01
12 2               45 CF 01
13 SF 03           46 FS? 00
14 GTO 03          47 *- IST PRIMZAHL*
15*LBL 07          48 FS? 00
16 4               49 GTO 05
17*LBL 03          50*LBL 02
18 ST+ T           51 RDN
19 X<> T           52 RDN
20 STO T           53 LASTX
21 X↑2             54 ENTER↑
22 X↑Y?           55 FS? 00
23 GTO 01          56 *-="
24 X<> L           57*LBL 04
25 /               58 FC?C 00
26 FRC             59 *-*"
27 X=0?           60 ARCL Z
28 GTO 02          61 0
29 RDN             62 FS? 01
30 ENTER↑          63 GTO 03
31 FS? 02          64*LBL 05
32 GTO 06          65 AVIEW
33 FC?C 03         66 END

```

## Programmliste

```

01*LBL "PRIZA"
SF 00 SF 01 SF 02
CLST "EINGABE : "
PROMPT CLA ARCL X
ENTER↑

11*LBL 00
2 SF 03 GTO 03

15*LBL 07
4

17*LBL 03
ST+ T X<> T STO T X↑2
X↑Y? GTO 01 X<> L /
FRC X=0? GTO 02 RDN
ENTER↑ FS? 02 GTO 06
FC?C 03 GTO 00 GTO 07

36*LBL 06
1 FS?C 03 GTO 03 RDN
2 CF 02 GTO 03

44*LBL 01
CF 01 FS? 00
*- IST PRIMZAHL* FS? 00
GTO 05

50*LBL 02
RDN RDN LASTX ENTER↑
FS? 00 *-="

57*LBL 04
FC?C 00 *-*" ARCL Z 0
FS? 01 GTO 03

64*LBL 05
AVIEW END

```

## Beispiel

```

9=3*3
91=7*13
901=17*53
9001 IST PRIMZAHL
90001 IST PRIMZAHL
900001 IST PRIMZAHL
9000001=61*147541
90000001=7*13*989011
900000001=409*2200489

```

# Biorhythmus

von Hans Krissler

## 1. Aufgabe

Es soll der Biorhythmus berechnet und dargestellt werden.

## 2. Lösungsweg

2.1 Die Druckerzeile hat 24 Spalten. Für die Aufteilung des numerischen Ausdrucks kann einfach die Spaltenbreite mit 6 gewählt werden, was gleichzeitig dem Inhalt eines Alpha-Registers entspricht: Datumstag, Körperamplitude, Seelenamplitude und Geistamplitude.

2.2 Die graphische Darstellung soll die drei Sinuskurven aufzeigen. Dazu werden die Zeichen (Buchstaben) in der richtigen Reihenfolge in den Druckbuffer geladen.

## 3. Programmbeschreibung

Die Berechnungsroutine für die Amplitudenwerte ist bei beiden Programmen gleich. Im Gegensatz zu BIORHY1 muß jedoch BIORHY2 der Reihenfolge der drei Werte auf sämtliche Kombinationsmöglichkeiten Rechnung getragen werden. Die Zahlenwerte werden dazu verglichen und für deren Reihenfolge entsprechende Flags gesetzt. Werden gleiche Werte vorgefunden, so wird ein "X" ausgedruckt.

## 4. Rechnervoreinstellung

FIX 0; Flags 00, 01, 02 gelöscht

die Monatstage für den Ausdruck sind in Programmzeile 15 in der Form .OTT festzulegen.

## 5.1 Programmliste

```

01*LBL "BIORHY1"
" " ASTO 05
"DAT: TT.MMJJ" "FJJ"
PROMPT STO 01 XEQ 04
STO 00
"GBT: TT.MMJJ" "FJJ"
PROMPT XEQ 04 ST- 00
RCL 01 INT .031 +
STO 01 ADV SF 12
"BIORHYTHMUS" PRA ADV
CF 12 "TAG KOERP "
"↑SEELE GEIST" PRA ADV
CLA

31*LBL 06
2.005 ENTER↑ 23.03305

35*LBL 05
RCL 00 RCL Y INT /
FRC 360 * SIN 1 E2
* RND STO IND Z RDN
ISG Y ISG X GTO 05 4
STO L

54*LBL 01
55*LBL 02
56*LBL 03
ARCL IND L ARCL 05
ASTO X CLA DSE L
ENTER↑ GTO IND L

64*LBL 00
ARCL X ARCL Y ARCL Z
ARCL T PRA CLA 1
ST+ 00 ISG 01 GTO 06
STOP

76*LBL 04
INT ST- L 1 E2 ST* L
RDN RCL L INT ST- L
1 E4 ST* L RDN RCL L
X<>Y 1 + 1/X CHS
X<> L .7 ST- L RDN
RCL L INT ST+ Z STO L
RDN 12 ST* L X<> L -
30.6001 * INT X<>Y
365.25 * INT + +
RTN END

```

## 5.2 Programmliste

```

01*LBL "BIORHY2"
"DAT: TT.MM.JJ" "FJJ"
PROMPT STO 01 XEQ 04
STO 00
"GBT: TT.MM.JJ" "FJJ"
PROMPT XEQ 04 ST- 00
RCL 01 INT .031 +
STO 01 SF 12 ADV
"BIORHYTHMUS" PRA
CF 12 CLA ADV "TAG"
ACA -100 ACX 10
SKPCHR 100 ACX PRBUF
ADV

35*LBL 06
RCL 01 X<Y?
GTO 15 1 SKPCHR

42*LBL 15
RCL 01 ACX 2.005
ENTER↑ 23.03305

48*LBL 05
RCL 00 RCL Y INT /
FRC 360 * SIN 60 *
60 + RND STO IND Z
RDN ISG Y ISG X
GTO 05 RCL 04 RCL 03
RCL 02 X=Y? SF 00
X< Z X=Y? SF 01
RCL Z X=Y? SF 02 X>Y?
X<>Y RDN X>Y? X<>Y
R↑ X>Y? X<>Y RCL 02
X=Y? GTO 11 RDN
RCL 03 X=Y? GTO 21
RDN RCL 04 X=Y?
GTO 31

97*LBL 02
RDN STO T RDN RCL 02
X=Y? GTO 12 RDN
RCL 03 X=Y? GTO 22
RDN RCL 04 X=Y?
GTO 32

112*LBL 03
RDN STO Z RDN RCL 02
X=Y? GTO 13 RDN
RCL 03 X=Y? GTO 23
RDN RCL 04 X=Y?
GTO 33

127*LBL 11
RDN FS? 00 GTO 14
FS? 02 GTO 14 SKPCOL
XEQ 07 GTO 02

136*LBL 21
RDN FS? 01 GTO 14
SKPCOL XEQ 08 GTO 02

143*LBL 31
RDN SKPCOL XEQ 09
GTO 02

148*LBL 12
RDN ST- Z RCL Z CHS
FS? 00 GTO 24 FS? 02
GTO 24 SKPCOL RDN
XEQ 07 GTO 03

161*LBL 22
RDN ST- Z RCL Z CHS
FS? 01 GTO 24 SKPCOL
RDN XEQ 08 GTO 03

172*LBL 32
RDN ST- Z RCL Z CHS
SKPCOL RDN XEQ 09
GTO 03

181*LBL 13
RDN ST- Y RCL Y CHS
SKPCOL XEQ 07 GTO 01

189*LBL 23
RDN ST- Y RCL Y CHS
SKPCOL XEQ 08 GTO 01

197*LBL 33
RDN ST- Y RDN :S
SKPCOL XEQ 09

204*LBL 01
CF 00 CF 01 CF 02
PRBUF 1 ST+ 00 ISG 01
GTO 06

213*LBL 04
INT ST- L 1 E2 ST* L
RDN RCL L INT ST- L
1 E4 ST* L RDN RCL L
X<>Y 1 + 1/X CHS
X<> L .7 ST- L RDN
RCL L INT ST+ Z STO L
RDN 12 ST* L X<> L -
30.6001 * INT X<>Y
365.25 * INT + +
RTN

254*LBL 14
SKPCOL RDN XEQ 10 5
SKPCOL RDN FC?C 00
GTO 03 FC?C 01 GTO 03
FS?C 02 GTO 01 GTO 03

268*LBL 24
SKPCOL XEQ 10 GTO 01

272*LBL 07
127 ACCOL RDN 8
ACCOL RDN 20 ACCOL
RDN 34 ACCOL RDN 65
ACCOL RTN

288*LBL 09
62 ACCOL RDN 65
ACCOL ACCOL RDN 81
ACCOL RDN 112 ACCOL
RTN

302*LBL 08
38 ACCOL RDN 73
ACCOL ACCOL ACCOL RDN
50 ACCOL RTN

314*LBL 10
99 ACCOL RDN 20
ACCOL RDN 8 ACCOL
RDN 20 ACCOL RDN 99
ACCOL RTN END

```

## 6. Beispiel

XEQ "BIORHY1"  
 DAT: TT.MMJJJJ  
       01.081983 RUN  
 GBT: TT.MMJJJJ  
       14.011955 RUN

## BIORHYTHMUS

TAG	KOERP	SEELE	GEIST
1.	94.	78.	-37.
2.	82.	62.	-19.
3.	63.	43.	0.
4.	40.	22.	19.
5.	14.	0.	37.
6.	-14.	-22.	54.
7.	-40.	-43.	69.
8.	-63.	-62.	81.
9.	-82.	-78.	91.
10.	-94.	-90.	97.
11.	-100.	-97.	100.
12.	-98.	-100.	99.
13.	-89.	-97.	95.
14.	-73.	-90.	87.
15.	-52.	-78.	76.
16.	-27.	-62.	62.
17.	0.	-43.	46.
18.	27.	-22.	28.
19.	52.	0.	10.
20.	73.	22.	-10.
21.	89.	43.	-28.
22.	98.	62.	-46.
23.	100.	78.	-62.
24.	94.	90.	-76.
25.	82.	97.	-87.
26.	63.	100.	-95.
27.	40.	97.	-99.
28.	14.	90.	-100.
29.	-14.	78.	-97.
30.	-40.	62.	-91.
31.	-63.	43.	-81.

XEQ "BIORHY2"  
 DAT: TT.MMJJJJ  
       01.081983 RUN  
 GBT: TT.MMJJJJ  
       14.011955 RUN

## BIORHYTHMUS

TAG-100.	100.
1.	G S K
2.	G S K
3.	G S K
4.	GS K
5.	S K G
6.	SK G
7.	SK G
8.	KS G
9.	KS G
10.	KS G
11.	KS G
12.	SK G
13.	SK G
14.	S K G
15.	S K G
16.	S K G
17.	S K G
18.	S KG
19.	SG K
20.	G S K
21.	G S K
22.	G S K
23.	G S K
24.	G SK
25.	G K S
26.	G K S
27.	G K S
28.	G K S
29.	G K S
30.	G K S
31.	G K S

# Listenmäßiges Sortieren, Prozentuieren und Umrechnen

von Werner Leidel

## 1. AUFGABENBESCHREIBUNG

Das Programm löst die in der kaufmännischen Alltagspraxis häufig - und meistens in Massen - auftretenden Probleme einer möglichst rationellen und listenmäßig ausgegebenen

- Sortierung (Rangliste)
- Prozentuierung zur Gesamtsumme (einzeln und kumuliert)
- Umrechnung in/aus fremde(n) Währungen

für bis zu 90 Zahlen in einem Rechengang. Einleitung, Auslösung von Berechnungen und die Eingabe der zu bearbeitenden Zahlen erfolgen bedienerfreundlich und nach kurzer Einweisung auch für Hilfskräfte verständlich über Programm-adreßstasten.

Änderungen weniger Befehle ergeben praktische Varianten, die später noch beschrieben werden.

## 2. PROGRAMMABLAUF

### 2.1. Vorbereitungen

- Speicherbereichsverteilung: 10 2nd Op 17 = 159.99
- Programm einlesen oder eintasten. Auflistung siehe Punkt 5.2.
- ggf. Befehlskorrekturen für Varianten (Punkt 3)

### 2.2. Einleitung (PSS 000 - 009; Segment E)

- Umrechnungskurs in richtiger Dimension ( 1 Fremdwährungseinheit = x DM) oder entsprechend der ge-

wünschten Ausgabeform (z.B. Millionen statt tausend) über E eingeben.

- Gleichzeitig wird Laufspeicher 05 mit der Indexvariablen 5 aufgeladen; über dieses Register erfolgt indirekt und unter Mittäterschaft der Op 25 die fortlaufende Abspeicherung der eingegebenen Zahlen.
- Kurs wird zur Kontrolle ausgedruckt.

### 2.3. Eingabe der Ausgangswerte und Abspeicherung (PSS 010 - 019; Segment A)

Nach Eingabe erfolgt fortlaufende Abspeicherung gemäß Inhalt von 05, Summierung auf 99 und Ausdruck zur Kontrolle,

**A c h t u n g !**

Bei Varianten mit Sortierung letzte Eingabe bewußt " Null A". Grund: Sortierteilprogramm arbeitet mit Null als Sperrstelle, die Zyklus für Zyklus nach vorn verschoben wird und nach Schluß der Sortierung auf R 06 steht. <sup>1)</sup>

Bei Variationen ohne Sortierung erste Eingabe Null, da ansonsten bei der späteren Berechnung auch die Inhalte der Register 00 - 05 mit bearbeitet werden.

### 2.4. Berechnungen (PSS 020 - 152, Segment B)

#### 2.4.1. Sortierung (steigend, PSS 020 - 083)

Abgesehen von der Auslösung über Programmlabel und dem direkten Sprung zum nächsten Programmteil ist dieses Segment identisch mit dem bei Toelke beschriebenen Bild 1 - 9b. <sup>2)</sup> Ablaufplan und Systematik sind dort ebenfalls beschrieben. <sup>3)</sup>

---

Literatur: Toelke, ApT 11, <sup>1)</sup> Seite 19 und 23  
<sup>2)</sup> Seite 20  
<sup>3)</sup> Seite 22

- 2.4.2. Prozentuierung (einzeln und Kumuliert, fallend, PSS 084 - 124 einschl. Vorabaktionen, Segment C)  
Übernahme des Inhalts von R 05 in R 04 erhält diesen (= Adresse des höchsten belegten Sortierspeichers) für weitere Rechnungen bei Varianten ohne Prozentuierung (z.B. 3.2.3.)

Steuerung der Prozentuierung zur Basis R 99 dann indirekt gemäß Inhalt R 04 über DSZ-Schleife und Sprung zum nächsten Programmteil bei Inhalt von \*04 = 0.

Ausgedruckt werden

- Gesamtsumme Ausgangswerte
- Eingaben, fallend sortiert, jeweils mit
  - Einzel- und
  - Kumulativprozenten, jeweils mit 2 Dezimalstellen.
  - Null als Schlußzeichen.

- 2.4.3. Umrechnung der Ausgangswerte (fallend, PSS 125-152; Segment D)

Löschung des R 99, das anschließend zur Aufnahme bzw. Summierung der umgerechneten Werte dient, schafft für extrem seltene Bedarfsfälle einen zusätzlichen Sortierspeicher.

Steuerung der Rechnung indirekt über R 05 und DSZ-schleife.

Ausgedruckt werden paarweise

- Ausgangswerte ohne Veränderung Dezimalposition
- umgerechnete Werte mit 2 Dezimalstellen
- Null als Schlußsignal.

- 2.4.4. Abschlußoperationen, Vorbereitung neuer Rechnung

- Ausdruck Summe umgerechneter Werte
- Löschung aller Datenspeicher und des Anzeigeregisters
- erneuter Durchlauf des Einleitungsteils mit Null als ausgedrucktem Kurs

(PSS 153 - 159)

Für eine neue Berechnung genügt es, falls umgerechnet werden muß, den Kurs erneut über E einzugeben; wird ohne Umrechnung gearbeitet, kann man sofort die neuen Zahlen eingeben.

### 3. VARIATIONSMÖGLICHKEITEN

Mit der Überschreibung weniger Programmbefehle lassen sich die Möglichkeiten des Grundprogramms sinnvoll erweitern bzw. auf das erforderliche Maß reduzieren, indem nicht benötigte Teile übergangen werden.

Vor der Verwendung von "Insert" - und "Delete"- Befehlen wird angesichts vollständiger Ausnutzung der Speicherbereiche und der zahlreichen Sprungadressen bei Eigenexperimenten ausdrücklich gewarnt.

- 3.1. Fortlassen von Druckbefehlen (NOP-Überschreibung) auf
  - PSS 002 heißt: Kurs wird nicht ausgedruckt;
  - PSS 018 heißt: Ausgangswerte werden nicht ausgedruckt, viel Papier wird gespart.
- 3.2. Ausführung von Teilen oder Teilkombinationen
  - 3.2.1. Nur Sortierung und Umrechnung
    - Letzte Eingabe Null
    - PSS 092 - 094 mit GTO 1 27 überschreiben, damit Summe Ausgangswerte noch ausgedruckt wird
    - Berechnung über B auslösen.
  - 3.2.2. Nur Sortierung und Prozentuierung
    - Letzte Eingabe Null
    - Sprungadresse im x = t-Test auf PSS 101 - 103 von 127 in 157 ändern
    - Auslösung Berechnung B.
  - 3.2.3. Nur Prozentuierung und Umrechnung
    - Erste Eingabe Null
    - Berechnung über C auslösen.

## 3.2.4. Nur Prozentuierung

- Erste Eingabe Null
- Adressenänderung wie 3.2.2.
- Auslösung Berechnung über C.

## 3.2.5. Nur Umrechnung

- Erste Eingabe Null
- Überschreibung PSS 092 - 094 mit GTO 1 27  
"rettet" Summe Ausgangswerte
- Auslösung Berechnung über C

## 3.2.6. Nur Sortierung bei nicht verfügbarem Drucker

Adresse im x=t-Test auf PSS 044 - 046 von 085 (Beginn der Sortierung) in 009 oder 019 (Stop) ändern. Sortierte Zahlen stehen dann steigend ab R 07 und können über RCL-Befehle sichtbar gemacht werden.

## 3.2.7. Sortierung und automatische Auflistung

Programmüberschreibung ab PSS 092 (wenn Summe Ausgangswerte noch erwünscht) bzw. ab 086 (falls entbehrlich) nach folgendem Schema unter Ignorierung der verbleibenden Befehle:

<u>steigende</u>	<u>fallende</u>	Auflistung
7	RC*	
STO	05	
05	PRT	
RC*	EQ	
05	01	
PRT	57	
EQ	DSZ	
01	05	
57	00	
0P	92 (bzw. 86)	
25		
GTO		
00		
95 (bzw. 89)		

Die automatische Auflistung ist auf diesem Wege sinnvoller als über 7 INV LIST, da sie automatisch bei Inhalt Null stoppt.

3.3. Sortierung wie vor, jedoch Prozentuierung auf anderer Basis als der Summe der eingegebenen Werte (z.B. Mehrfachnennungen bei Befragungen)

Folgende Befehle ändern:

<u>PSS</u>	<u>NEUER Befehl</u>	<u>Bemerkungen</u>
002	NOP	
003	STO	Basis, diespäter ohnehin ausgedruckt wird
004	99	
016	NOP	Ausgangswerte werden nicht summiert und, falls nicht erwünscht, bei Eingabe
017	NOP	nicht ausgedruckt.
(018	NOP)	Umrechnungsteil entfällt
101	EQ	
102	01	
103	57	

- Basis vor Eingabe Ausgangswerte über E eingeben
- Berechnung über B auslösen und auf letzte Eingabe Null achten.

#### 4. BEISPIELRECHNUNG UND GESTOPPTE ZEITEN

##### 4.1. Praktisches Problem:

In einem Teilsektor des amerikanischen Marktes sind 9 Firmen mit einzelnen bekannten Umsätzen von (\$ mio)

275	625
419	119
88	527
315	396
12	

tätig; die übrigen Wettbewerber erreichen zusammen 76. Rangliste mit Einzel- und Kumulativanteilen am Markt und Gegenwerte in Mio DM beim Kurs von DM 2,25 für den US-\$ sind zu ermitteln.

4.1.1. Darstellung auf Druckerstreifen mit Anmerkungen

2.25 = Kurs

275. = Kontrollausdruck der  
 419. Eingaben einschließlich  
 88. der letzten Null  
 315.  
 12.  
 625.  
 119.  
 527.  
 396.  
 76.  
 0.

625. = \$-Wert (max.)  
 1406.25 = DM-Gegenwert

2852. 1)	275.	527.
	9.64	1185.75
625. 2)	89.66	
21.91 3)		419.
21.91 4)	119.	942.75
	4.17	
527.	93.83	396.
18.48		891.00
40.39	88.	
	3.09	315.
419.	96.91	708.75
14.69		
55.08	76.	275.
	2.66	618.75
396.	99.58	
13.88		119.
68.97	12.	267.75
	0.42	
315.	100.00	88.
11.04		198.00
80.01	0.5)	
		76.
		171.00

- 
- 1) Summe \$
  - 2) höchster \$-Wert
  - 3) % einzeln
  - 4) % kumuliert
  - 5) Ende der Prozentuierung
0. = Ende der Umrechnung
6417. = Summe DM-Werte
0. = Gerät für neue Rechnung bereit.

## 4.1.2. Gestoppte Zeit: 2' 05"

Für ein anderes Problem mit 30 Zahlen zwischen 164 und 31657 wurden 15' 09" gestppt. Alle Zeiten gelten von der Betätigung der B-Taste bis zu Beendigung des Ausdrucks.

Genaue Abhängigkeiten der Laufzeit von Anzahl und/oder Größe der zu sortierenden Zahlen (die meiste Zeit beansprucht das zyklisch arbeitende Sortiersegment) lassen sich nicht ermitteln; eine überproportionale Zunahme, zumindest eine nichtlineare, ist wahrscheinlich. Lt. Toelke scheint eher die zufällige Reihenfolge der eingegebenen Zahlen ausschlaggebend zu sein. <sup>4)</sup>

## 5. TECHNISCHE DATEN DES GRUNDPROGRAMMS

## 5.1. Grundinformationen

Speicherbereichsverteilung:	159.99
Programmschritte:	160, Karte Block 1
Laufregister:	5 (00-02, 04,05)
Festdatenspeicher:	1 (03)
Additionsspeicher:	2 (98 und 99)
T-Register?	ja, im Sortierteil unterschiedlich, später grundsätzlich Null.
Sortierspeicher:	max. 90
DSZ-Schleifen:	2 (außerhalb Sortierteil)
Adressierung bei Sprüngen:	absolut, trotzdem Kennzeichnung jedes Teils mit Label
Eingaben/Berechnungen:	Programmadrästasten
Flags:	keine
Unterprogramme:	keine
Drucker:	obligatorisch; PC 100 C
Software-Modul:	beliebig.

---

<sup>4)</sup> Toelke, a.a.O., Seite 23

## 5.2. Label und Funktionen

- E (PSS 001) = Einleitung und Kurseingabe  
 A (PSS 011) = Eingabe Ausgangswerte  
 B (PSS 021) = Auslösung Sortierung und Folgerechnungen  
 C (PSS 085) = Prozentuierungsteil  
 D (PSS 126) = Umrechnungsteil

5.3. Programmauflistung

000	76	LBL	040	01	01	080	00	00	120	98	ADV
001	15	E	041	32	X:Y	081	61	GTD	121	97	DSZ
002	99	PRT	042	43	RCL	082	00	00	122	04	04
003	42	STD	043	00	00	083	32	32	123	00	00
004	03	03	044	67	EQ	084	76	LBL	124	96	96
005	05	5	045	00	00	085	13	C	125	76	LBL
006	42	STD	046	86	86	086	29	CP	126	14	D
007	05	05	047	43	RCL	087	43	RCL	127	98	ADV
008	98	ADV	048	02	02	088	99	99	128	00	0
009	91	R/S	049	63	EX+	089	98	ADV	129	42	STD
010	76	LBL	050	00	00	090	99	PRT	130	99	99
011	11	A	051	69	DP	091	98	ADV	131	73	RC*
012	69	DP	052	30	30	092	43	RCL	132	05	05
013	25	25	053	72	ST*	093	05	05	133	22	INV
014	72	ST*	054	00	00	094	42	STD	134	58	FIX
015	05	05	055	61	GTD	095	04	04	135	99	PRT
016	44	SUM	056	00	00	096	73	RC*	136	67	EQ
017	99	99	057	25	25	097	04	04	137	01	01
018	99	PRT	058	32	X:Y	098	22	INV	138	53	53
019	91	R/S	059	43	RCL	099	58	FIX	139	65	x
020	76	LBL	060	02	02	100	99	PRT	140	43	RCL
021	12	B	061	32	X:Y	101	67	EQ	141	03	03
022	06	6	062	22	INV	102	01	01	142	95	=
023	42	STD	063	77	GE	103	27	27	143	58	FIX
024	01	01	064	00	00	104	55	÷	144	02	02
025	43	RCL	065	73	73	105	43	RCL	145	44	SUM
026	01	01	066	42	STD	106	99	99	146	99	99
027	42	STD	067	02	02	107	65	x	147	99	PRT
028	00	00	068	69	DP	108	01	1	148	98	ADV
029	25	CLR	069	20	20	109	00	0	149	97	DSZ
030	42	STD	070	61	GTD	110	00	0	150	05	05
031	02	02	071	00	00	111	95	=	151	01	01
032	73	RC*	072	32	32	112	58	FIX	152	31	31
033	00	00	073	69	DP	113	02	02	153	43	RCL
034	29	CP	074	30	30	114	99	PRT	154	99	99
035	22	INV	075	63	EX*	115	44	SUM	155	98	ADV
036	67	EQ	076	00	00	116	98	98	156	99	PRT
037	00	00	077	69	DP	117	43	RCL	157	47	CMS
038	58	58	078	20	20	118	98	98	158	25	CLR
039	43	RCL	079	63	EX*	119	99	PRT	159	81	RST

## 6. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Das Programm erleichtert die Lösung vieler an sich nicht schwieriger, durch ihr Auftreten in Massen jedoch wenig angenehmer und zeitraubender Probleme. Es hat sich bei der eigenen Tätigkeit (Marktforschung, besonders Auswertungen Ländermarktdaten und Tabellenbände von Instituten nach unterschiedlichsten Gesichtspunkten) nicht zuletzt wegen seiner Variabilität bewährt. Die für die genannten Varianten erforderlichen Befehlsänderungen sind weniger kompliziert als sie beim ersten Lesen erscheinen.

Der Nachteil der relativ langen Laufzeit bei größeren Zahlenmengen läßt sich durch eine ebenfalls ausgeprüfte FAST-Modusversion überkommen, die die in 4.1.2. genannten Zeiten auf 1'12" bzw. 8'11" verkürzt, allerdings auf Kosten des Eingabekomforts und -tempos und der Variabilität.

## 7. LITERATUR

Toelke, Arnim:

Programmorganisation und indirektes Programmieren für AOS-Rechner (Anwendung programmierbarer Taschenrechner, Band 11)

Braunschweig-Wiesbaden; Vieweg 1982

- besonders Abschnitt 1.1.1.3., Seite 16 - 24

# Trafoberechnung

von Norbert Hoffmann

Hinweis: Das Programm ist für den TI-59 geschrieben und benötigt den Drucker

## 1 ALLGEMEINES ZUR BERECHNUNG EINES TRAFOS

Ein Transformator (kurz Trafo genannt) dient zur Übertragung von Wechselstromleistung. Er besteht aus einem Eisenkern und im allgemeinen aus einer Primär- und ein oder mehreren Sekundärwicklungen. Durch Wahl des Verhältnisses der Windungszahlen von Primär- und Sekundärwicklung kann eine gegebene Primärspannung in eine beliebige Sekundärspannung umgesetzt werden.

Die Vorgangsweise bei der Auswahl bzw. Berechnung eines Trafos hängt natürlich vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Die folgenden Ausführungen sind daher als Vorschlag zu betrachten.

- a) Zunächst wird der Eisenkern festgelegt. In erster Linie ist hierfür die zu übertragende Scheinleistung maßgebend. Die erforderlichen Daten findet man in DIN 41 300 oder in Druckschriften von Herstellern (z.B. [1] , [2] ).
- b) Ist der Kern ausgewählt, muß als nächstes die magnetische Induktion bestimmt werden. Die in den DIN-Normen angegebenen Werte sind für maximale übertragbare Leistung ausgelegt. Im allgemeinen ist eine kleinere Induktion zu empfehlen.
- c) Bei gegebener Induktion können die Windungszahlen nach folgender Formel berechnet werden:

$$N = \frac{U \cdot 10^8}{4,44 \cdot f \cdot q_{Fe} \cdot B}$$

Dabei ist:	N	=	Windungszahl
	U	=	angelegte Spannung
	f	=	Frequenz in Hz
	$q_{Fe}$	=	Eisenquerschnitt in $cm^2$
	B	=	Induktion in G

In der Praxis ist es vorteilhaft, nur für eine Spannung die Windungszahl zu bestimmen (bei Netztrafos zweckmäßigerweise für die Netzspannung) und die anderen Windungszahlen proportional umzurechnen.

- d) Aus den Strömen und der maximalen Stromdichte werden die erforderlichen Drahtquerschnitte berechnet.
- e) Mit diesen Daten kann nun die "Bauvorschrift" des Trafos erstellt werden. Sie gibt an, wie der vorhandene Wickelraum belegt wird. Der Draht wird dabei in Lagen aufgebracht; die einzelnen Lagen können durch eine Lagenisolation voneinander getrennt werden.
- f) In manchen Fällen ist es nützlich, das Kupfergewicht, den ohmschen Widerstand und den Spannungsabfall jeder Wicklung zu kennen. Zu diesem Zweck sind in den Normen Windungslängen (innen, Mitte, außen) angegeben. Diese Werte können dazu dienen, die Bauvorschrift zu korrigieren.
- g) Wenn die Bauvorschrift fertiggestellt ist, sollten folgende Punkte kontrolliert werden:
  - Gesamte Wickelhöhe
  - Induktion
  - Leerlaufspannungen der einzelnen Wicklungen.

## 2 PROGRAMM ZUR BERECHNUNG

### 2.1 Daten

Die vom Programm benötigten Daten stehen in den Blöcken 3 und 4 des TI-59. Block 4 enthält für den betreffenden Kern typische Werte (Speicher 00-18) sowie verschiedene feste Zahlenwerte (22-29). Block 3 enthält die Arbeitsspeicher (30-44) sowie Texte zum Drucken (45-59). Die Speicher und ihre Bedeutung stehen in T a b e l l e 1.

Tabelle 1 Speicher und ihre Bedeutung (Berechnungsprogramm)

Block 4		Block 3	
kernspezifische Werte	00 Text für Kern	Arbeitsregister	30 Zunahme bei Flachdraht (mm)
	01 Text für Kern		31 Durchmesser blank (mm)
	02 Induktion (G)		32 V/Wdg. bzw. Wdg./V
	03 Eisengewicht (kg)		33 Drahtbreite bzw. Durchmesser (mm)
	04 Blechstärke (mm)		34 Drahthöhe (mm)
	05 Kupfergewicht (kg)		35 eff. Drahtbreite bzw. Durchm. (mm)
	06 Blechanzahl		36 eff. Drahthöhe (mm)
	07 Fe-Querschnitt (cm <sup>2</sup> )		37 Windungszahl pro Lage
	08 Wickelbreite (mm)		38 Lagenzahl aufgerundet
	09 Wickelhöhe (mm)		39 Lagenisolation (mm)
	10 Windungsl. innen (m)		40 Drahtquerschnitt (mm <sup>2</sup> )
	11 Windungsl.		41 Ind. Adr. f. Windungslänge
	12 Windungsl. Mitte		42 Windungszahl
	13 Windungsl.		43 Spannung
	14 Windungsl. außen		44 Strom
	15 Stromdichte (A/mm <sup>2</sup> )		
	16 Leistung (VA)		
	17 Wirkungsgrad		
18 Frequenz			
allgemeine Werte	19	Text	45 ZUN
	20		46 HOEH
	21		47 BREI
	22 1000		48 MD
	23 1.1		49 MQ
	24 spez. Widerst. Cu		50 ED
	25 a (Durchmesserber.)		51 1-5
	26 b (Durchmesserber.)		52 ZUN
	27 c (Durchmesserber.)		53 ISOL
	28 10 <sup>8</sup> /4,44		54 WZ
	29 spez. Gew. Cu		55 W/L
	56 FLA		
	57 RUND		
	58 FREQ		
	59 BLST		

## 2.2 Programm

Das Programm ist in T a b e l l e 2 aufgelistet.

Tabelle 2 Berechnungsprogramm

000	76	LBL	051	55	-	102	98	ADV	153	43	RCL
001	22	INV	052	43	RCL	103	22	INV	154	57	57
002	42	STO	053	18	18	104	58	FIX	155	69	OP
003	31	31	054	55	-	105	02	2	156	02	02
004	53	(	055	43	RCL	106	04	4	157	01	1
005	24	CE	056	07	07	107	71	SBR	158	05	5
006	85	+	057	22	INV	108	69	OP	159	69	OP
007	43	RCL	058	52	EE	109	43	RCL	160	03	03
008	25	25	059	92	RTN	110	44	44	161	43	RCL
009	65	x	060	76	LBL	111	91	R/S	162	56	56
010	53	(	061	14	D	112	42	STO	163	71	SBR
011	53	(	062	42	STO	113	44	44	164	69	OP
012	43	RCL	063	43	43	114	99	PRT	165	69	OP
013	31	31	064	43	RCL	115	43	RCL	166	00	00
014	85	+	065	02	02	116	49	49	167	00	0
015	43	RCL	066	91	R/S	117	69	OP	168	91	R/S
016	26	26	067	53	(	118	04	04	169	76	LBL
017	54	)	068	53	(	119	53	(	170	12	B
018	55	+	069	24	CE	120	43	RCL	171	01	1
019	43	RCL	070	55	+	121	44	44	172	06	6
020	27	27	071	43	RCL	122	55	+	173	71	SBR
021	54	)	072	43	43	123	43	RCL	174	91	R/S
022	23	LNx	073	54	)	124	15	15	175	71	SBR
023	54	)	074	35	1/X	125	54	)	176	23	LNx
024	92	RTN	075	65	x	126	58	FIX	177	42	STO
025	76	LBL	076	71	SBR	127	02	02	178	40	40
026	23	LNx	077	25	CLR	128	69	OP	179	43	RCL
027	53	(	078	54	)	129	06	06	180	50	50
028	24	CE	079	92	RTN	130	22	INV	181	69	OP
029	33	x <sup>2</sup>	080	76	LBL	131	58	FIX	182	04	04
030	65	x	081	15	E	132	32	x <sup>→T</sup>	183	43	RCL
031	89	π	082	53	(	133	43	RCL	184	33	33
032	55	÷	083	24	CE	134	48	48	185	71	SBR
033	04	4	084	55	÷	135	69	OP	186	22	INV
034	54	)	085	91	R/S	136	04	04	187	42	STO
035	92	RTN	086	54	)	137	32	x <sup>→T</sup>	188	35	35
036	76	LBL	087	42	STO	138	71	SBR	189	42	STO
037	24	CE	088	32	32	139	24	CE	190	36	36
038	53	(	089	76	LBL	140	58	FIX	191	58	FIX
039	24	CE	090	28	LOG	141	02	02	192	02	02
040	65	x	091	91	R/S	142	69	OP	193	69	OP
041	04	4	092	53	(	143	06	06	194	06	06
042	55	÷	093	24	CE	144	00	0	195	22	INV
043	89	π	094	65	x	145	22	INV	196	58	FIX
044	54	)	095	43	RCL	146	58	FIX	197	43	RCL
045	34	√x	096	32	32	147	69	OP	198	55	55
046	92	RTN	097	54	)	148	00	00	199	69	OP
047	76	LBL	098	61	GTO	149	01	1	200	04	04
048	25	CLR	099	28	LOG	150	04	4	201	53	(
049	43	RCL	100	76	LBL	151	69	OP	202	43	RCL
050	28	28	101	11	H	152	01	01	203	08	08

## Fortsetzung

204	55	÷	257	99	PRT	310	41	41	363	45	45
205	43	RCL	258	02	2	311	65	x	364	71	SBR
206	35	35	259	03	3	312	43	RCL	365	69	OP
207	75	-	260	69	OP	313	42	42	366	43	RCL
208	43	RCL	261	04	04	314	55	÷	367	30	30
209	23	23	262	53	(	315	43	RCL	368	91	R/S
210	54	)	263	43	RCL	316	22	22	369	42	STO
211	59	INT	264	38	38	317	54	)	370	30	30
212	42	STO	265	65	x	318	58	FIX	371	99	PRT
213	37	37	266	43	RCL	319	02	02	372	53	(
214	69	OP	267	36	36	320	69	OP	373	24	CE
215	06	06	268	85	+	321	06	06	374	85	+
216	76	LBL	269	53	(	322	22	INV	375	43	RCL
217	18	C'	270	43	RCL	323	58	FIX	376	33	33
218	43	RCL	271	38	38	324	03	3	377	54	)
219	54	54	272	75	-	325	05	5	378	42	STO
220	71	SBR	273	01	1	326	69	OP	379	35	35
221	69	OP	274	54	)	327	04	04	380	53	(
222	43	RCL	275	65	x	328	71	SBR	381	43	RCL
223	42	42	276	43	RCL	329	44	SUM	382	30	30
224	91	R/S	277	39	39	330	69	OP	383	85	+
225	42	STO	278	54	)	331	06	06	384	43	RCL
226	42	42	279	58	FIX	332	04	4	385	34	34
227	99	PRT	280	02	02	333	01	1	386	54	)
228	02	2	281	69	OP	334	69	OP	387	42	STD
229	07	7	282	06	06	335	04	04	388	36	36
230	69	OP	283	43	RCL	336	53	(	389	53	(
231	04	04	284	51	51	337	43	RCL	390	43	RCL
232	53	(	285	71	SBR	338	44	44	391	33	33
233	53	(	286	69	OP	339	65	x	392	65	x
234	43	RCL	287	00	0	340	71	SBR	393	43	RCL
235	42	42	288	91	R/S	341	44	SUM	394	34	34
236	55	÷	289	99	PRT	342	54	)	395	54	)
237	43	RCL	290	32	X↔T	343	69	OP	396	42	STO
238	37	37	291	02	2	344	06	06	397	40	40
239	54	)	292	02	2	345	91	R/S	398	43	RCL
240	59	INT	293	69	OP	346	76	LBL	399	55	55
241	85	+	294	04	04	347	13	C	400	69	OP
242	01	1	295	53	(	348	43	RCL	401	04	04
243	54	)	296	32	X↔T	349	47	47	402	53	(
244	42	STO	297	85	+	350	71	SBR	403	43	RCL
245	38	38	298	09	9	351	91	R/S	404	08	08
246	69	OP	299	54	)	352	43	RCL	405	55	÷
247	06	06	300	42	STO	353	46	46	406	43	RCL
248	43	RCL	301	41	41	354	71	SBR	407	35	35
249	53	53	302	53	(	355	69	OP	408	75	-
250	71	SBR	303	43	RCL	356	43	RCL	409	43	RCL
251	69	OP	304	40	40	357	34	34	410	23	23
252	43	RCL	305	65	x	358	91	R/S	411	54	)
253	39	39	306	43	RCL	359	42	STO	412	59	INT
254	91	R/S	307	29	29	360	34	34	413	42	STO
255	42	STO	308	65	x	361	99	PRT	414	37	37
256	39	39	309	73	RC*	362	43	RCL	415	69	OP

## Fortsetzung

416	06	06	427	65	x	438	58	FIX	449	33	33
417	61	GTO	428	43	RCL	439	69	OP	450	91	R/S
418	18	C'	429	42	42	440	04	04	451	42	STO
419	76	LBL	430	55	÷	441	69	OP	452	33	33
420	44	SUM	431	43	RCL	442	05	05	453	99	PRT
421	53	(	432	40	40	443	92	RTN	454	92	RTN
422	43	RCL	433	54	)	444	76	LBL	455	00	0
423	24	24	434	92	RTN	445	91	R/S			
424	65	x	435	76	LBL	446	71	SBR			
425	73	RC*	436	69	OP	447	69	OP			
426	41	41	437	22	INV	448	43	RCL			

2.3 Programmbedienung

## 2.3.1 Speicherung des Programms auf Magnetkarten

Zweckmäßigerweise werden Programm und Daten auf Magnetkarten gespeichert. Dazu tippt man das Programm (Tabelle 2) in den Rechner ein. Die Datenregister 45-59 werden mit den Zahlen aus Tabelle 3 belegt, die übrigen Register von Block 3 sollten 0 enthalten. Der Block 4 muß für jeden Trafotyp eigens erstellt werden (s. Abschnitt 3).

Tabelle 3 Daten zur Berechnung für M74

30.	00	0.	20	0.	40
805.	01	0.	21	0.	41
13900.	02	1000.	22	0.	42
0.93	03	1.1	23	0.	43
0.5	04	0.01786	24	0.	44
0.277	05	0.0305	25	464131.	45
64.	06	0.298	26	23321723.	46
6.6	07	0.23	27	14351724.	47
44.6	08	22522522.52	28	3016.	48
11.6	09	8.93	29	3034.	49
0.124	10	0.	30	1716.	50
0.142	11	0.	31	22006.	51
0.16	12	0.	32	464131.	52
0.1785	13	0.	33	24363227.	53
0.197	14	0.	34	4346.	54
3.51	15	0.	35	436327.	55
62.	16	0.	36	212713.	56
0.74	17	0.	37	35413116.	57
50.	18	0.	38	21351734.	58
0.	19	0.	39	14273637.	59

### 2.3.2 Eingabe des Programms

Die kernunabhängigen Blöcke 1-3 sowie der kernspezifische Datenblock 4 werden in den Rechner eingelesen.

### 2.3.3 Bestimmung der Windungszahl aus der Induktion

Hier wird der Drucker nicht benötigt.

- a) Spannung eingeben, D drücken
- b) Induktion wird angezeigt. Falls gewünscht, andere Induktion eingeben (Berechnungen nur unter Verwendung von Klammern!), R/S drücken
- c) Windungszahl wird angezeigt

### 2.3.4 Bestimmung der Windungszahlen

Hier wird der Drucker ebenfalls nicht benötigt.

- a) Windungszahl eingeben, E drücken
- b) Spannung der betreffenden Wicklung eingeben, R/S drücken
- c) Gewünschte Spannung einer weiteren Wicklung eingeben, R/S drücken
- d) Windungszahl dieser Wicklung wird angezeigt
- e) Für weitere Wicklungen Prozedur ab c) wiederholen

### 2.3.5 Berechnung einer Wicklung

Die Vorgangsweise bei der Berechnung einer Wicklung ist in Tabelle 4 zusammengestellt.

Erläuterungen:

- a) Nach jeder Eingabe (Funktionstaste oder R/S) werden Werte gedruckt (falls erforderlich), anschließend fordert der Drucker zu einer weiteren Eingabe auf (vgl. Beispiel Tabelle 5).
- b) Nach jeder Zahleneingabe ist die Taste R/S zu drücken.

Tabelle 4 Berechnung einer Wicklung

Eingabe: A drücken Strom eingeben (A)	
Ausgabe: minimaler Drahtquerschnitt (mm <sup>2</sup> ) minimaler Drahtdurchmesser (mm)	
Eingabe: B drücken (Runddraht) Drahtdurchmesser (mm)	Eingabe: C drücken (Flachdraht) Drahtbreite (mm)
Ausgabe: eff. Durchmesser (mm)	Drahthöhe (mm) Zunahme (mm)
Ausgabe: Windungszahl pro Lage	
Eingabe: Windungszahl der Wicklung	
Ausgabe: Anzahl der Lagen	
Eingabe: Dicke der Lagenisolation (mm)	
Ausgabe: Höhe der Wicklung (mm)	
Eingabe: Lage der Wicklung (1, 2, 3, 4 oder 5)	
Ausgabe: Drahtgewicht (kg)	
Wicklungswiderstand (Ohm)	
Spannungsabfall (V)	

- c) Effektiver Durchmesser: Drahtdurchmesser einschließlich Isolierung (Cu-Lackdraht); Berechnung nach der Formel

$$D = d + a \ln((d+b)/c)$$

mit D = effektiver Durchmesser

d = Durchmesser ohne Isolierung

a,b,c siehe Tabelle 1 und Tabelle 3, Speicher 25, 26, 27

- d) Zunahme bei Flachdraht: die gesamte Dicke der Isolierung
- e) Lage der Wicklung: Eine ganze Zahl zwischen 1 und 5 ist einzugeben; 1 = innen, 3 = Mitte, 5 = außen

### 2.3.6 Kontrolle der Wickelhöhe

Zwischen den einzelnen Wicklungen eines Trafos sind im allgemeinen einige Lagen aus Isoliermaterial angebracht. Deren Höhe und die Höhe der einzelnen Wicklungen dürfen zusammengenommen die verfügbare Wickelhöhe nicht übersteigen.

Tabelle 5 Berechnungsbeispiel

			I			ISOL
	0.35				0.05	
	0.10		MQ		1.85	H
	0.36		MD			1-5
B RUND		C	FLA		4.	
			D		0.07	G
	0.4				.4157417712	R
	0.43		ED		.8314835424	U
	101.		W/L			
			WZ			
	1081.					I
	11.		L		25.	
			ISOL		7.12	MQ
	0.05				3.01	MD
	5.27		H	B RUND		C FLA
			1-5			BREI
	2.				4.	
	0.17		G			HOEH
	21.81652765		R		2.	
	7.635784678		U			ZUN
					0.1	
			I		9.	W/L
	2.					WZ
	0.57		MQ		5.	
	0.85		MD		1.	L
B RUND		C	FLA			ISOL
			D		0.15	
	0.85				2.10	H
	0.90		ED			1-5
	48.		W/L		5.	
			WZ		0.07	G
	74.				.0021990125	R
	2.		L		.0549753125	U

### 2.3.7 Kontrolle der Induktion

- Spannung eingeben, D drücken
- Windungszahl eingeben, R/S drücken
- Induktion wird angezeigt

### 2.3.8 Kontrolle der Leerlaufspannungen

- Spannung eingeben, E drücken
- Windungszahl der betreffenden Wicklung eingeben, R/S drücken
- Windungszahl einer weiteren Wicklung eingeben, R/S drücken
- Spannung dieser Wicklung wird angezeigt
- Für weitere Wicklungen Prozedur ab c) wiederholen

2.4 Beispiel

Als Beispiel soll folgender Trafo berechnet werden:

Primär:                    220 V, 50 Hz  
 Sekundär:                15 V, 2 A  
                               1 V, 25 A

Dies ergibt eine Gesamtleistung von 55 VA. Gewählt wird der Kern M74 mit 0,5 mm Blechstärke; dessen Leistung ist mit 62 VA angegeben ( [1] ). Der Primärstrom kann aus der Sekundärleistung und dem Scheinwirkungsgrad (0,74) abgeschätzt werden; als Rechenwert dient im folgenden 0,35 A.

Aus der Spannung 220 V und der Induktion 13.900 G ergeben sich 1.080,2 Windungen (Abschnitt 2.3.3), gewählt werden 1.081 Windungen. Nach Abschnitt 2.3.4 erhält man daraus 73,7 (Wahl: 74) Windungen für 15 V und 4,9 (Wahl: 5) Windungen für 1 V.

Die Berechnung der einzelnen Wicklungen ist aus T a b e l l e 5 ersichtlich, das Ergebnis ist in T a b e l l e 6 zusammengefaßt.

**Tabelle 6 Beispiel einer Bauvorschrift**

Wicklung	Windungsz.	Draht	Lagenz.	Isolierung	Höhe
220 V	1081	0,40	11	0,05	5,27
Zwischenlage			2	0,05	0,10
15 V	74	0,85	2	0,05	1,85
Zwischenlage			2	0,15	0,30
1 V	5	4X2(0,1)	1	(0,15)	2,10
					9,62
				verfügbar:	11,60

Kontrolle: 220 V  
                   15,06 V  
                   1,02 V  
 Induktion: 13890 G

Tabelle 7 Hilfsprogramm zur Erstellung der Trafodaten

000	76	LBL	053	43	RCL	106	32	X↔T	159	42	STO
001	11	A	054	58	58	107	69	OP	160	11	11
002	98	ADV	055	85	+	108	00	00	161	53	(
003	22	INV	056	01	1	109	43	RCL	162	53	(
004	58	FIX	057	54	)	110	40	40	163	43	RCL
005	22	INV	058	42	STO	111	69	OP	164	12	12
006	52	EE	059	58	58	112	04	04	165	85	+
007	22	INV	060	22	INV	113	69	OP	166	43	RCL
008	57	ENG	061	67	EQ	114	05	05	167	14	14
009	43	RCL	062	24	CE	115	43	RCL	168	54	)
010	00	00	063	00	0	116	10	10	169	55	÷
011	69	OP	064	91	R/S	117	91	R/S	170	02	2
012	01	01	065	76	LBL	118	42	STO	171	54	)
013	43	RCL	066	12	B	119	10	10	172	42	STO
014	01	01	067	98	RDV	120	69	OP	173	13	13
015	69	OP	068	22	INV	121	06	06	174	43	RCL
016	02	02	069	58	FIX	122	43	RCL	175	41	41
017	00	0	070	22	INV	123	42	42	176	69	OP
018	69	OP	071	52	EE	124	69	OP	177	04	04
019	03	03	071	22	INV	125	04	04	178	43	RCL
020	69	OP	073	57	ENG	126	69	OP	179	10	10
021	04	04	074	69	OP	127	05	05	180	69	OP
022	69	OP	075	00	00	128	43	RCL	181	06	06
023	05	05	076	71	SBR	129	12	12	182	43	RCL
024	01	1	077	23	LNx	130	91	R/S	183	11	11
025	09	9	078	43	RCL	131	42	STO	184	69	OP
026	32	X↔T	079	00	00	132	12	12	185	06	06
027	02	2	080	91	R/S	133	69	OP	186	43	RCL
028	42	STO	081	42	STO	134	06	06	187	12	12
029	58	58	082	00	00	135	43	RCL	188	69	OP
030	03	3	083	43	RCL	136	44	44	189	06	06
031	02	2	084	01	01	137	69	OP	190	43	RCL
032	42	STO	085	91	R/S	138	04	04	191	13	13
033	59	59	086	42	STO	139	69	OP	192	69	OP
034	76	LBL	087	01	01	140	05	05	193	06	06
035	24	CE	088	71	SBR	141	43	RCL	194	43	RCL
036	73	RC*	089	23	LNx	142	14	14	195	14	14
037	59	59	090	01	1	143	91	R/S	196	69	OP
038	69	OP	091	00	0	144	42	STO	197	06	06
039	04	04	092	32	X↔T	145	14	14	198	01	1
040	73	RC*	093	02	2	146	69	OP	199	09	9
041	58	58	094	42	STO	147	06	06	200	32	X↔T
042	69	OP	095	58	58	148	53	(	201	01	1
043	06	06	096	03	3	149	53	(	202	05	5
044	53	(	097	02	2	150	43	RCL	203	42	STO
045	43	RCL	098	42	STO	151	10	10	204	58	58
046	59	59	099	59	59	152	85	+	205	04	4
047	85	+	100	76	LBL	153	43	RCL	206	05	5
048	01	1	101	32	X↔T	154	12	12	207	42	STO
049	54	)	102	71	SBR	155	54	)	208	59	59
050	42	STO	103	33	X <sup>2</sup>	156	55	÷	209	76	LBL
051	59	59	104	22	INV	157	02	2	210	34	√X
052	53	(	105	67	EQ	158	54	)	211	71	SBR

## Fortsetzung

212	33	X <sup>2</sup>	225	01	01	238	04	04	251	85	+
213	22	INV	226	69	OP	239	69	OP	252	01	1
214	67	EQ	227	02	02	240	05	05	253	54	)
215	34	√X	228	69	OP	241	73	RC*	254	42	STO
216	00	0	229	05	05	242	58	58	255	59	59
217	91	R/S	230	92	RTN	243	91	R/S	256	53	(
218	76	LBL	231	76	LBL	244	72	ST*	257	43	RCL
219	23	LNx	232	33	X <sup>2</sup>	245	58	58	258	58	58
220	43	RCL	233	69	OP	246	69	OP	259	85	+
221	00	00	234	00	00	247	06	06	260	01	1
222	69	OP	235	73	RC*	248	53	(	261	54	)
223	01	01	236	59	59	249	43	RCL	262	42	STO
224	43	RCL	237	69	OP	250	59	59	263	58	58
									264	92	RTN
									265	00	0

## 3 EINGABE DER TRAFODATEN

Der Datenblock 4 enthält Daten, die für einen bestimmten Kern typisch sind. Zur Erleichterung der Erstellung dieses Blocks dient das Hilfsprogramm (T a b e l l e 7) mit dem dazugehörigen Datenblock 3 (T a b e l l e 8 und T a b e l l e 9). Mit A werden die Trafodaten aus Block 4 ausgedruckt (Beispiel M74: T a b e l l e 10). Um mit Taste B den Block 4 für einen Trafo zu erstellen, liest man am besten diesen Block von einem anderen Trafo ein. Ist ein solcher noch nicht vorhanden, so gibt man in die Speicher 22-29 die Daten aus Tabelle 3 ein (diese sind für alle Trafos dieselben). (Hinweis: In Speicher 28 steht  $10^8/4,44$ ).

In T a b e l l e 11 ist als Beispielausdruck der Übergang von M74 nach M85a gezeigt. Block 4 für M74 sei im Speicher. Nach Drücken von B wird zunächst "M74" gedruckt. Nun gibt man ein: 30 R/S 110613 R/S (d.i. der Druckercode für "M 85A"). Gedruckt wird daraufhin "M 85A", ferner fragt der Drucker nach der Induktion. Diese ist einzugeben (im Beispiel 14200) und R/S zu drücken. Der Rechner übernimmt diesen Wert in den Speicher und fragt nach der nächsten Größe. Nach diesem Schema verläuft die gesamte Dateneingabe.

Tabelle 8 Speicher und ihre Bedeutung (Hilfsprogramm)

## Block 3

Text	30
	31
	32 IND
	33 FE-G
	34 BLST
	35 CU-G
	36 BLZ
	37 FE-Q
	38 WB
	39 WH
	40 WLGI
	41 WLG
	42 WLM
	43 WLG
44 WLGA	
45 STRD	
46 LSTG	
47 WGR	
48 FREQ	
Arbeitsregister	49
	50
	51
	52
	53
	54
	55
	56
	57
	58 Ind. Adr. Block 4
	59 Ind. Adr. Block 3

Tabelle 9  
Daten für das Hilfsprogramm

0.	30
0.	31
243116.	32
21172022.	33
14273637.	34
15412022.	35
142746.	36
21172034.	37
4314.	38
4323.	39
43272224.	40
43272200.	41
43272230.	42
43272200.	43
43272213.	44
36373516.	45
27363722.	46
432235.	47
21351734.	48
0.	49

Tabelle 10  
Trafodaten für M74

M	74	
	13900.	IHD
	U.93	FE-G
	0.5	BLST
	0.277	CU-G
	64.	BLZ
	6.6	FE-Q
	44.6	WB
	11.6	WH
	0.124	WLG I
	0.142	WLG
	0.16	WLG M
	0.1785	WLG
	0.197	WLG A
	3.51	STRD
	62.	LSTG
	0.74	WGR
	50.	FREQ

Tabelle 11  
Übergang von M74 nach M85a

M	74				
M	85A			0.136	WLG I
		IND			WLG I
	14200.	IND		0.17	WLG M
		FE-G			WLG M
	1.29	FE-G		0.204	WLG A
	0.35	BLST		0.136	WLG A
		BLST		0.153	WLG
		CU-G		0.17	WLG
	0.318	CU-G		0.187	WLG
		BLZ		0.204	WLG
	91.	BLZ			STRD
		FE-O		3.65	STRD
	8.6	FE-O			LSTG
		WB		90.	LSTG
	48.5	WB			WGR
		WH		0.75	WGR
	10.9	WH			FREQ
				50.	FREQ

Eine Besonderheit ist bei den Windungslängen zu beachten. Der Drucker fragt nach drei Längen (innen, Mitte, außen) und berechnet zwei Zwischenwerte; alle fünf Werte werden gedruckt.

Bei jeder Frage erscheint in der Anzeige des Rechners ein Vorschlagswert, der durch R/S übernommen werden kann.

Nach Beendigung der Dateneingabe sollten die Werte mit der Taste A kontrolliert werden (vgl. T a b e l l e 12).

Tabelle 12

Trafodaten für M85a

M	85A	
	14200.	IND
	1.29	FE-G
	0.35	BLST
	0.318	CU-G
	91.	BLZ
	8.6	FE-Q
	48.5	WB
	10.9	WH
	0.136	WLG I
	0.153	WLG
	0.17	WLG M
	0.187	WLG
	0.204	WLG A
	3.65	STRD
	90.	LSTG
	0.75	WGR
	50.	FREQ

## LITERATUR

- [1] Das Fachbuch für den Transformatoren-Hersteller, Firmenschrift der Fa. Waasner, D-8550 Forchheim
- [2] Schnittbandkerne, Firmenschrift der Fa. Vacuumschmelze, D-6450 Hanau

# Wobbelgenerator

von Martin Steffke

## 1. AUFGABENSTELLUNG

Mit dem vorliegenden Programm kann eine elektronische Schaltung auf ihr theoretisches Frequenzverhalten untersucht werden. Als Beispiele sollen Verstärker oder Filter gelten. Der Anwender hat zuvor eine Gleichung der Übertragungsfunktion  $U_a = f(U_e)$  aufzustellen, wobei als Einheitseingangsspannung  $U_e = 1$  (Volt) angenommen wird. Die Ausgangsspannung  $U_a$  entsteht durch die frequenz- und bauteilabhängige Verstärkung  $V_U$  der Schaltung. Ein anschließendes Rechenbeispiel soll das verdeutlichen.

## 2. PROGRAMMBESCHREIBUNG

### 2.1. NF- und HF-Wobbelgenerator

Das Programm simuliert eine ansteigende Frequenz, beginnend beim Minimalwert "f-min", der mindestens 1 Hz sein soll, bis zum Maximalwert "f-max" im HF-Bereich. Soll die Berechnung im kHz- oder MHz-Bereich erfolgen, so ist die Bezeichnung Hz im Programm entsprechend zu ersetzen. Zur graphischen Darstellung wird Millimeterpapier beliebiger Größe benötigt. Soll zuvor ein Koordinatensystem gezeichnet werden, ist die Taste 'P4' zu drücken, sonst 'P0'. Die X-Achse (= Frequenzachse mit  $f_w$ ) wird in ihrer Gesamtlänge "X-cm" logarithmisch aufgeteilt. Dazu müssen die obere "f-max" und untere "f-min" Frequenz bekannt sein. Die Y-Achse (= Verstärkungsachse mit  $V_U$ ) erhält eine Einteilung in Dezibel nach:

$$V_U = 20 \log \frac{U_a}{U_e} \quad (1)$$

Auf ihrer Gesamtlänge "Y-cm" ist sie linear aufgeteilt. Dazu müssen der obere und untere "dB-max", "dB-min" dB-Wert, der

als Grenzwert erwartet wird, bekannt sein. Für die Aufrasterung der X-Achse in  $\Delta X$ -cm wird auf Anfrage von "Step" eine Eingabe von  $\emptyset$  (grob) bis 9 (fein) verlangt. Zu Beginn zeichnet 'P4' die dB-Einteilung auf der Y-Achse in 10 dB-Schritten. Danach erfolgt die Hz-Einteilung auf der X-Achse nach dem Prinzip einer logarithmischen Reihe. In 'P2' erfolgt die Eingabe der Bauelemente der Schaltung in die Speicher M12 - M19, M1F. Zusammen mit der Wobbelfrequenz  $f_w$  (in M05) wird in 'P1' die Spannungsverstärkung  $V_U$  (in M07) in Abhängigkeit von der Eingangsspannung  $U_e$  (= 1 Volt) berechnet. In 'P5' erfolgt die graphische Darstellung von  $V_U$  und  $f_w$ . Liegt der  $V_U$ -Wert außerhalb der erwarteten Grenzen, erscheint "Aussen" in der Anzeige, wobei keine Koordinatenausgabe stattfindet. Die Berechnung wird fortgesetzt, bis "f-max" erreicht wird. Bei Programmende erscheint "ok" in der Anzeige. Programm 'P1' und 'P2' sind vom Benutzer vor Inbetriebnahme des Wobbelprogrammes einzugeben.

## 2.2. Teilprogramme

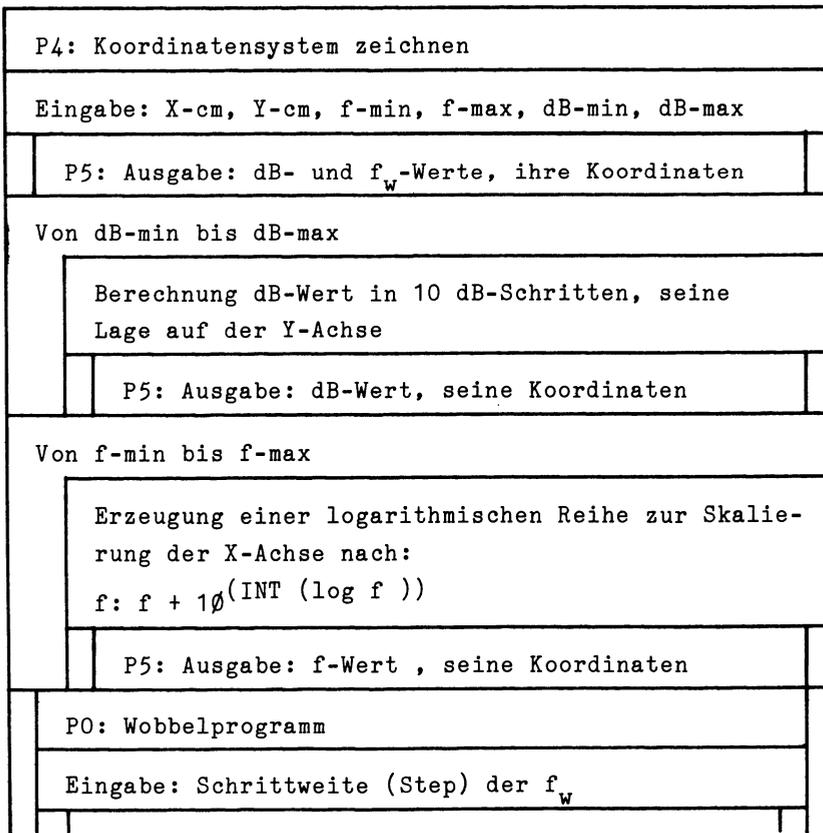
- P0: Hauptprogramm zum Wobbeln der Schaltung mit den Unterprogrammen P1, P2, P5.  
 P1: Verstärkungsberechnung mit Hilfe der Wobbelfrequenz  $f_w$ , woraus sich  $V_U$  ergibt.  
 P2: Eingabe und Berechnung der verstärkungsbestimmenden Bauteile (in M12 - M19, M1F).  
 P4: Hauptprogramm zum Zeichnen des Koordinatensystems und Skalierung der X- und Y-Achse mit dem Unterprogramm P5.  
 P0 startet danach automatisch.  
 P5: Ausgabe der  $f_w$ - und dB-Werte und deren Lage im Koordinatensystem.

## 3. DATENSPEICHERBELEGUNG

- M00: kleinste Wobbelfrequenz "f-min"  
 M01: größte Wobbelfrequenz "f-max"  
 M02: Länge der Y-Achse in cm "Y-cm"  
 M03: Länge der X-Achse in cm "X-cm"  
 M04: momentaner X-Wert (aus momentaner Wobbelfrequenz)  
 M05: momentane Wobbelfrequenz  $f_w$

M06: Aufrasterung der X-Achse in  $\Delta X$ -Schritten ( $\emptyset$  = grob, 9 = fein)  
 M07: von der Wobelfrequenz abhängige Verstärkung  $V_U$   
 M08: errechneter dB-Wert  
 M09: momentaner Y-Wert (aus errechnetem dB-Wert)  
 M10: kleinster erwarteter dB-Wert "dB-min"  
 M11: größter erwarteter dB-Wert "dB-max"  
 M12: Werte der verstärkungsbestimmenden Bauteile für die  
 . Funktion:  
 .  $f(U_e): U_e \rightarrow U_a$   
 .  
 M19:  
 M F: Vergleichsregister  
 M1F: siehe M12

## 4. STRUKTOGRAMM



P2: Berechnung der Bauelemente der Schaltung...	
Von f-min bis f-max, Schrittweite "Step"	
P1: Berechnung $U_a = f(U_e)$	
P5: Ausgabe: $f_w$ - und dB-Werte, ihre Koordinaten	

## 5. LISTING

```

      PO          o10 "          o77 GOTO 2          oo7 )
oo1 MR 00        o11 Y          o78 MR 00          oo8 ÷
oo2 Min 05      o12 -          o79 ÷          oo9 (
oo3 Ø           o13 c          o80 MR 00          o10 MR 11
oo4 Min o4      o14 m          o81 log          o11 -
oo5 "           o15 "          o82 INT          o12 MR 10
oo6 S           o16 HLT        o83 10X          o13 )
oo7 t           o17 Min o2     o84 Min F        o14 =
oo8 e           o18 "          o85 =          o16 FIX 1
oo9 p           o19 f          o86 INT          o17 Min o9
o10 "           o20 -          o87 *          o18 MR o2
o11 HLT         o21 m          o88 MR F        o19 -
o12 Min o6      o22 i          o89 =          o20 MR o9
o13 GSB P2      o23 n          o90 Min 00       o21 =
o14 LBL 1       o24 "          o91 Min o5       o22 x≥0
o15 GSB P1      o25 HLT        o92 LBL 3        o23 GOTO 1
o16 2           o26 Min 00     o93 MR o3        o24 LBL 0
o17 Ø           o27 "          o94 *          o25 "
o18 *           o28 f          o95 (          o26 A
o19 MR o7       o29 -          o96 MR o5       o27 u
o20 log         o30 m          o97 ÷          o28 s
o21 =           o31 a          o98 MR 00       o29 s
o23 FIX 1       o32 x          o99 )          o30 e
o24 Min o8      o33 "          100 log         o31 n
o25 GSB P5      o34 HLT        101 ÷          o32 "
o26 1           o35 Min o1     102 (          o33 GOTO 3
o27 -           o36 "          103 MR o1       o34 LBL 1
o28 MR o6       o37 d          104 ÷          o35 MR o9

```

o29 ÷	o38 B	105 MR 00	o36 $x \geq 0$
o30 1	o39 -	106 )	o37 GOTO 2
o31 $\emptyset$	o40 m	107 log	o38 GOTO 0
o32 =	o41 i	108 =	o39 LBL 2
o33 M+ o4	o42 n	110 FIX 1	o40 "
o34 MR o4	o43 "	111 Min o4	o41 AR o5
o35 *	o44 HLT	112 "	o42 INV Space
o36 (	o45 Min 10	113 AR o5	o43 H
o37 MR o1	o46 Min o8	114 INV Space	o44 z
o38 ÷	o47 "	115 H	o45 "
o39 MR 00	o48 d	116 z	o46 PAUSE
o40 )	o49 B	117 "	o47 "
o41 log	o50 -	118 PAUSE	o48 AR o4
o42 ÷	o51 m	119 "	o49 INV Space
o43 MR o3	o52 a	120 AR o4	o50 X
o44 +	o53 x	121 INV Space	o51 -
o45 MR 00	o54 "	122 X	o52 c
o46 log	o55 HLT	123 -	o53 m
o47 =	o56 Min 11	124 c	o54 "
o48 $10X$	o57 LBL 1	125 m	o55 PAUSE
o50 FIX 1	o58 GSB P5	126 "	o56 PAUSE
o51 Min o5	o59 LBL 2	127 HLT	o57 PAUSE
o52 Min F	o60 1	128 MR o5	o58 "
o53 MR o1	o61 M+ o1	129 log	o59 AR o8
o54 $x \geq F$	o62 MR o8	130 INT	o60 INV Space
o55 GOTO 1	o63 Min F	131 $10X$	o61 d
o56 "	o64 ÷	132 M+ o5	o62 B
o57 o	o65 1	133 MR o5	o63 "
o58 k	o66 $\emptyset$	134 Min F	o64 PAUSE
o59 "	o67 =	135 MR o1	o65 "
P4	o68 FRAC	136 $x \geq F$	o66 AR o9
oo1 MAC	o69 x=0	137 GOTO 3	o67 INV Space
oo2 "	o70 GOTO 1	138 GSB P0	o68 Y
oo3 X	o71 3	P5	o69 -
oo4 -	o72 $\pm$	oo1 MR o2	o70 c
oo5 c	o73 x=F	oo2 *	o71 m
oo6 m	o74 GOTO 1	oo3 (	o72 "
oo7 "	o75 MR 11	oo4 MR o8	o73 HLT
oo8 HLT	o76 $x \geq F$	oo5 -	o74 LBL 3
oo9 Min o3		oo6 MR 10	

## 6. ANWENDUNGSBEISPIEL

Beispiel zum Wobbelprogramm, hier ein Tiefpaß 6 dB / Oktave

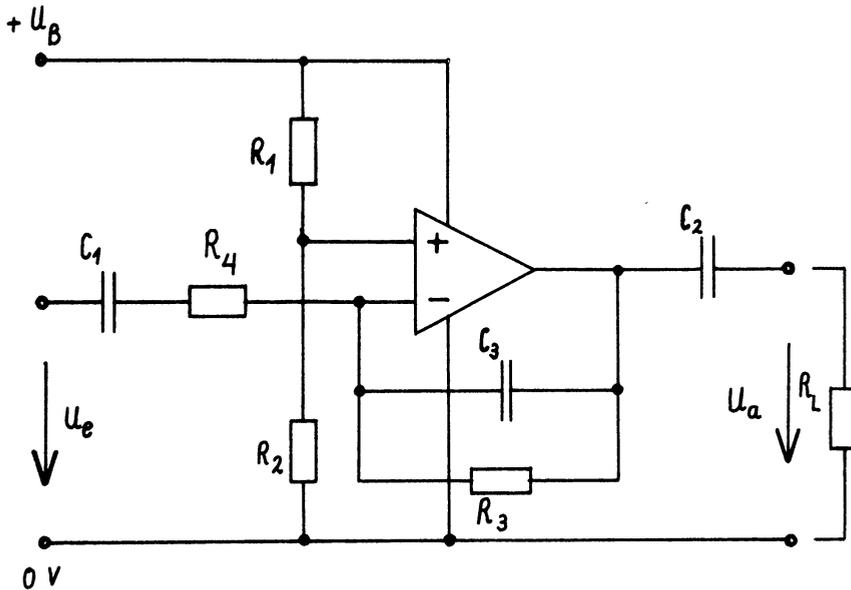


Bild 1 Schaltplan für den Tiefpaß 6 dB / Oktave

Für die Gleichung der Übertragungsfunktion

$$U_a = f ( U_e ) \quad (2)$$

interessiert die Spannungsverstärkung  $V_U$  des Tiefpaßes, die bei der gezeigten Beschaltung des OP als invertierenden Verstärker

$$V_U = - \frac{U_a}{U_e} \quad ; \quad \text{bzw.} \quad -U_a = V_U U_e \quad , U_e = 1V \quad (3)$$

ist. Damit ist die Übertragungsfunktion:

$$f(U_e) : |U_a| = V_U \quad , \text{ (ohne Einheiten) } \quad (3.1.)$$

$V_U$  ist beim invertierenden OP- Verstärker durch

$$V_U = \frac{\text{Gegenkopplungswiderstand}}{\text{Ankopplungswiderstand}} = \frac{Z_3}{Z_4} \quad (4)$$

bestimmt, wobei der Gegenkopplungswiderstand  $Z_3$  eine Parallelschaltung aus  $C_3$  und  $R_3$ , der Ankopplungswiderstand  $Z_4$  eine Reihenschaltung aus  $C_1$  und  $R_4$  ist.

Zu  $Z_4$ :  $C_1$  trennt die Schaltung gleichstrommäßig von der angeschlossenen Spannungsquelle. Sein Wechselspannungswiderstand  $X_{C_1}$  darf bei der niedrigsten noch einwandfrei zu übertragenden Frequenz  $f_u$  nur unwesentlich ins Gewicht fallen und dabei in der Praxis nicht mehr als  $1/3$  des Ankopplungswiderstandes betragen. [1]

Für  $f_u$  gilt:

$$X_{C_1} = \frac{1}{3} R_4 \quad \text{und} \quad X_{C_1} = \frac{1}{\omega_u C_1} \quad (5)$$

$$C_1 = \frac{3}{\omega_u R_4} = \frac{3}{2 \pi f_u R_4} \quad (6)$$

Aus dem Zeigerdiagramm für Wechselstromwiderstände [4] folgt:

$$Z_4 = \sqrt{R_4^2 + X_{C_1}^2} = \sqrt{R_4^2 + \frac{1}{\omega_u^2 C_1^2}} \quad (7)$$

zu  $Z_3$ : Annahme: Bei  $f_w = f_u$  sei  $X_{C_3} \gg R_3$   
Es ergibt sich bei einer Parallelschaltung von  $R_3$  und  $C_3$  nach Zeigerdiagramm: [4]

$$\frac{1}{Z_3} = \sqrt{\frac{1}{R_3^2} + \frac{1}{X_{C_3}^2}} \quad (8)$$

$$\frac{1}{Z_3} \approx \sqrt{\frac{1}{R_3^2}} = \frac{1}{R_3}, \quad \text{für } X_{C_3} \rightarrow \infty \quad (9)$$

Bei einer vorgegebenen Verstärkung  $V_o$  bei  $f_u$  ist

$$Z_3 = V_o Z_4 \quad \text{d.h.} \quad \frac{1}{Z_3} = \frac{1}{V_o Z_4} \quad (10)$$

Aus (9) und (10) ergibt sich für  $f_w = f_u$ :

$$\frac{1}{R_3} \approx \frac{1}{V_o Z_4}, \quad \text{d.h.} \quad R_3 \approx V_o Z_4 \quad (11)$$

$$R_3 \approx V_o \sqrt{R_4^2 + \frac{1}{\omega_u^2 C_1^2}} \quad (11.1)$$

zu  $C_3$ : Bei der Grenzfrequenz  $f_g$  soll  $V_U = \frac{1}{\sqrt{2}}$  sein [3], d.h.

$$Z_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} Z_4, \text{ d.h. } \frac{1}{Z_3} = \frac{\sqrt{2}}{Z_4} \quad (12)$$

Mit (8) ergibt sich:

$$\sqrt{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{X_{C_3}}} = \frac{\sqrt{2}}{Z_4} \quad (13)$$

Über die Umformung von (13) nach  $\frac{1}{X_{C_3}}$  über

$$X_{C_3} = \frac{1}{\omega_g C_3} \quad \text{ist } C_3 :$$

$$C_3 = \frac{\sqrt{\frac{2}{R_4^2 + \frac{1}{\omega_g^2 + C_1^2}} - \frac{1}{R_3}}}{\omega_g} \quad (14)$$

Es berechnet sich  $V_U$  nach (4), (7) und (8) zu:

$$V_U = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R_3} + \frac{2}{\omega_w^2 C_3^2}} \cdot \sqrt{R_4^2 + \frac{1}{\omega_w^2 C_1^2}}} \quad (15)$$

für  $\omega_w = 2 \pi f_w$  [2]

### 6.1. Datenspeicherbelegung für das Beispiel

M12: Ankopplungswiderstand  $R_4$

M13: unterste noch einwandfrei zu übertragende Frequenz  $f_u$

M14: Ankopplungskondensator  $C_1$

M15: vorgegebene Spannungsverstärkung  $V_0$

M16: Gegenkopplungswiderstand  $R_3$

M17: Grenzfrequenz  $f_g$

M18: Gegenkopplungskondensator  $C_3$

M19: Auskopplungskondensator  $C_2$

6.2. Listing

P1	o12 u	o64 3	116 HLT
oo1 MR 16	o13 "	o65 >	117 Min 18
oo2 x <sup>2</sup>	o14 HLT	o66 ✖	118 3
oo3 1/x	o15 Min 13	o67 "	119 ÷
oo4 +	o16 ÷	o68 HLT	120 "
oo5 4	o17 2	o69 Min 16	121 R
oo6 *	o18 ÷	o70 "	122 L
oo7 π	o19 π	o71 f	123 "
oo8 x <sup>2</sup>	o20 =	o72 g	124 HLT
oo9 *	o21 RND 2	o73 "	125 ÷
o10 MR o5	o22 ENG	o74 HLT	126 2
o11 x <sup>2</sup>	o23 ENG	o75 Min 17	127 ÷
o12 *	o24 "	o76 x <sup>2</sup>	128 π
o13 MR 18	o25 C	o77 *	129 ÷
o14 x <sup>2</sup>	o26 1	o78 4	130 MR 13
o15 =	o27 =	o79 *	131 =
o16 √	o28 ✖	o80 π	132 RND 2
o17 *	o29 "	o81 x <sup>2</sup>	133 ENG
o18 (	o30 HLT	o82 +	134 ENG
o19 MR 12	o31 Min 14	o83 MR 14	135 "
o20 x <sup>2</sup>	o32 "	o84 x <sup>2</sup>	136 C
o21 +	o33 V	o85 =	137 2
o22 (	o34 o	o86 1/x	138 =
o23 4	o35 "	o87 +	139 ✖
o24 *	o36 HLT	o88 MR 12	140 "
o25 π	o37 Min 15	o89 x <sup>2</sup>	141 HLT
o26 x <sup>2</sup>	o38 *	o90 =	142 Min 19
o27 *	o39 (	o91 1/x	143 MR 12
o28 MR o5	o40 MR 12	o92 *	144 +
o29 x <sup>2</sup>	o41 x <sup>2</sup>	o93 2	145 (
o30 *	o42 +	o94 -	146 2
o31 MR 14	o43 (	o95 MR 16	147 *
o32 x <sup>2</sup>	o44 MR 13	o96 1/x	148 π
o33 )	o45 x <sup>2</sup>	o97 x <sup>2</sup>	149 *
o34 1/x	o46 *	o98 =	150 MR 13
o35 )	o47 4	o99 √	151 *
o36 √	o48 *	100 ÷	152 MR 14

o37 =	o49 $\pi$	101 2	153 )
o38 1/x	o50 $x^2$	102 ÷	154 1/x
o39 Min o7	o51 *	103 $\pi$	155 =
P2	o52 MR 14	104 ÷	156 RND 2
oo1 3	o53 $x^2$	105 MR 17	157 ENG
oo2 ÷	o54 )	106 =	158 ENG
oo3 "	o55 1/x	107 RND 2	159 "
oo4 R	o56 )	108 ENG	160 R
oo5 4	o57 $\sqrt{\quad}$	109 ENG	161 1
oo6 "	o58 =	110 "	162 =
oo7 HLT	o59 RND 2	111 C	163 R
oo8 Min 12	o60 ENG	112 3	164 2
oo9 ÷	o61 ENG	113 =	165 =
o10 "	o62 "	114 $\#$	166 $\#$
o11 f	o63 R	115 "	167 "
			168 HLT

### 6.3. Rechneranzeige

Hier einige Beispiele des Dialogverkehrs:

Nach dem Start von 'P4' erfolgt auf Anweisung die Eingabe:

"X-cm"            20 EXE            Länge der X-Achse ist 20 cm,  
 "f-min"            10 EXE            niedrigste  $f_w$  ist 10 Hz,  
 "dB-min"           30 ± EXE           kleinster erwarteter dB-Wert,

Die Skalierung der Y-Achse erfolgt nach dem Schema:

"0 Hz"            "0 X-cm"            "- 30 dB"            "0 Y-cm",

das heißt, -30 dB ist als Punkt (0/0) einzuzeichnen.

Die Skalierung der X-Achse erfolgt nach dem Schema:

"10 Hz"            "0 X-cm" ,

das heißt, 10 Hz ist als Punkt (0/0) einzuzeichnen.

Berechnung der Bauelemente:

"R4"                15 EXP 3 EXE        Ankopplungswiderstand hat 15 k $\Omega$

"C1=1100.E-09"                            Vorschlag des Rechners: C1=1.1 $\mu$ F

1.5 EXP 6 ± EXE        vorhandener Wert: 1,5  $\mu$ F

"R3>31.E03"                                R3 ist größer als 31 k $\Omega$  zu wählen.

Beim Wobbeln erfolgt folgende Ausgabe:

"10 Hz"            "0 X-cm"            "5 dB"                "8.8 Y-cm" ,

d.h. bei 10 Hz beträgt  $V_U$  : 5 dB und ist als Punkt (0/8,8) einzuzeichnen.

6.4. Wertetabelle

Bei Eingabe folgender Werte ergibt sich die Wertetabelle:

X-cm: 20      Y-cm: 10      f-min: 10      f-max: 20000  
 dB-min: -30    dB-max: 10      Step: 0      R<sub>4</sub>: 15000  
 f<sub>u</sub>: 30      C<sub>1</sub>: 1,5 E-06    V<sub>o</sub>: 2      R<sub>3</sub>: 33000  
 f<sub>g</sub>: 3000      C<sub>3</sub>: 47 E-09    R<sub>L</sub>: 2000    C<sub>2</sub>: 1000 E-06  
 R<sub>1</sub>: 20 E 03

Tabelle 1 Werte aus dem Rechenbeispiel

f <sub>w</sub> (Hz)	V <sub>U</sub> (dB)	X-Wert (cm)	Y-Wert (cm)
10	5	0	8,8
15	5,9	1	9
21	6,2	2	9,1
31	6,2	3	9,1
46	6	4	9
67	5,3	5	8,8
98	4	6	8,5
143	2,2	7	8,1
209	-0,3	8	7,4
306	-3,1	9	6,7
447	-6,2	10	6
654	-9,3	11	5,2
956	-12,6	12	4,4
1309	-15,9	13	3,5
2045	-19,2	14	2,7
2991	-22,4	15	1,9
4373	-25,7	16	1,1
6396	-29	17	0,3
	Aussen		

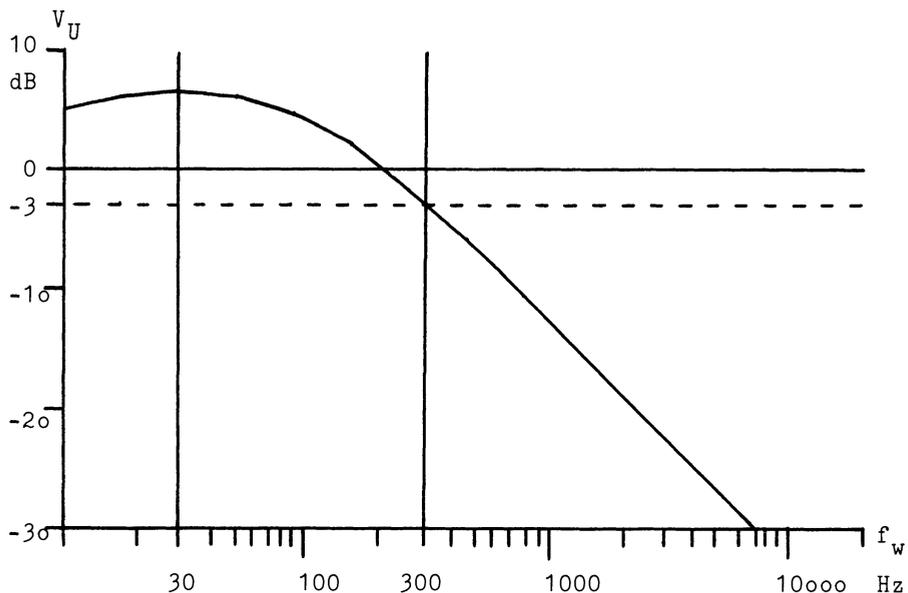


Bild 2 Frequenzgang der Verstärkung als Ergebnis des Programms

## 7. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] N ü h r m a n n , Dieter, Operationsverstärker Praxis, Franzis Verlag München, 1980
- [2] F r i t z s c h e , Gottfried, Aktive RC- Schaltungen in der Elektronik, Hüthig Verlag Heidelberg, 1981
- [3] B ö g e r , H., Bauelemente der Elektronik und ihre Grundschaltungen, H. Stam Verlag Köln-Porz, 1982
- [4] R o s e , Georg, Kleine Elektronik-Formelsammlung für Radio- und Fernsehpraktiker und Elektroniker, Franzis Verlag

# Berechnung der Zustandsgrößen eines idealen Gases

von Ingo Sander

## 1. ALLGEMEINES

Die Zustandsgrößen eines Gases sind Druck, Temperatur und Volumen. Für ideale Gase ist der Zusammenhang zwischen den Zustandsgrößen durch die Zustandsgleichung idealer Gase gegeben, die sich auch näherungsweise auf reale Gase anwenden läßt. Unter der Voraussetzung, daß der Druck des realen Gases nicht groß ist und die Temperatur genügend hoch ist, liefert die Zustandsgleichung idealer Gase meist genügend genaue Ergebnisse.

Nachfolgend wird ein Programm vorgestellt, mit dessen Hilfe sich die Zustandsgrößen auf leichte und bequeme Art berechnen lassen. Der mathematische Aufwand für dieses Programm ist minimal, deshalb wurde auf sichere und bequeme Handhabung besonders geachtet. Das Programm ist für die Rechner TI-58/58C und TI-59 ohne Drucker bestimmt.

## 2. LÖSUNGSWEG

Die Zustandsgrößen eines idealen Gases sind durch die Zustandsgleichung eines idealen Gases verknüpft. Diese Zustandsgleichung wird je nach Verwendungszweck in einer anderen Form geschrieben. Die Zustandsgleichung aus der sich alle anderen Formen ableiten lassen, lautet:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ . Wird statt der Molmenge die Masse des Gases verwendet, so wird die Zustandsgleichung in der Form

$p \cdot V = m \cdot \bar{R} \cdot T$  verwendet. Liegt ein strömendes System vor, so kann die Zustandsgleichung auch in der Form  $p \cdot \dot{V} = \dot{n} \cdot R \cdot T$  bzw.

$p \cdot \dot{V} = \dot{m} \cdot \bar{R} \cdot T$  verwendet

werden. Die Größen in der Gleichung bedeuten:

$p$  = absoluter Druck

$V$  = Volumen

$T$  = Temperatur in Kelvin

- n = Molmenge des Gases
- m = Masse des Gases
- R = universelle Gaskonstante = 8,3143 J/mol K
- $\bar{R}$  = spezielle Gaskonstante =  $\frac{R}{M}$
- M = Molmasse des Gases
- $\dot{n}$  = Molstrom
- $\dot{m}$  = Massenstrom
- $\dot{V}$  = Volumenstrom

Der Wert der universellen Gaskonstante ist abhängig von den Dimensionen des Druckes , Volumens und der Molmenge. Um die richtige Wahl der universellen Gaskonstanten zu erleichtern siehe folgende T a b e l l e 1.

Tabelle 1 Wert der universellen Gaskonstante in Abhängigkeit von den Dimensionen des Druckes , Volumens und der Molmenge

Druck	n in mol		n in kmol	
	V in m <sup>3</sup>	V in Liter	V in m <sup>3</sup>	V in Liter
Pa	8,3143	8314,3	8314,3	8,3143 10 <sup>6</sup>
bar	8,3143 10 <sup>5</sup>	8,3143 10 <sup>2</sup>	8,3143 10 <sup>2</sup>	83,143
atm	8,2056 10 <sup>5</sup>	8,2056 10 <sup>2</sup>	8,2056 10 <sup>2</sup>	82,056
ata	8,4782 10 <sup>5</sup>	8,4782 10 <sup>2</sup>	8,4782 10 <sup>2</sup>	84,782

Der Wert der speziellen Gaskonstante hängt wie die universelle Gaskonstante von den Dimensionen der eingesetzten Größen ab ( siehe T a b e l l e 1 und 2) .

Tabelle 2 Dimension der Molmasse in Abhängigkeit von der Dimension der Masse m

Dimension der Masse m	Dimension der Molmasse M
g	g/mol
kg	kg/mol

Mit dem Programm lassen sich der Druck , Volumen , Temperatur und Molmenge bzw Masse eines idealen,oder ideal angenommenen, Gases berechnen . Es gilt :

$$p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$$

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

$$T = \frac{p \cdot V}{n \cdot R}$$

Wird die Masse statt der Molmenge verwendet, so muß  $n$  gegen  $m$  getauscht werden und statt der universellen wird die spezielle Gaskonstante verwendet. Die Gleichungen gelten analog auch für Molströme, Massenströme und Volumenströme.

### 3. PROGRAMMAUFBAU

Das Programm soll zwei Anwendungsfälle befriedigen, es werden drei Größen eingegeben und die fehlende vierte Größe wird berechnet. Die eine Größe soll variiert werden, wobei die anderen Größen konstant gehalten werden und die gesuchte Größe berechnet wird.

Die Gaskonstante wird separat in den Rechner eingegeben, um die Dimension der Größen frei wählbar zu lassen. Bei jeder Eingabe einer Größe wird ein Flag gesetzt und geprüft ob schon 3 Größen eingegeben worden sind. Sind 3 Größen bereits eingegeben worden, so springt das Programm aus dem Eingabeteil und prüft welches Flag nicht gesetzt worden ist. Welches Flag nicht gesetzt wurde, gibt die Information welche der 4 Größen  $n$ ,  $p$ ,  $V$  oder  $T$  zu berechnen ist. Die gesuchte Größe wird berechnet und angezeigt. Nach der Berechnung werden alle Flags zurückgesetzt und die Berechnungen können von neuem beginnen. Soll die gesuchte Größe mehrmals berechnet werden, so wird über die Taste E das Flag 5 gesetzt und das Rücksetzen der Flags unterbleibt. Die Information welche Größe berechnet werden soll bleibt so erhalten. Eine Größe kann verändert werden, bei der Eingabe wird das Programm gestartet und die gesuchte Größe berechnet. Sind die Berechnungen beendet muß über die Anweisung RST manuell alle Flags zurückgesetzt werden.

Das Programm benötigt 137 Programmspeicherplätze und 5 Datenspeicher.  
( T a b e l l e 3 )

Tabelle 3 Programmliste

000	91	R/S	035	42	STD	070	03	03	105	95	=
001	76	LBL	036	04	04	071	65	×	106	61	GTD
002	11	A	037	86	STF	072	43	RCL	107	44	SUM
003	42	STD	038	00	00	073	02	02	108	43	RCL
004	00	00	039	76	LBL	074	55	÷	109	00	00
005	86	STF	040	34	FX	075	43	RCL	110	65	×
006	01	01	041	22	INV	076	01	01	111	43	RCL
007	61	GTD	042	97	DSZ	077	95	=	112	01	01
008	33	X <sup>2</sup>	043	04	04	078	61	GTD	113	55	÷
009	76	LBL	044	35	1/X	079	44	SUM	114	43	RCL
010	12	B	045	91	R/S	080	43	RCL	115	05	05
011	42	STD	046	76	LBL	081	05	05	116	55	÷
012	01	01	047	35	1/X	082	65	×	117	43	RCL
013	86	STF	048	22	INV	083	43	RCL	118	02	02
014	02	02	049	87	IFF	084	03	03	119	95	=
015	61	GTD	050	01	01	085	65	×	120	76	LBL
016	33	X <sup>2</sup>	051	00	00	086	43	RCL	121	44	SUM
017	76	LBL	052	66	66	087	02	02	122	87	IFF
018	13	C	053	22	INV	088	55	÷	123	05	05
019	42	STD	054	87	IFF	089	43	RCL	124	01	01
020	02	02	055	02	02	090	00	00	125	27	27
021	86	STF	056	00	00	091	95	=	126	81	RST
022	03	03	057	80	80	092	61	GTD	127	91	R/S
023	61	GTD	058	22	INV	093	44	SUM	128	76	LBL
024	33	X <sup>2</sup>	059	87	IFF	094	43	RCL	129	16	A'
025	76	LBL	060	03	03	095	00	00	130	42	STD
026	14	D	061	00	00	096	65	×	131	05	05
027	42	STD	062	94	94	097	43	RCL	132	91	R/S
028	03	03	063	61	GTD	098	01	01	133	76	LBL
029	76	LBL	064	01	01	099	55	÷	134	15	E
030	33	X <sup>2</sup>	065	08	08	100	43	RCL	135	86	STF
031	87	IFF	066	43	RCL	101	05	05	136	05	05
032	00	00	067	05	05	102	55	÷	137	91	R/S
033	34	FX	068	65	×	103	43	RCL			
034	03	3	069	43	RCL	104	03	03			

4. ANWENDUNGSBEISPIELE4.1 Eingabeprozedur und Speicherbelegung- Einmalige Berechnung einer Größe p,V,T oder n

- Eingabe der universellen oder speziellen Gaskonstanten erfolgt über die Tastenfolge 2nd A'.

Der Wert bleibt in der Anzeige stehen und muß vor der Berechnung in den Rechner eingegeben werden.

- Die drei bekannten Größen werden eingegeben, die Reihenfolge der Eingabe ist beliebig. Die Eingabe der dritten Größe startet das Programm und es erscheint das Ergebnis in der Anzeige. Das Ergebnis ist der Wert der gesuchten Größe.

Nach der Eingabe der ersten Größe erscheint eine 3 in der Anzeige, nach der zweiten Größe bleibt der eingegebene Wert in der Anzeige stehen, der Dritte löst den Rechengang aus. Nach der Anzeige des Ergebnisses ist der Rechner wieder für die nächste Berechnung bereit.

- Ist bei der Eingabe der Größen ein Fehler unterlaufen, so kann nach betätigen der Taste RST die Eingabe erneut erfolgen.

- Mehrmalige Berechnung einer Größen

- Die Eingabe der Gaskonstanten erfolgt wie bei der einmaligen Berechnung.

- Vor Beginn der Eingabe der Größen muß die Taste E gedrückt werden. Die Taste E setzt das Flag 5.

- Die erste Berechnung wird so durchgeführt, als ob der Wert nur einmal berechnet werden soll. Die bei dieser Berechnung gesetzten Flags geben die Information welche Größe berechnet werden soll.

Die drei Größen können willkürlich ausgewählt werden.

- Eine Größe kann jetzt wertmäßig verändert werden und die beiden Anderen werden konstant gehalten. Bei der Eingabe des neuen Wertes, der zu verändernden Größe, startet das Programm und in der Anzeige erscheint der Wert, der zu berechnenden Größe. Diese Wiederholungsrechnungen können beliebig oft durchgeführt werden.

- Sind die Berechnungen beendet so muß die Taste RST gedrückt werden, damit alle Flags zurückgesetzt werden und der Rechner für die Berechnung einer neuen Größe bereit ist.

Die Tastenbelegung siehe T a b e l l e 4.

Tabelle 4 Tastenbelegung

Funktion der Taste	Taste
Eingabe der Gaskonstanten	A'
Eingabe p	A
Eingabe V	B
Eingabe n oder m	C
Eingabe T	D
Flag 5 setzen, für Wiederholungsrechnung	E

Die Datenspeicher sind wie folgt belegt worden:

R<sub>00</sub>:p      R<sub>02</sub>: n oder m      R<sub>04</sub>: Wichtig für die Anzahl der Größen  
 R<sub>01</sub>:V      R<sub>03</sub>: T      R<sub>05</sub>: R oder  $\bar{R}$

4.2 Beispiele

- Ein Behälter mit einem Rauminhalt von V = 24,345 Liter soll bei einer Temperatur von 298K mit Wasserstoff gefüllt werden. Der absolute Druck soll nach den Füllen p= 2,56bar betragen. Wieviel Gramm Wasserstoff passen in den Behälter?

$M_{H_2} = 2,016 \text{ g/mol}$

Es soll die spezielle Gaskonstante  $\bar{R}$  verwendet werden , sie berechnet sich wie folgt ( siehe T a b e l l e 1 und 2 ) :

$$R = \frac{\bar{R}}{M} = \frac{8,3143 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}}{2,016 \text{ g/mol}} = 4,12416 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$$

Wert der eingegeben wird	Tastenfolge	Anzeige
$\bar{R} = 4,12416 \cdot 10^2$	A'	$4,12416 \cdot 10^2$
p= 2,56	A	3
T= 298	D	298
V= 24,345	B	Programm wird gestartet, Ergebnis erscheint in der Anzeige
$m = 5,0711 \text{ g}$		5,0711

- Der selbe Behälter soll bei 2,00 , 2,40 und 2,56 bar gefüllt werden. Wieviel Gramm Wasserstoff ist bei den entsprechenden Drücken im Behälter enthalten?

Wert der eingegeben wird	Tastenfolge	Anzeige
$\bar{R}=4,12416 \cdot 10^2$	A'	4,12416 $10^{-2}$
Wiederholungsrechnung	E	4,12416 $10^{-2}$
p= 2,56	A	3
T= 298	D	298
V= 24,345	B	Programm startet, Ergebnis erscheint in der Anzeige.
p= 2,00	A	5,0711= m(2,56) nach Rechnung 3,9618= m(2,00)
p= 2,40	A	nach Rechnung 4,7541 =m(2,40)
Rücksetzen	RST	4,7541 , Flags sind zurückgesetzt.

5. LITERATURHINWEISE

[1] Baehr, H.D.

Thermodynamik

Springer-Verlag

Heidelberg Berlin New York , 1981

5.Auflage

[2] Gloistehn, H.H.

Programmieren von Taschenrechnern 3

Vieweg, Braunschweig , 1978

# Berechnung der Zustandsvariablen bei polytroper oder adiabater Zustandsänderung

von Ingo Sander

## 1. ALLGEMEINES

Zustandsänderungen von Gasen werden selten isotherm vollzogen. Bei der Kompression oder Expansion verändert sich die Temperatur des Gases. Wird bei der Zustandsänderung keine Wärme übertragen so handelt es sich um eine adiabate Zustandsänderung, wird Wärme übertragen so liegt eine polytrope Zustandsänderung vor. Die Zustandsvariablen sind bei der adiabaten Zustandsänderung durch die Poissonschen Gleichungen verknüpft, die auch für die polytrope Zustandsänderung gelten.

Im nachfolgenden Text wird ein Programm für die Rechner TI-58/58C und TI-59 ohne Drucker vorgestellt, mit dessen Hilfe bei Kenntnis von drei Zustandsvariablen sich die vierte berechnen läßt. Das Programm ist so gestaltet, wenn unter gewissen Voraussetzungen für die Zustandsvariablen die Eingabe erfolgt, der Lösungsweg für die Berechnung der gesuchten Variablen automatisch vollzogen wird.

## 2. LÖSUNGSWEG

Die Zustandsvariablen bei adiabater und polytroper Zustandsänderung sind durch die Gleichungen von Poisson verknüpft. Diese haben folgende Form :

$$\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{n-1} \quad (1)$$

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n \quad (2)$$

Verknüpft man Gleichung (1) mit Gleichung (2) so erhält man eine weitere wichtige Gleichung.

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{n}{n-1}} \quad (3)$$

Die Größen in den Gleichungen bedeuten:

$$\begin{aligned} p_i &= \text{absoluter Druck} \\ T_i &= \text{Temperatur in Kelvin} \\ V_i &= \text{Volumen} \\ n &= \text{Polytropen -bzw. Isentropenexponent} \end{aligned}$$

Die Indizes 1 und 2 kennzeichnen die verschiedenen Zustände des Gases.

Um mit diesen Gleichungen rechnen zu können, muß eine Zustandsvariable in den Zuständen 1 und 2 bekannt sein. Kennt man eine weitere Zustandsvariable eines Zustandes, so kann mit den Gleichungen (1), (2) und (3) die Zustandsvariable des anderen Zustandes berechnet werden. Für die Berechnung des Druckes  $p_2$  bei Kenntnis von  $p_1$ ,  $T_1$  und  $T_2$  gilt:

$$p_2 = p_1 \cdot \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{n-1}} \quad \text{ergibt sich aus Gl. (3)}$$

Analoge Formeln ergeben sich für  $p$ ,  $V$  und  $T$  in Abhängigkeit von den bekannten Zustandsgrößen.

Der Polytropenexponent  $n$  geht bei einer adiabaten Zustandsänderung in den Isentropenexponent über.

### 3. PROGRAMMAUFBAU

Die Voraussetzung für die Anwendung dieses Programmes ist die Kenntnis einer Variablen in den Zuständen 1 und 2 und einer weiteren Variablen des Zustandes 1 oder 2.

Bei jeder Eingabe einer Zustandsvariablen wird ein Flag gesetzt und geprüft ob nicht schon 3 Werte eingegeben worden sind. Der Test, ob schon 3 Werte eingegeben worden sind, erfolgt über die INV Dsz 7 Anweisung. Sind bereits 3 Werte eingegeben, so wird über das Prüfen der Flags 0 und 2 festgestellt von welcher Variablen Werte der Zustände 1 und 2 vorliegen. Über das Prüfen der Flags 3 und 1 wird die Information gewonnen, welche Variable noch zusätzlich bekannt ist. Aus diesen beiden Informationen ergibt sich eindeutig die Gleichung nach der Wert, der gesuchten Zustandsvariablen berechnet wird.

Das Programm benötigt 196 Programmspeicherplätze und 6 Datenspeicher. ( T a b e l l e 1 )

Tabelle 1 Programmliste

000	91	R/S	049	03	3	098	53	(	147	45	YX
001	76	LBL	050	42	STD	099	43	RCL	148	43	RCL
002	11	A	051	07	07	100	06	06	149	06	06
003	42	STD	052	86	STF	101	55	÷	150	35	1/X
004	00	00	053	04	04	102	53	(	151	65	×
005	86	STF	054	22	INV	103	43	RCL	152	43	RCL
006	00	00	055	97	DSZ	104	06	06	153	03	03
007	61	GTD	056	07	07	105	75	-	154	95	=
008	33	X²	057	00	00	106	01	1	155	81	RST
009	76	LBL	058	60	60	107	54	)	156	87	IFF
010	16	A'	059	91	R/S	108	54	)	157	01	01
011	42	STD	060	87	IFF	109	65	×	158	01	01
012	01	01	061	00	00	110	43	RCL	159	78	78
013	86	STF	062	01	01	111	01	01	160	43	RCL
014	01	01	063	14	14	112	95	=	161	03	03
015	61	GTD	064	87	IFF	113	81	RST	162	55	÷
016	33	X²	065	02	02	114	87	IFF	163	43	RCL
017	76	LBL	066	01	01	115	03	03	164	02	02
018	12	B	067	56	56	116	01	01	165	95	=
019	42	STD	068	87	IFF	117	41	41	166	45	YX
020	02	02	069	01	01	118	43	RCL	167	53	(
021	86	STF	070	00	00	119	00	00	168	43	RCL
022	02	02	071	91	91	120	55	÷	169	06	06
023	61	GTD	072	43	RCL	121	43	RCL	170	75	-
024	33	X²	073	05	05	122	01	01	171	01	1
025	76	LBL	074	55	÷	123	95	=	172	54	)
026	17	B'	075	43	RCL	124	45	YX	173	65	×
027	42	STD	076	04	04	125	53	(	174	43	RCL
028	03	03	077	95	=	126	53	(	175	05	05
029	86	STF	078	45	YX	127	43	RCL	176	95	=
030	03	03	079	53	(	128	06	06	177	81	RST
031	61	GTD	080	43	RCL	129	75	-	178	43	RCL
032	33	X²	081	06	06	130	01	1	179	03	03
033	76	LBL	082	75	-	131	54	)	180	55	÷
034	13	C	083	01	1	132	55	÷	181	43	RCL
035	42	STD	084	54	)	133	43	RCL	182	02	02
036	04	04	085	35	1/X	134	06	06	183	95	=
037	61	GTD	086	65	×	135	54	)	184	45	YX
038	33	X²	087	43	RCL	136	65	×	185	43	RCL
039	76	LBL	088	03	03	137	43	RCL	186	06	06
040	18	C'	089	95	=	138	05	05	187	65	×
041	42	STD	090	81	RST	139	95	=	188	43	RCL
042	05	05	091	43	RCL	140	81	RST	189	01	01
043	76	LBL	092	04	04	141	43	RCL	190	95	=
044	33	X²	093	55	÷	142	01	01	191	81	RST
045	87	IFF	094	43	RCL	143	55	÷	192	76	LBL
046	04	04	095	05	05	144	43	RCL	193	19	D'
047	00	00	096	95	=	145	00	00	194	42	STD
048	54	54	097	45	YX	146	95	=	195	06	06
									196	91	R/S

#### 4. ANWENDUNGSBEISPIELE

##### 4.1 Eingabeprozedur und Speicherbelegung

- Eingabe des Isentropen - oder Polytropenexponenten über die Anweisung 2nd D'.  
Vor jeder Berechnung muß n oder  $\kappa$  eingegeben werden, werden mehrere Berechnungen mit dem selben n angestellt, so reicht eine einmalige Eingabe aus. Der Wert bleibt nach der Eingabe in der Anzeige stehen.
- Die Werte der 3 bekannten Zustandsvariablen können nun in beliebiger Reihenfolge in den Rechner eingegeben werden. Bei der Eingabe des ersten Wertes erscheint eine 3 in der Anzeige, beim zweiten Wert bleibt der Wert in der Anzeige stehen und der Dritte startet das Programm.  
Die Werte der beiden bekannten Variablen werden je nach Art der Variablen über die Tastenfolgen 2nd A', 2nd B' oder 2nd C' in den Rechner eingegeben. Die beiden Variablen müssen für einen Zustand gelten.  
Die dritte Variable, deren Größe man für den anderen Zustand auch eingeben muß, wird über die entsprechende Taste A, B oder C in den Rechner eingegeben.  
Tastenbelegung siehe T a b e l l e 2 .
- Fehler bei der Eingabe können durch die Anweisung RST aufgehoben werden, danach müssen die Werte erneut eingegeben werden.

Tabelle 2 Tastenbelegung

Zustandsvariable	Taste
P <sub>1</sub>	A'
P <sub>2</sub>	A
V <sub>1</sub>	B'
V <sub>2</sub>	B
T <sub>1</sub>	C'
T <sub>2</sub>	C
n	D'

Die Speicher werden wie folgt genutzt:

R<sub>00</sub> : p<sub>2</sub>    R<sub>02</sub> : V<sub>2</sub>    R<sub>04</sub> : T<sub>2</sub>    R<sub>06</sub> : n oder  
 R<sub>01</sub> : p<sub>1</sub>    R<sub>03</sub> : V<sub>1</sub>    R<sub>05</sub> : T<sub>1</sub>    R<sub>07</sub> : Wichtig für die Anzahl der eingegebenen Größen.

4.2 Beispiele

Ein Kompressor verdichtet Luft adiabat  $\kappa = 1,4$  von  $p_1 = 100$  kPa auf 350 kPa . Die Temperatur der angesaugten Luft betrug  $T_1 = 298$ K und das Volumen  $V_1 = 100$  Liter.

- Endtemperatur der verdichteten Luft ?
- Volumen der verdichteten Luft ?
- Berechnung der Endtemperatur  $T_2$

Wert, der eingegeben wird	Tastenfolge	Anzeige
$n = 1,4$	2nd D'	1,4
$p_1 = 100$	A'	3
$T_1 = 298$	C'	298
$p_2 = 350$	A	Programm wird gestartet und Ergebnis erscheint in der Anzeige.
$T_2 = \underline{426,250} \text{ K}$		426,250

- Berechnung des Volumen der verdichteten Luft

Wert, der eingegeben wird	Tastenfolge	Anzeige
$p_1 = 100$	A'	3
$V_1 = 100$	B'	100
$p_2 = 350$	A	Programmstart, Ergebnis erscheint in der Anzeige
$V_2 = \underline{40,868} \text{ Liter}$		40,868

Ergebnisangaben sind auf 3 Stellen gerundet.

5. LITERATURHINWEISE

- [1] Näser, K.H. Physikalische Chemie  
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie  
Leipzig , 1976 14.Auflage
- [2] Gloistehn, H.H. Programmieren von Taschenrechnern 3  
Vieweg , Braunschweig, 1978

# Berechnung der Enthalpie, die Entropie und der freien Enthalpie chemischer Reaktionen in Abhängigkeit von der Temperatur

von Ingo Sander

## 1. ALLGEMEINES

Die Werte für die Enthalpie, Entropie und freie Enthalpie chemischer Reaktionen sind meist für einen bestimmten Zustand tabelliert, dies ist der Standardzustand ( 25°C und 101,325 kPa ). Wird die Reaktion bei einer anderen Temperatur durchgeführt, so gelten die tabellierten Werte höchstens näherungsweise, weil Entropie und Enthalpie Funktionen der Temperatur sind. Die genauen Werte bei den entsprechenden Temperaturen erhält man aus Tabellenwerken oder über Berechnungen mit dem Satz von Kirchhoff.

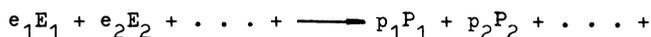
Die Anwendung des Kirchhoffschen Satzes hängt von der Kenntnis der Molwärmern für konstanten Druck der Produkte und Edukte ab. Mit dem Programm, geeignet für die Rechner TI-58/58C und TI-59 ohne Drucker, lassen sich bei Kenntnis der Molwärmern und der Standardreaktionsenthalpie und -entropie die Enthalpie und Entropie der Reaktion für eine andere Temperatur berechnen.

## 2. LÖSUNGSWEG

Der Kirchhoffsche Satz läßt sich in etwa wie folgt formulieren:

Die Differenz der Reaktionsenthalpien bei den Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  ändert sich, wie die Differenz der Molwärmern der Produkte und Edukte.

Die chemische Reaktion sei wie folgt formuliert:



Dabei bedeuten:  $e_i$  = stöchiometrische Koeffizienten der Edukte  
 $p_i$  = stöchiometrische Koeffizienten der Produkte  
 $E_i$  = Edukt, Ausgangsstoff  
 $P_i$  = Produkt, Endprodukt

Aus dem Satz von Kirchhoff ergibt sich die Änderung der Reaktionsenthalpie mit der Temperatur wie folgt:

$$\left( \frac{d \Delta H_R}{dT} \right)_p = \Delta C_p \quad (1)$$

Der Ausdruck  $\Delta C_p$  ist die Differenz der Molwärmern bei konstanten Druck der Produkte und Edukte.

$$\Delta C_p = \sum_{i=1}^n C_{p,P_i} \cdot p_i - \sum_{i=1}^n C_{p,E_i} \cdot e_i \quad (2)$$

Die Größen in Gleichung (2) bedeuten:

$C_{p,P_i}$  = Molwärme bei konstanten Druck des Produktes

$C_{p,E_i}$  = Molwärme bei konstanten Druck des Eduktes

$e_i, p_i$  = entsprechende stöchiometrischen Koeffizienten

Durch Integration von Gleichung (1), wird die Gleichung erhalten mit der sich die Reaktionsenthalpie bei einer beliebigen Temperatur berechnen läßt.

$$\Delta H_R(T) = \Delta H_R(T_0) + \int_{T_0}^T \Delta C_p \cdot dT \quad (3)$$

In dieser Gleichung bedeuten:

$T_0$  = Temperatur in K, die zu dem bekannten Wert der Reaktionsenthalpie gehört.

$T$  = Temperatur in K, deren zugehöriger Enthalpiewert interessiert.

$\Delta H_R(T)$  = Reaktionsenthalpie bei der Temperatur  $T$

$\Delta H_R(T_0)$  = Reaktionsenthalpie bei der Temperatur  $T_0$ , dieser Wert muß für die Berechnung von  $\Delta H_R(T)$  bekannt sein.

Eine analoge Gleichung, wie Gleichung (3) ergibt sich für die Entropie.

$$\Delta S_R(T) = \Delta S_R(T_0) + \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p \cdot dT}{T} \quad (4)$$

Die Größen in dieser Gleichung bedeuten:

$\Delta S_R(T)$  = Reaktionsentropie bei der Temperatur  $T$

$\Delta S_R(T_0)$  = Reaktionsentropie bei der Temperatur  $T_0$ , dieser Wert muß für die Berechnung von  $\Delta S_R(T)$  bekannt sein.

Die Berechnung der freien Enthalpie erfolgt nach der Gleichung von Gibbs - Helmholtz :

$$\Delta G_R(T) = \Delta H_R(T) - T \cdot \Delta S_R(T) \quad (5)$$

$\Delta G_R(T)$  = Freie Reaktionsenthalpie für die Temperatur T

Um die Integrale in den Gleichungen (3) und (4) lösen zu können, muß die Differenz der Molwärmern der Produkte und Edukte in Form eines analytischen Ausdruckes vorliegen. Die Molwärmern bei konstanten Druck werden häufig in Form einer Exponentialreihe dargestellt.

$$C_{p,i} = a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot T^2 + a_3 \cdot T^3 + \dots \quad (6)$$

Diese Exponentialreihe zu integrieren ist keine Schwierigkeit und wird vom Programm automatisch durchgeführt.

Für die Berechnung der Reaktionsenthalpie, Reaktionsentropie und der freien Reaktionsenthalpie müssen folgende Informationen vorliegen.

- Reaktionsgleichung
- Molwärmern der Produkte und Edukte in Form einer Exponentialreihe.
- Reaktionsenthalpie bei  $T_0$
- Reaktionsentropie bei  $T_0$

Bei Kenntnis dieser Daten kann die Reaktionsenthalpie, Reaktionsentropie und freie Reaktionsenthalpie bei einer beliebigen Temperatur berechnet werden.

### 3. PROGRAMMAUFBAU

Das Programm besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil ist die Berechnung von  $\Delta C_p$ , der zweite Teil die Berechnung von  $\Delta H_R(T)$ ,  $\Delta S_R(T)$  und  $\Delta G_R(T)$ .

Vor Eingabe der Koeffizienten der Exponentialreihe muß der entsprechende stöchiometrische Koeffizient eingegeben werden. Bei jeder Koeffizienten-Eingabe wird das Produkt aus den beiden Koeffizienten gebildet und in einem entsprechenden Speicher aufsummiert. Jeden Koeffizienten mit dem gleichen Index wird auch der selbe Speicher zugeordnet. Am Ende der Koeffizienten-Eingabe enthält jeder Speicher die Differenz der entsprechenden Koeffizienten nach Gleichung (2).

Bei Eingabe der Temperatur T über die Tasten B oder C wird das Flag 1 oder 3 gesetzt. Das Integral einer Exponentialreihe ist selber wieder eine Exponentialreihe, so daß das Programm nur

Exponentialreihen berechnen muß. Die Koeffizienten unterscheiden sich für die Integrale der Gleichungen (3) und (4), außerdem kommt beim Integral der Gleichung (4) noch ein logarithmisches Glied hinzu. Die richtige Berechnung der Stammfunktionen wird durch das Flag 1 und 3 gesteuert.

Es wird zuerst die Stammfunktion von T und im Anschluß die Stammfunktion von  $T_0$  berechnet. Die Steuerung der Berechnung der Stammfunktionen erfolgt über das Flag 2. Sind beide Stammfunktionen berechnet, so wird die Differenz gebildet und entweder die Reaktionsenthalpie bei  $T_0$  oder die Reaktionsentropie bei  $T_0$  addiert. Das Ergebnis, die Reaktionsenthalpie oder Reaktionsentropie von T, erscheint in der Anzeige.

Wird die freie Reaktionsenthalpie berechnet, so wird die Reaktionsenthalpie und die Reaktionsentropie in einem Unterprogramm bestimmt. Die Unterprogramme werden durch die Label B und C aufgerufen, liegen  $\Delta H_R(T)$  und  $\Delta S_R(T)$  vor, so wird nach der Gleichung von Gibbs-Helmholz  $\Delta G_R(T)$  berechnet.

Das Programm ist für die Rechner TI-58/58C und TI-59 ohne Drucker bestimmt. Es werden 226 Programmspeicherplätze und 19 Datenspeicher benötigt. ( T a b e l l e 1 )

#### 4. ANWENDUNGSBEISPIELE

##### 4.1 Eingabeprozedur und Speicherbelegung

##### 4.1.1 Eingabe der Koeffizienten der Exponentialreihe

Um die Reaktionsenthalpie, Reaktionsentropie oder freie Reaktionsenthalpie berechnen zu können, muß zuerst die Differenz der Molwärmern der Produkte und Edukt  $\Delta C_p$  berechnet werden. Die Berechnung von  $\Delta C_p$  wird wie folgt durchgeführt:

- Vor jeder Berechnung von  $C_p$  müssen alle Datenspeicher gelöscht werden, dies erfolgt über die Anweisung 2nd CMs .
- Bevor die Koeffizienten der Exponentialreihe eingegeben werden können, muß der stöchiometrische Koeffizient des Produktes oder Eduktes, dessen Molwärme eingegeben werden soll, über die Tastenfolge 2nd A' in den Rechner eingegeben werden. Nach der Eingabe erscheint eine Null in der Anzeige. Stöchiometrische Koeffizienten der Produkte  $p_i$  werden positiv und die der Edukte  $e_i$  negativ eingegeben.

Tabelle 1 Programmliste

000	76	LBL	057	10	10	114	87	IFF	171	02	02
001	16	A*	058	75	-	115	03	03	172	61	GTD
002	42	STD	059	01	1	116	01	01	173	00	00
003	11	11	060	95	=	117	47	47	174	49	49
004	00	0	061	32	X!T	118	87	IFF	175	43	RCL
005	42	STD	062	00	0	119	02	02	176	15	15
006	09	09	063	42	STD	120	01	01	177	75	-
007	91	R/S	064	09	09	121	33	33	178	43	RCL
008	76	LBL	065	22	INV	122	43	RCL	179	13	13
009	11	A	066	87	IFF	123	13	13	180	85	+
010	65	×	067	01	01	124	42	STD	181	43	RCL
011	43	RCL	068	00	00	125	15	15	182	17	17
012	11	11	069	74	74	126	43	RCL	183	95	=
013	95	=	070	01	1	127	14	14	184	71	SBR
014	74	SM*	071	94	+/-	128	86	STF	185	01	01
015	09	09	072	42	STD	129	02	02	186	96	96
016	69	DP	073	09	09	130	61	GTD	187	92	RTN
017	29	29	074	69	DP	131	00	00	188	91	R/S
018	43	RCL	075	29	29	132	49	49	189	76	LBL
019	10	10	076	43	RCL	133	43	RCL	190	13	C
020	32	X!T	077	12	12	134	15	15	191	86	STF
021	43	RCL	078	65	×	135	75	-	192	03	03
022	09	09	079	73	RC*	136	43	RCL	193	61	GTD
023	22	INV	080	09	09	137	13	13	194	00	00
024	77	GE	081	22	INV	138	85	+	195	49	49
025	00	00	082	87	IFF	139	43	RCL	196	22	INV
026	29	29	083	01	01	140	16	16	197	86	STF
027	42	STD	084	00	00	141	95	=	198	01	01
028	10	10	085	93	93	142	71	SBR	199	22	INV
029	91	R/S	086	55	÷	143	01	01	200	86	STF
030	76	LBL	087	53	(	144	96	96	201	02	02
031	17	B*	088	43	RCL	145	92	RTN	202	22	INV
032	42	STD	089	09	09	146	91	R/S	203	86	STF
033	16	16	090	85	+	147	87	IFF	204	03	03
034	91	R/S	091	01	1	148	02	02	205	92	RTN
035	76	LBL	092	54	)	149	01	01	206	76	LBL
036	18	C*	093	22	INV	150	75	75	207	14	D
037	42	STD	094	87	IFF	151	43	RCL	208	42	STD
038	17	17	095	03	03	152	11	11	209	18	18
039	91	R/S	096	01	01	153	55	÷	210	71	SBR
040	76	LBL	097	01	01	154	43	RCL	211	12	B
041	19	D*	098	55	÷	155	14	14	212	42	STD
042	42	STD	099	43	RCL	156	95	=	213	19	19
043	14	14	100	09	09	157	50	I×I	214	43	RCL
044	91	R/S	101	95	=	158	23	LNx	215	18	18
045	76	LBL	102	44	SUM	159	65	×	216	71	SBR
046	12	B	103	13	13	160	43	RCL	217	13	C
047	86	STF	104	43	RCL	161	00	00	218	65	×
048	01	01	105	11	11	162	85	+	219	43	RCL
049	42	STD	106	49	PRD	163	43	RCL	220	18	18
050	11	11	107	12	12	164	13	13	221	94	+/-
051	42	STD	108	43	RCL	165	95	=	222	85	+
052	12	12	109	09	09	166	42	STD	223	43	RCL
053	00	0	110	22	INV	167	15	15	224	19	19
054	42	STD	111	67	EQ	168	43	RCL	225	95	=
055	13	13	112	00	00	169	14	14	226	91	R/S
056	43	RCL	113	74	74	170	86	STF			

- Im Anschluß werden die Koeffizienten der entsprechenden Exponentialreihe in der Reihenfolge  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$  und  $a_8$  über die Taste A in den Rechner eingegeben. Nach jeder Eingabe erscheint in der Anzeige die Anzahl der Koeffizienten, die eingegeben worden sind. Das Programm ist bis  $T^8$  geeignet, damit ist  $a_8$  der letzte Koeffizient der eingegeben werden kann.
- Die Eingabe der stöchiometrischen Koeffizienten und die der Exponentialreihe wird so oft wiederholt, wie Produkte und Edukte vorhanden sind.

In den Datenspeichern  $R_{00} - R_{01}$  stehen am Ende der Eingabe die Koeffizienten der Exponentialreihe  $\Delta C_p$  in der Reihenfolge  $a_0 - a_8$ .

#### 4.1.2. Berechnung der Reaktionsenthalpie bei der Temperatur T

Es muß die Reaktionsenthalpie bei einer bestimmten Temperatur  $T_0$  bekannt sein.

- Der Wert der Reaktionsenthalpie bei der Temperatur  $T_0$  wird über die Tastenfolge 2nd B' in den Rechner eingegeben, der Wert bleibt in der Anzeige stehen. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die Einheiten von  $\Delta H_R(T_0)$  und der Lösung des Integrals übereinstimmen müssen, da sonst mit fehlerhaften Ergebnissen zu rechnen ist.
  - Die Temperatur  $T_0$  auf die sich der Wert der Reaktionsenthalpie  $\Delta H_R(T_0)$  bezieht, wird über die Tastenfolge 2nd D' in den Rechner eingegeben. Der Wert bleibt in der Anzeige stehen.
- Die beiden Schritte brauchen nur einmal ausgeführt werden, weil die Daten beim Programmablauf erhalten bleiben.
- Die Temperatur T wird über die Taste B in den Rechner eingegeben. Das Ergebnis, das in der Anzeige erscheint, ist der Wert der Reaktionsenthalpie bei der Temperatur T.

#### 4.1.3. Berechnung der Reaktionsentropie bei der Temperatur T

Die Reaktionsentropie muß bei einer bestimmten Temperatur  $T_0$  bekannt sein.

- Die Reaktionsentropie bei der Temperatur  $T_0$  wird über die Tastenfolge 2nd C' in den Rechner eingegeben. Der Wert bleibt in der Anzeige stehen.
- Die Temperatur  $T_0$  wird über die Tastenfolge 2nd D' in den Rechner eingegeben, der Wert bleibt in der Anzeige stehen.

Die Eingabe der Reaktionsentropie und der entsprechenden Temperatur  $T_0$  muß nur einmal vor Beginn der Rechnung erfolgen, da die Werte erhalten bleiben.

- Die Temperatur  $T$  wird über die Taste  $C$  in den Rechner eingegeben. Das Programm wird gestartet und der Wert der Reaktionsentropie bei der Temperatur  $T$  erscheint in der Anzeige.

#### 4.1.4. Berechnung der freien Reaktionsenthalpie bei der Temperatur $T$

Um die freie Reaktionsenthalpie berechnen zu können, muß zuvor die Reaktionsentropie und Enthalpie bei der Temperatur  $T_0$ , sowie die Temperatur  $T_0$ , in den Rechner eingegeben werden. Diese Eingabe erfolgt nach den Angaben der Abschnitte 4.1.2 und 4.1.3. Es sollte darauf geachtet werden, ob Entropie und Enthalpie in den gleichen Einheiten berechnet wird. Ist dies nicht der Fall, so muß ein Wert in den anderen umgerechnet werden, da sonst die freie Reaktionsenthalpie falsch berechnet wird.

- Die Temperatur  $T$  wird über die Taste  $D$  in den Rechner eingegeben. Nach der Eingabe startet das Programm und der Wert, der in der Anzeige erscheint, ist der Wert der freien Reaktionsenthalpie bei der Temperatur  $T$ .

#### 4.1.5 Speicherbelegung

$R_{00}$ : $a_0$ von $\Delta C_p$	$R_{11}$ : $e_i, p_i, T$
$R_{01}$ : $a_1$ von $\Delta C_p$	$R_{12}$ : $T^n \quad n = 1, 2, \dots, 8$
$R_{02}$ : $a_2$ von $\Delta C_p$	$R_{13}$ : Summe der Summanden
$R_{03}$ : $a_3$ von $\Delta C_p$	$R_{14}$ : $T_0$
$R_{04}$ : $a_4$ von $\Delta C_p$	$R_{15}$ : Stammfunktion $F(T)$
$R_{05}$ : $a_5$ von $\Delta C_p$	$R_{16}$ : $\Delta H_R(T_0)$
$R_{06}$ : $a_6$ von $\Delta C_p$	$R_{17}$ : $\Delta S_R(T_0)$
$R_{07}$ : $a_7$ von $\Delta C_p$	$R_{18}$ : $T$
$R_{08}$ : $a_8$ von $\Delta C_p$	$R_{19}$ : $\Delta H_R(T)$
$R_{09}$ : Anzahl der Koeffizienten	
$R_{10}$ : Zahl der Koeffizienten, die eingegeben worden sind.	

#### 4.2 Beispiele

Eine chemische Reaktion laufe nach folgender Reaktionsgleichung ab.



Die Molwärmen für konstanten Druck werden in folgender Form dargestellt.

$$C_{pA} = 34,12 + 0,002 T \text{ in J/ K}\cdot\text{mol}$$

$$C_{vB} = 27,21 + 0,004 T \quad \text{''}$$

$$C_{pC} = 27,21 + 0,004 T \quad \text{''}$$

Die Reaktionsenthalpie bei 298K beträgt 484,320 KJ und die Reaktionsentropie 88,88 J/K.

Welchen Wert nimmt die Reaktionsenthalpie , Reaktionsentropie und die freie Reaktionsenthalpie bei 1500K an?

4.2.1 Eingabe der Koeffizienten der Exponentialreihe

Wert, der eingegeben wird	Tastenfolge	Anzeige
Speicher löschen	2nd CMs	
$e_1 = -2$	2nd A'	0
$34,12 = a_{0,A}$	A	1
$0,002 = a_{1,A}$	A	2
$p_1 = 2$	2nd A'	0
$27,21 = a_{0,B}$	A	1
$0,004 = a_{1,B}$	A	2
$p_2 = 1$	2nd A'	0
$27,21 = a_{0,C}$	A	1
$0,004 = a_{1,C}$	A	2

4.2.2 Berechnung der Reaktionsenthalpie bei 1500K

Wert, der eingegeben wird	Tastenfolge	Anzeige
$T_0 = 298$	2nd D'	298
$\Delta H_R(T_0) = 484,320$	2nd B'	484,320
$T = 1500$	B	Programmstart
Reaktioncenthalpie bei 1500k= 509060 J		509060

4.2.3 Berechnung der Reaktionsentropie bei 1500K

Wert, der eingegeben wird	Tastenfolge	Anzeige
$T_0 = 298$	2nd D'	298
$\Delta S_R(T_0) = 88,88$	2nd C'	88,88
$T = 1500$	C	Programmstart
Reaktionsentropie bei 1500K = 120,14J/K		120,14

## 4.2.4 Berechnung der freien Reaktionsentropie bei 1500K

Wert, der eingegeben wird	Tastenfolge	Anzeige
$T_0 = 298$	2nd D'	298
$\Delta H_R(T_0) = 484320$	2nd B'	484320
$\Delta S_R(T_0) = 88,88$	2nd C'	88,88
$T = 1500$	D	Programmstart
frei Reaktionsenthalpie bei 1500K =		328856J

5. LITERATURHINWEISE

- [1] Näser, K.H.                      Physikalische Chemie  
    VEB Deutscher Verlag der Grund-  
    stoffindustrie  
    Leipzig , 1976  
    14. Auflage
- [2] Moore, W.J.                      Physikalische Chemie  
    Verlag Walter de Gruyeter  
    Berlin New York 1976  
    2. Auflage

# Berechnung der spezifischen Enthalpieänderung von Gasen

von Ingo Sander

## 1. ALLGEMEINES

Wird einem Gas Energie zugeführt oder abgeführt, so ändert sich seine spezifische Enthalpie und seine Temperatur. Diese Enthalpieänderung läßt sich direkt aus dem Enthalpie - Entropie - Diagramm ablesen oder bei Kenntnis der spezifischen Wärmekapazität berechnen.

Die spezifische Wärmekapazität für konstanten Druck ist für ideale Gase unabhängig vom Druck, bei realen Gasen ist sie neben der Abhängigkeit von der Temperatur auch noch vom Druck abhängig. Bei geringen Drucken und entsprechend hohen Temperaturen kann die Druckabhängigkeit der realen Gase vernachlässigt werden. Mit dieser Voraussetzung lassen sich Enthalpieänderungen realer Gase auch bei nicht konstanten Druck berechnen.

Nachfolgend wird ein Programm beschrieben, das für die Rechner TI-58/58C und TI-59 ohne Drucker geschrieben wurde, mit dem sich Enthalpieänderungen bei Kenntnis der spezifischen Wärmekapazität berechnen lassen.

## 2. LÖSUNGSWEG

Für die Änderung der Enthalpie eines Gases bei konstanten Druck gilt:

$$\left(\frac{dh}{dT}\right)_p = c_p \quad (1)$$

Durch Umformung gewinnt man aus der Gleichung (1) die Gleichung(2).

$$dh = c_p \cdot dT \quad (2)$$

Die Integration der Gleichung (2) liefert die für die Enthalpieänderung verwendbare Gleichung (3).

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \int_{T_1}^{T_2} c_p \cdot dT \quad (3)$$

Ist die spezifische Wärmekapazität in Form eines analytischen Ausdrucks bekannt, so kann das Integral berechnet werden.

In vielen Fällen ist die spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck eines Gases  $c_p$  in Form einer Exponentialreihe darstellbar. Eine Exponentialreihe für  $c_p$  hat folgende Form:

$$c_p = a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot T^2 + a_3 \cdot T^3 + \dots + a_8 \cdot T^8 \quad (4)$$

Setzt man diesen Ausdruck für  $c_p$  in Gleichung (3), so ist die Enthalpieänderung bei Kenntnis der Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  berechenbar. Die Integration der Gleichung (4) liefert wieder eine Exponentialreihe, die leicht zu programmieren ist.

Die spezifische Wärmekapazität für konstanten Druck  $c_p$  gilt im Prinzip nur für einen Druck. Bei idealen Gasen ist die spezifische Wärmekapazität nur eine Funktion der Temperatur, bei realen Gasen eine Funktion der Temperatur und des Druckes. Ist der Druck des realen Gases nicht so hoch und seine Temperatur genügend groß, so kann die Druckabhängigkeit der Wärmekapazität eines realen Gases vernachlässigt werden. Mit dieser Annahme kann die Enthalpieänderung berechnet werden, selbst wenn sich der Druck verändert. Die Annahme der Druckunabhängigkeit gilt nur solange, wie die Isothermen im Enthalpie-Entropie-Diagramm waagrecht verlaufen.

### 3. PROGRAMMAUFBAU

Das Programm besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil übernimmt die Eingabe der Koeffizienten, der zweite Teil die Berechnung des Integrals.

Die Koeffizienten werden alle über die Taste A in der Reihenfolge  $a_0 - a_8$  eingegeben. Durch eine indirekte Speicherung werden die Koeffizienten in die Speicher  $R_{00-08}$  eingelesen. Aus diesen Speichern können die Werte dann beliebig oft aufgerufen werden.

Die Integration startet mit der Eingabe der oberen Grenze  $T_2$ . Es wird die Stammfunktion von  $T_2$  berechnet, ist die Stammfunktion berechnet wird das Flag 1 gesetzt und die Stammfunktion von  $T_1$ ,

die untere Grenze, berechnet. Im Anschluß wird die Differenz der Stammfunktionen gebildet und angezeigt, da dies die gesuchte Änderung der spezifischen Enthalpie ist.

Das Programm ist für die Rechner TI-58/58C und TI-59 ohne Drucker vorgesehen und benötigt 86 Programmspeicherplätze und 14 Datenspeicher(T a b e l l e 1 ).

Tabelle 1 Programmliste

000	76	LBL	022	42	STD	044	55	÷	066	00	00
001	11	A	023	12	12	045	53	(	067	77	77
002	72	ST*	024	00	0	046	43	RCL	068	43	RCL
003	10	10	025	42	STD	047	09	09	069	13	13
004	01	1	026	13	13	048	85	+	070	48	EXC
005	44	SUM	027	43	RCL	049	01	1	071	14	14
006	10	10	028	10	10	050	54	)	072	86	STF
007	43	RCL	029	75	-	051	95	=	073	01	01
008	10	10	030	01	1	052	44	SUM	074	61	GTD
009	75	-	031	95	=	053	13	13	075	00	00
010	01	1	032	32	X:T	054	43	RCL	076	20	20
011	95	=	033	01	1	055	11	11	077	43	RCL
012	91	R/S	034	94	+/-	056	49	PRD	078	14	14
013	76	LBL	035	42	STD	057	12	12	079	75	-
014	17	B'	036	09	09	058	43	RCL	080	43	RCL
015	42	STD	037	69	DP	059	09	09	081	13	13
016	14	14	038	29	29	060	22	INV	082	95	=
017	91	R/S	039	43	RCL	061	67	EQ	083	22	INV
018	76	LBL	040	12	12	062	00	00	084	86	STF
019	12	B	041	65	x	063	37	37	085	01	01
020	42	STD	042	73	RC*	064	87	IFF	086	91	R/S
021	11	11	043	09	09	065	01	01			

#### 4. ANWENDUNGSBEISPIELE

##### 4.1 Eingabeprozedur und Speicherbelegung

###### 4.1.1 Eingabe der Koeffizienten der Exponentialreihe

- Vor jeder erneuten Eingabe müssen die Speicher gelöscht werden, dies geschieht durch die Anweisung 2nd CMs .
- Die Eingabe der Koeffizienten erfolgt über die Taste A . Die Koeffizienten werden in der Reihenfolge  $a_0, a_1, \dots, a_8$  in den Rechner eingegeben. Nach jeder Eingabe erscheint der Index in der Anzeige, des Koeffizienten, der zuvor eingegeben worden ist.
- Bei fehlerhaften Eingaben löscht man alle Speicher und beginnt die Eingabe erneut.

#### 4.1.2 Berechnung der Enthalpieänderung h

- Die Temperatur des Zustandes 1  $T_1$  wird über die Tastenfolge 2nd B\* in den Rechner eingegeben . Der Wert bleibt in der Anzeige stehen.
- Die Temperatur des Zustandes 2  $T_2$  wird bei B eingegeben . Nach der Eingabe startet das Programm und der Wert der Enthalpieänderung  $\Delta h$  wird in der Anzeige angezeigt.

Es lassen sich nur Exponentialreihen bis  $T^8$  mit diesem Programm programmieren ,  $a_8$  ist damit der letzte Koeffizient der eingegeben werden kann.

#### 4.1.3 Die Speicherbelegung

$R_{00}$ : $a_0$ von $c_p$	$R_{10}$ : Zahl der Koeffizienten, die eingegeben worden ist.
$R_{01}$ : $a_1$ von $c_p$	$R_{11}$ : T
$R_{02}$ : $a_2$ von $c_p$	$R_{12}$ : $T^n$ $n=1,2,\dots,8$
$R_{03}$ : $a_3$ von $c_p$	$R_{13}$ : Summe der Summanden
$R_{04}$ : $a_4$ von $c_p$	$R_{14}$ : $T_1$ , $F(T_2)$
$R_{05}$ : $a_5$ von $c_p$	
$R_{06}$ : $a_6$ von $c_p$	
$R_{07}$ : $a_7$ von $c_p$	
$R_{08}$ : $a_8$ von $c_p$	
$R_{09}$ : Anzahl der Koeffizienten	

#### 4.2 Beispiel

Die spezifische Wärmekapazität eines Gases liegt in Form einer Exponentialreihe vor.

$$c_p = a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot T^2 + a_3 \cdot T^3 + a_4 \cdot T^4 + a_5 \cdot T^5 \quad c_p \text{ in KJ/K} \cdot \text{kg}$$

Die Koeffizienten besitzen folgende Werte :

$$\begin{array}{lll} a_0 = 0,0034 & a_2 = 0,634 & a_4 = -0,111 \\ a_1 = -0,045 & a_3 = -0,234 & a_5 = 0,003 \end{array}$$

Wie groß ist die Enthalpieänderung , wenn sich die Temperatur von 250K auf 300K ändert ?

4.2.1 Eingabe der Koeffizienten

Wert , Bedeutung	Tastenfolge	Anzeige
Speicher löschen	2nd CMs	
$a_0 = 0,0034$	A	0
$a_1 = -0,045$	A	1
$a_2 = 0,634$	A	2
$a_3 = -0,234$	A	3
$a_4 = -0,111$	A	4
$a_5 = 0,003$	A	5

Die Koeffizienten sind in der Reihenfolge  $a_{0-5}$  in den Datenspeichern  $R_{00-05}$  gespeichert.

4.2.2 Berechnung der Enthalpieänderung

Wert , Bedeutung	Tastenfolge	Anzeige
$T_1 = 250$	2nd B'	250
$T_2 = 300$	B	Programmstart und der Wert von $\Delta h$ erscheint in der Anzeige
$\Delta h = 2,0992 \cdot 10^{11} \text{ kJ/kg}$		$2,0992 \cdot 10^{11}$

Der Wert ist auf 4 Stellen gerundet.

5. BEDEUTUNG DER GRÖSSEN

$h$  = spezifische Enthalpie

$\Delta h$  = Änderung der spezifischen Enthalpie

$c_p$  = spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck

$T_1$  = Temperatur des Gases im Zustand 1 in Kelvin

$T_2$  = Temperatur des Gases im Zustand 2 in Kelvin

$a_i$  = Koeffizienten der Exponentialreihe

6. LITERATURHINWEIS

- [1] Baehr, H.D. Thermodynamik  
Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York 1981  
5. Auflage

# Durchlaufträger über zehn Felder unter beliebiger Belastung

von Heinz Mensing

## 1. ALLGEMEINES

Es führt im allgemeinen immer wieder zu einem erheblichen Arbeitsaufwand, Balken über mehrere Felder zu berechnen. Es gibt eine Vielzahl von statischen Verfahren, um solche Probleme zu lösen. So gibt es Tafelwerte für Durchlaufträger, die aber konstante Stützweiten und bestimmte Belastungsfälle voraussetzen. Treffen diese Bedingungen jedoch einmal nicht zu, so sind, um Näherungen auszuschließen, genauere statische Berechnungen anzustellen, wobei für Durchlaufträger iterative Methoden nach dem Weggrößenverfahren Vorteile gegenüber Kraftgrößenmethoden haben. Ziel des nachfolgend beschriebenen Programmes soll nun sein, eine iterative Methode für einen Tischrechner aufzuarbeiten und zwar unter dem Aspekt, möglichst viele Speicherplätze bereitzuhalten.

## 2. PROGRAMMBESCHREIBUNG

Clapeyron hat die aus dem Kraftgrößenverfahren entstandene Dreimomentengleichung in eine spezielle Form gebracht:

$$M_{i-1}l_i + 2M_i(l_i + l_{i+1}) + M_{i+1}l_{i+1} = -R_i l_i - L_{i+1} l_{i+1}. \quad (1)$$

Dieser Ausdruck ist Grundlage der Iteration. Die Belastungsglieder  $R$  und  $L$  sind in verschiedenen Tabellenwerken für nahezu sämtliche Lastfälle durch Formeln erfaßt und so leicht zu bestimmen (z. B. in [1]). Damit ist der Kern des Pro-

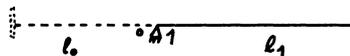
grammes erfaßt. Die Eingabedaten belaufen sich somit nur auf drei Positionen:

- a) Eingabe der Feldweiten
- b) Eingabe der Lagerungsbedingungen am Endauflager
- c) Eingabe der Belastungsglieder

In den verschiedenen Berechnungsverfahren ist es oft nur möglich, zwischen einer festen Einspannung oder einer vollkommen gelenkig gestalteten Außenlagerung zu unterscheiden. Häufig tritt aber eine teilweise Einspannung auf, die dann nur ungenügend berücksichtigt werden kann. Das vorliegende Programm bietet die Möglichkeit, diese Ungenauigkeit rechnerisch auszuschließen. Wenn der Einspanngrad bekannt ist ( $c_o/c_u$ - Verfahren etc.), dann braucht nur die Differenz zu 1 an der entsprechenden Stelle (siehe Eingabebeschreibung sowie Beispiel 2) mit **n e g a t i v e m** Vorzeichen eingelesen werden. Handelt es sich jedoch um eine vollkommen gelenkige Lagerung, so ist eine "0" einzugeben (für eine Einspannung eine "-1").

Das Programm nutzt dabei die Tatsache aus, daß die Summe aller Einspanngrade am Knoten 1 ergeben muß. Dabei wird eine Ersatzstablänge  $l_o$  (bzw.  $l_{n+1}$ ) bestimmt, die dann vom Programm verarbeitet wird.

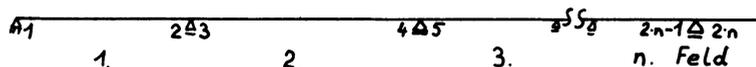
Beispiel:



Das Lager A hat einen Einspanngrad  $m$ . Unter der Voraussetzung, daß der fiktive Anschlußstab an seinem Ende fest eingespannt ist, läßt sich die Ersatzstablänge aus Aufteilungszahl und Stabkennwerten berechnen; einem Vollgelenk schließt sich ein Stab von unendlicher Länge an (aus mathematischen Gründen hier aber  $l_o = 10^9$ ), bei der Einspannung ist  $l_o = 0$ .

Feldweise unterschiedliche Flächenmomente  $I$  können durch eine veränderte Längeneingabe berücksichtigt werden; die neue Feldweite  $l'_i$  entsteht aus  $l'_i = l_i \frac{I_c}{I_i}$ ,  $I_c$  ist bekanntlich das Vergleichsflächenmoment, das beliebig gewählt werden kann. Die Belastungsglieder sind jedoch mit der wirklichen Stablänge zu bestimmen.

Um die Eingabe der Belastungsglieder übersichtlich zu gestalten, ist es notwendig, die einzelnen Positionen nach folgendem Schema festzulegen:



In der Eingabe braucht dann nur für die Knotennummer die Belastungsgröße eingegeben werden. Dadurch vereinfacht sich der Gebrauch erheblich, zum Beispiel, wenn nur einzelne Felder belastet sind.

3. EINGABEBESCHREIBUNG

Bevor das Programm eingelesen werden kann, ist die Speicherbereichsverteilung auf 319.79 zu verändern. Nachdem in einer Vorrechnung die Belastungsglieder für die einzelnen Stäbe ermittelt worden sind, müssen gegebenenfalls unterschiedliche  $I_i$  berücksichtigt werden. Danach setzt sich die Eingabe für das Programm wie folgt zusammen:

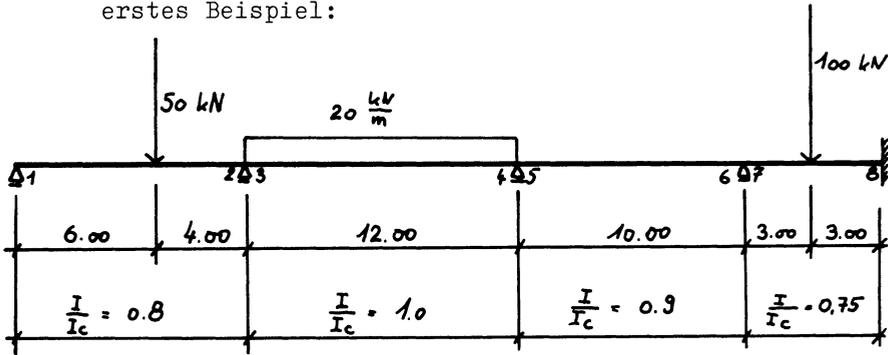
Eingabe	Anzeige	
R/S	13	
n	-1	Anzahl der Felder
$l_1$	$l_1$	erste Stablänge
$-m'_1$	1	$m'_1=1-m_1$ ; $m_1$ = Einspanngrad
$l_i$	$l_i$	sämtliche weitere
bis $l_{n-1}$	$l_{n-1}$	Stützweiten
$l_n$	$l_n$	letzte Stablänge
$-m'_n$	1	$m'_n=1-m_n$ ; $m_n$ = Einspanngrad
$g_i$	$26+g_i$	Knotennummer links
$L_i$	$L_i$	Belastungsgröße links
$g_{i+1}$	$26+g_{i+1}$	Knotennummer rechts
$R_{i+1}$	$R_{i+1}$	Belastungsgröße rechts
...	...	...
o		Ende der Eingabe

4. AUSGABEBESCHREIBUNG

Um nicht unnötig viel Speicherkapazität zu verbrauchen, ist auf eine aufwendige Ausgabe verzichtet worden. Auf dem

Druckerbild erscheinen die Stützmente sämtlicher Auflager, also auch der Außenlager, wenn diese als gelenkig angenommen worden sind (Druckerbild 0.0000). Die Reihenfolge entspricht der der Eingabe. Sollte keine Ausdruckmöglichkeit bestehen, so sind die Werte ab Speicherplatz 31 zu finden.

erstes Beispiel:

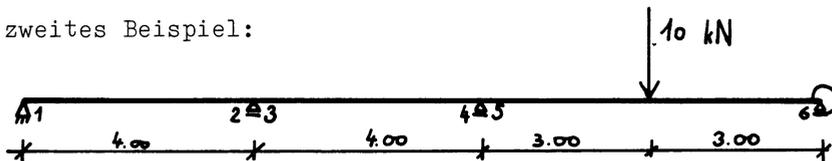


Eingabe:

Anzeige:

R/S	13
4	-1
12.5	12.5
0	1
12	12
11.11111	11.11111
8	8
-1	-1
1	27
168	168
2	28
192	192
3	29
720	720
4	30
720	720
7	33
225	225
8	34
225	225
0	

zweites Beispiel:



$EI = \text{const.}$

Bei "6" soll es sich um eine 45% Einspannung handeln.

Eingabe:

Anzeige:

R/S	13
3	-1
4	4
o	1
4	4
6	6
-0.55	1
5	31
22.5	22.5
6	32
22.5	22.5
o	

Lösungen:

erstes Beispiel

zweites Beispiel

0.00000	-0.00000
-190.46886	1.35892
-142.25476	-5.43553
19.88772	-5.28756
-122.44386	

## Programm

000	00	0	054	65	×	108	42	\$:TD	162	44	\$:UM
001	32	×:T	055	53	(	109	00	00	163	01	01
002	01	1	056	01	1	110	02	2	164	69	[IP
003	03	3	057	85	+	111	05	5	165	26	26
004	42	\$:TD	058	43	RCL	112	42	\$:TD	166	69	[IP
005	00	00	059	05	05	113	01	01	167	22	22
006	91	R/S	060	54	)	114	01	1	168	69	[IP
007	42	\$:TD	061	95	=	115	01	1	169	23	23
008	04	04	062	94	+/-	116	42	\$:TD	170	69	[IP
009	42	\$:TD	063	72	\$:T*	117	02	02	171	25	25
010	08	08	064	01	01	118	01	1	172	61	G:TD
011	85	+	065	01	1	119	02	2	173	01	01
012	03	3	066	42	\$:TD	120	42	\$:TD	174	30	30
013	95	=	067	01	01	121	03	03	175	76	LBL
014	42	\$:TD	068	69	[IP	122	05	5	176	30	TAN
015	07	07	069	20	20	123	00	0	177	09	9
016	01	1	070	61	G:TD	124	42	\$:TD	178	42	\$:TD
017	94	+/-	071	28	LOG	125	05	05	179	09	09
018	42	\$:TD	072	76	LBL	126	06	6	180	02	2
019	01	01	073	52	EE	127	04	4	181	03	3
020	03	3	074	71	\$:BR	128	42	\$:TD	182	42	\$:TD
021	44	\$:UM	075	42	\$:TD	129	06	06	183	01	01
022	04	04	076	01	1	130	73	FC*	184	02	2
023	69	[IP	077	52	EE	131	00	00	185	04	4
024	28	28	078	09	9	132	65	×	186	42	\$:TD
025	76	LBL	079	72	\$:T*	133	73	FC*	187	00	00
026	28	LOG	080	01	01	134	02	02	188	00	0
027	22	INV	081	01	1	135	85	+	189	72	\$:T*
028	97	DISZ	082	42	\$:TD	136	73	FC*	190	00	00
029	07	07	083	01	01	137	01	01	191	22	INV
030	23	LNx	084	69	[IP	138	65	×	192	97	DISZ
031	91	R/S	085	20	20	139	73	FC*	193	01	01
032	42	\$:TD	086	61	G:TD	140	03	03	194	32	×:T
033	05	05	087	28	LOG	141	95	=	195	69	[IP
034	22	INV	088	76	LBL	142	72	\$:T*	196	20	20
035	77	GE	089	23	LNx	143	05	05	197	61	G:TD
036	57	ENG	090	91	R/S	144	73	FC*	198	01	01
037	67	EQ	091	67	EQ	145	02	02	199	88	88
038	52	EE	092	24	CE	146	85	+	200	76	LBL
039	72	\$:T*	093	85	+	147	73	FC*	201	32	×:T
040	00	00	094	02	2	148	03	03	202	43	RCL
041	69	[IP	095	06	6	149	95	=	203	08	08
042	20	20	096	95	=	150	65	×	204	42	\$:TD
043	61	G:TD	097	42	\$:TD	151	02	2	205	07	07
044	28	LOG	098	01	01	152	95	=	206	02	2
045	76	LBL	099	91	R/S	153	72	\$:T*	207	44	\$:UM
046	57	ENG	100	72	\$:T*	154	06	06	208	07	07
047	71	\$:BR	101	01	01	155	22	INV	209	22	INV
048	42	\$:TD	102	61	G:TD	156	97	DISZ	210	97	DISZ
049	73	FC*	103	23	LNx	157	04	04	211	09	09
050	00	00	104	76	LBL	158	30	TAN	212	35	1/X
051	55	÷	105	24	CE	159	02	2	213	05	5
052	43	RCL	106	02	2	160	44	\$:UM	214	00	0
053	05	05	107	04	4	161	00	00	215	42	\$:TD

## Fortsetzung

216	10	10	242	10	10	268	01	1	294	22	INV
217	02	2	243	85	+	269	44	SUM	295	52	EE
218	09	9	244	73	RC*	270	10	10	296	69	DP
219	42	STD	245	01	01	271	69	DP	297	06	06
220	01	01	246	65	x	272	21	21	298	22	INV
221	01	1	247	73	RC*	273	69	DP	299	97	ISZ
222	01	1	248	02	02	274	22	22	300	08	08
223	42	STD	249	85	+	275	69	DP	301	23	LNK
224	02	02	250	73	RC*	276	23	23	302	69	DP
225	03	3	251	03	03	277	69	DP	303	20	20
226	01	1	252	65	x	278	24	24	304	61	GTD
227	42	STD	253	73	RC*	279	69	DP	305	02	02
228	03	03	254	04	04	280	25	25	306	92	92
229	01	1	255	95	=	281	69	DP	307	76	LBL
230	02	2	256	55	÷	282	26	26	308	42	STD
231	42	STD	257	73	RC*	283	61	GTD	309	69	DP
232	04	04	258	05	05	284	02	02	310	30	30
233	06	6	259	95	=	285	41	41	311	43	PCL
234	04	4	260	94	+/-	286	76	LBL	312	00	00
235	42	STD	261	72	ST*	287	35	1/X	313	85	+
236	05	05	262	06	06	288	03	3	314	43	PCL
237	03	3	263	25	CLR	289	01	1	315	01	01
238	00	0	264	22	INV	290	42	STD	316	95	=
239	42	STD	265	97	ISZ	291	00	00	317	42	STD
240	06	06	266	07	07	292	73	RC*	318	01	01
241	73	RC*	267	32	X:IT	293	00	00	319	92	RTN

## Literaturverzeichnis:

[1] Betonkalender 1979, Teil I, Seite 602 ff.

# Konsumenten-Ratenkredite (Kleinkredite)

von Heinrich Hoffmeier

## 1 GRUNDLAGE

Seit dem 1.1.1981 gilt eine neue Formel zur Berechnung der Effektivverzinsung von Ratenkrediten [1], um die Vergleichsmöglichkeiten der verschiedenen Angebote zu verbessern und die Vorschriften der Preisangabenverordnung [2] zu erfüllen:

$$q^J \cdot \left(1 + \frac{m}{12} \cdot i\right) - \frac{100 + M \cdot p + b}{100 \cdot M} \cdot \left[\left(\frac{11}{2} + \frac{12}{i}\right) \cdot (q^J - 1) \cdot \left(1 + \frac{m}{12} \cdot i\right) + m \cdot \left(1 + \frac{m-1}{24} \cdot i\right)\right] = 0$$

mit den Parametern

p = nomineller Zinssatz in % pro Monat des Kreditbetrages

b = Bearbeitungsgebühr in % des Kreditbetrages

M = Gesamtlaufzeit in Monaten (Anzahl der Rückzahlungsraten)

J = Laufzeit in vollen Jahren ( $J = \text{int}(M/12)$ )

m = restliche Laufzeit in Monaten ( $m = M - J \cdot 12$ )

e = Effektivzinssatz in % p.a. (als Ergebnis nach Preisangabenverordnung mit mind. 1, höchstens 2 Nachkommastellen)

i =  $e/100$

q =  $1+i$

und weiteren Variablen im Programm

erg = Ergebnis der jeweiligen Formelberechnung (Iteration)

$\Delta$ erg = gewünschte Genauigkeit

sign(erg) = Vorzeichen von erg

sign(erg alt) = Vorzeichen des vorherigen erg

ind(x) = indirektes Ansprechen der jeweils gesuchten Lösungsvariablen i, p, M oder b

$\Delta$ ind(x) = dergl. für die Schrittweite

## 2 PROGRAMMUMFANG

### 2.1 Berechnungsgrößen

Das Programm ermöglicht neben der Berechnung der Effektivverzinsung auch die Berechnung des nominellen Zinssatzes p.M. (p), der Laufzeit (Monatsraten M) und der Bearbeitungsgebühr (b).

Der gesuchte Parameter ist bei der Eingabe jeweils zu übergehen. Die Eingabewerte zu p, M oder e müssen  $\geq 0$  sein (aus praktischen Gründen wird auf  $> \Delta_{\text{erg}}$  geprüft), da sowohl eine Division durch 0 (bei M und i) zu vermeiden ist als auch negative Zinsen unsinnig sind (p und i). Darüber hinaus werden als Anfangswert und Schrittweite für den gesuchten Wert teilerfremde Zahlen gewählt; der Wert bleibt also bei der Iteration  $\neq 0$ . Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß bei Wahl extremer Parametergrößen falsche bzw. unsinnige Ergebnisse auftreten können (z.B. bei kleinem p und negativem b wird e negativ, bei großem p und kleinem e wird M oder b negativ). Branchenübliche Werte liegen im folgenden Bereich:

p: zwischen 0,30 und 0,80 (2 Nachkommastellen)

b: durchweg bei 2

M: zwischen 12 und 60 (ohne Nachkommastellen)

e: zwischen 7,50 und 20,00 (1 oder 2 Nachkommastellen)

Die Höhe des Kreditbetrages und der Ratenbeträge hat keinen Einfluß auf die Formel. Es gilt:

$$\text{Ratenbetrag} = (\text{Kreditbetrag} \cdot (100 + b + m \cdot p)) / (100 \cdot M),$$

wobei der Ratenbetrag auf volle DM gerundet und die Differenz bei der ersten Rate berücksichtigt wird.

## 2.2 Grenzwerte durch die Bearbeitungsgebühr

Interessant ist der Einfluß der Bearbeitungsgebühr auf die Effektivverzinsung, dargestellt mit den Werten aus Beispiel 1:

<u>Laufzeit Monate</u>	<u>e ohne b</u>	<u>e mit b</u>	
unterer Grenzwert	0,00	47,06	nur von b abhängig, bei $M \rightarrow 0$ allgemein: $(2400 \cdot b) / (100 + b)$
1	7,44	31,45	
2	9,96	26,20	
3	11,26	23,62	
5	12,66	21,12	
8	13,76	19,62	
12	14,66	18,94	
24	14,77 (Max.)	16,83	
50	14,32	15,23	
100	13,39	13,80	
1000	8,99	9,01	
oberer Grenzwert	7,70	7,70	nur von p abhängig, bei $M \rightarrow \infty$ allgemein: $(1200 \cdot p) / (100 - 5 \cdot p)$

### 2.3 Anfangswerte der Iteration

Die Werte für p und i wurden im Hinblick auf das derzeitige hohe Zinsniveau gewählt, wobei der vorgegebene Signum-Wert bewirkt, daß der Anfangswert beim 2. Durchlauf um die Schrittweite erhöht wird. Es empfiehlt sich, bei einem Rückgang der Zinsen entweder das Vorzeichen des Signum-Wertes zu ändern oder den Anfangswert zu ermäßigen. Sinngemäß ist zu verfahren, falls nur Berechnungen für längere Ratenlaufzeiten vorgenommen werden.

Berechnung von	Anfangswert	Schrittweite	Signum-Wert	Änderung des jeweiligen Anfangswertes, falls Ergebnis	
				negativ	positiv
i	0,1	0,03	-1	Erhöhung	Ermäßigung
p	0,5	0,03	+1	Ermäßigung	Erhöhung
M	20	6	-1	Erhöhung	Ermäßigung
b	1	0,3	+1	Ermäßigung	Erhöhung

### 3 PROGRAMMABLAUF

Voreinstellung des Rechners: keine (Normalverteilung).

Die Ziffern zur Parametereingabe werden wiederholt, falls die Eingabe ungültig ist. Den zu berechnenden Parameter mit R/S übergehen. Bei Anzeige "5" Auswahl der Berechnung mit "B", "C", "D" oder "E"; wird stattdessen R/S gedrückt, ist Eingabewiederholung nötig bzw. möglich. Das Programm läuft ab Auswahl der Berechnung durchweg 2 - 3 min bei 20 - 30 Schleifendurchläufen; die Laufzeit hängt von der gewünschten Genauigkeit ab.

Die Verzweigungen erfolgen über die absoluten Adressen, die einzelnen Programmteile sind jedoch noch mit "LBL ..." gekennzeichnet (s. Struktogramm, Zeilennr. in Klammern). Ferner enthält das Programm eine große Anzahl Nop-Zeilen, die zur Änderung der voreingestellten Werte oder zum Einbau von R/S- und Prt-Befehlen usw. benützt werden können (z.B. Ergebnis der Formel bei Schritt 220).

	<u>Eingabe</u>	<u>Betätigung</u>	<u>Anzeige</u>
Start des Programms		A	1
Zinssatz pro Monat in %	p	R/S	2
Bearbeitungsgebühr in %	b	R/S	3
Laufzeit in Monaten	M	R/S	4
Effektivzinssatz p.a. in %	e	R/S	5
<u>entweder</u> erneute Eingabe		R/S	
<u>oder</u> Auswahl Berechnung von			
e		B	n,nn
p		C	n,nn
M		D	n,nn
b		E	n,nn

## Speicherbelegung:

R00		R10	sign(erg alt)
R01	p	R11	erg
R02	b	R12	$\Delta$ erg
R03	M	R13	$\Delta$ i, $\Delta$ p, $\Delta$ M, $\Delta$ b
R04	i	R14	(1+M/12*i) als Zwischenwert
R05	m	R15	Anzeige-Ergebnis n,nn
R06	J	R16	
R07	Schleifenzähler	R17	ind.Adressen für i, p, M oder b
R08	$q^3$ (Zwischenwert)	R18	
R09		R19	

Flags: Flag1 bei Berechnung von i  
 Flag3 bei Berechnung von M

## 4 HINWEIS FÜR TI 58-BENUTZER

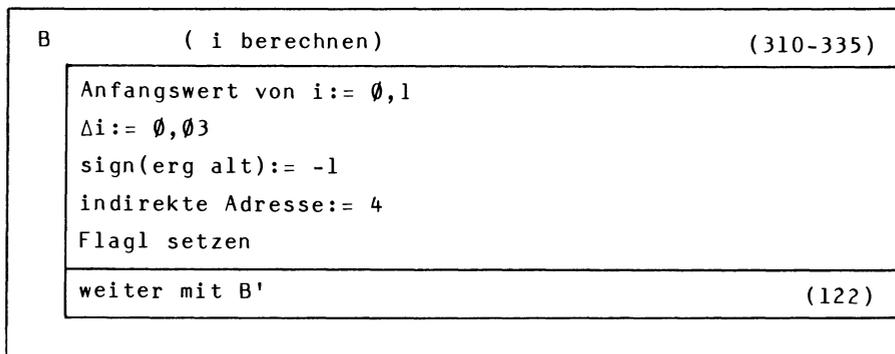
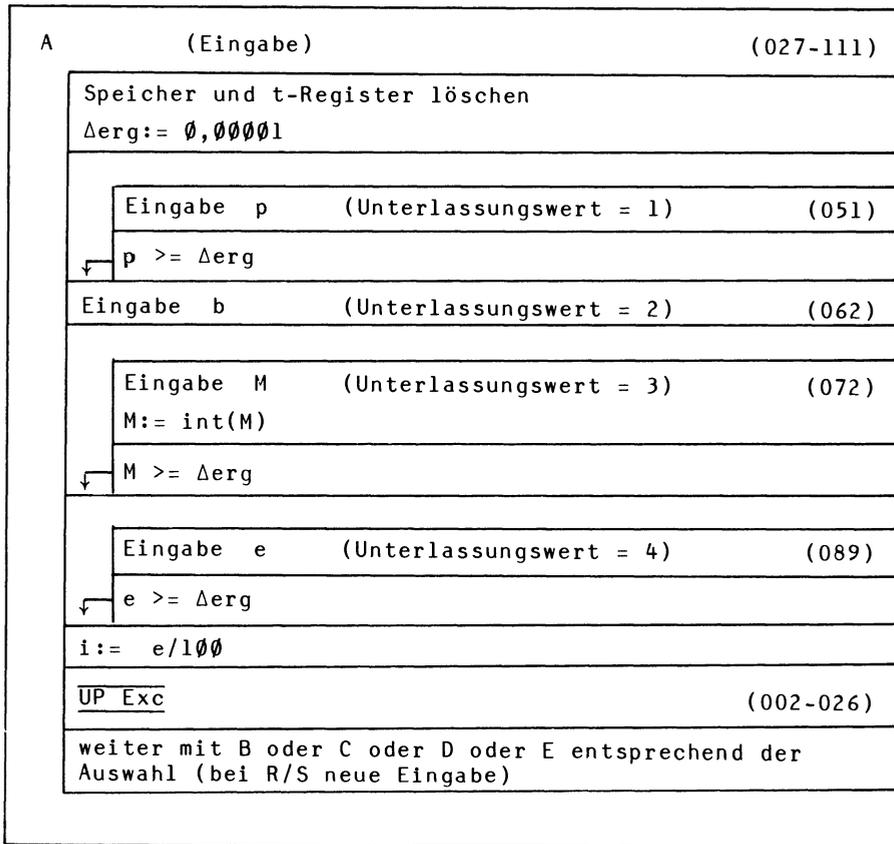
Die Reduzierung der Zeilenzahl auf 320 ist durch Entfernen der Nop-Zeilen, der Eingabepfung und der nicht benötigten Label möglich, wobei jedoch die absoluten Adressen der Verzweigungen zu ändern sind.

5 BEISPIELE

	1		2	
<b>Eingabe von</b>				
	1.		1.	
p	0.62		0.58	
	2.		2.	
b	2.		2.	
	3.		3.	
M	30.		36.	
	4.		4.	
- (R/S)	4.		4.	
Ausgabe e	16.26		14.96	
 <b>Speicher-</b>				
<b>inhalt</b>	0.	00	0.	00
	0.62	01	0.58	01
	2.	02	2.	02
	30.	03	36.	03
	0.16258	04	0.149593	04
	6.	05	0.	05
	2.	06	3.	06
	27.	07	21.	07
	1.351592256	08	1.519260799	08
	0.	09	0.	09
	1.	10	-1.	10
	.0000046092	11	-.0000076958	11
	0.00001	12	0.00001	12
	-0.00003	13	0.000003	13
	1.00129	14	1.	14
	16.258	15	14.9593	15
	0.	16	0.	16
	4.	17	4.	17
	0.	18	0.	18
	0.	19	0.	19

**Gegenrechnungen:**

mit b, M, e	p = 0,62	p = 0,58
mit p, b, e	M = 29,98	M = 36,00
mit p, M, e	b = 2,00	b = 2,00

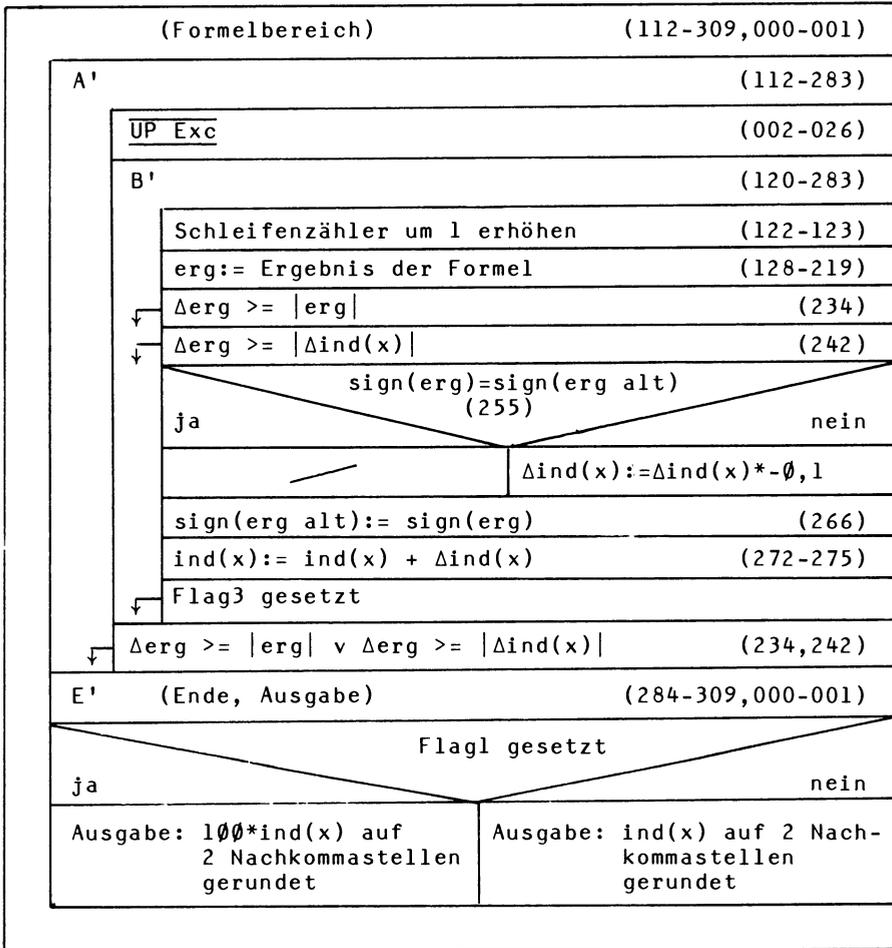


C	( p berechnen )	( 336-359 )
Anfangswert von p := 0,5 $\Delta p := 0,03$ sign(erg alt) := +1 indirekte Adresse := 1		
weiter mit B'		(122)

D	( M berechnen )	( 360-384 )
Anfangswert von M := 20 $\Delta M := 6$ sign(erg alt) := -1 indirekte Adresse := 3 Flag3 setzen		
weiter mit A'		(114)

E	( b berechnen )	( 385-402 )
Anfangswert von b := 1 $\Delta b := 0,3$ sign(erg alt) := +1 indirekte Adresse := 2		
weiter mit B'		(122)

UP Exc	( 002-026 )
J := int(M/12) m := M - J*12	



## Anweisungsliste für TI-59

000	91	R/S	055	49	49	110	68	NOP	165	85	+
001	81	RST	056	99	PRT	111	68	NOP	166	43	RCL
002	76	LBL	057	42	STO	112	76	LBL	167	02	02
003	48	EXC	058	01	01	113	16	A'	168	54	)
004	43	RCL	059	68	NOP	114	71	SBR	169	55	÷
005	03	03	060	02	2	115	00	00	170	43	RCL
006	55	÷	061	99	PRT	116	02	02	171	03	03
007	01	1	062	91	R/S	117	68	NOP	172	55	÷
008	02	2	063	99	PRT	118	68	NOP	173	01	1
009	95	=	064	42	STO	119	68	NOP	174	00	0
010	59	INT	065	02	02	120	76	LBL	175	00	0
011	42	STO	066	68	NOP	121	17	B'	176	65	x
012	06	06	067	68	NOP	122	69	OP	177	53	(
013	65	x	068	76	LBL	123	27	27	178	53	(
014	01	1	069	39	COS	124	68	NOP	179	05	5
015	02	2	070	03	3	125	68	NOP	180	93	.
016	94	+/-	071	99	PRT	126	68	NOP	181	05	5
017	85	+	072	91	R/S	127	68	NOP	182	85	+
018	43	RCL	073	59	INT	128	43	RCL	183	01	1
019	03	03	074	22	INV	129	04	04	184	02	2
020	95	=	075	77	GE	130	85	+	185	55	÷
021	42	STO	076	00	00	131	01	1	186	43	RCL
022	05	05	077	70	70	132	95	=	187	04	04
023	68	NOP	078	99	PRT	133	45	YX	188	54	)
024	68	NOP	079	42	STO	134	43	RCL	189	65	x
025	68	NOP	080	03	03	135	06	06	190	53	(
026	92	RTN	081	68	NOP	136	95	=	191	43	RCL
027	76	LBL	082	68	NOP	137	42	STO	192	08	08
028	11	A	083	68	NOP	138	08	08	193	75	-
029	47	CMS	084	68	NOP	139	65	x	194	01	1
030	29	CP	085	76	LBL	140	53	(	195	54	)
031	68	NOP	086	30	TAN	141	01	1	196	65	x
032	68	NOP	087	04	4	142	85	+	197	43	RCL
033	68	NOP	088	99	PRT	143	43	RCL	198	14	14
034	93	.	089	91	R/S	144	05	05	199	85	+
035	00	0	090	22	INV	145	55	÷	200	43	RCL
036	00	0	091	77	GE	146	01	1	201	05	05
037	00	0	092	00	00	147	02	2	202	65	x
038	00	0	093	87	87	148	65	x	203	53	(
039	01	1	094	99	PRT	149	43	RCL	204	01	1
040	00	0	095	55	÷	150	04	04	205	85	+
041	00	0	096	01	1	151	54	)	206	53	(
042	42	STO	097	00	0	152	42	STO	207	43	RCL
043	12	12	098	00	0	153	14	14	208	05	05
044	32	X:T	099	95	=	154	75	-	209	75	-
045	22	INV	100	42	STO	155	53	(	210	01	1
046	58	FIX	101	04	04	156	43	RCL	211	54	)
047	76	LBL	102	71	SBR	157	03	03	212	55	÷
048	38	SIN	103	00	00	158	65	x	213	02	2
049	01	1	104	02	02	159	43	RCL	214	04	4
050	99	PRT	105	68	NOP	160	01	01	215	65	x
051	91	R/S	106	05	5	161	85	+	216	43	RCL
052	22	INV	107	95	=	162	01	1	217	04	04
053	77	GE	108	91	R/S	163	00	0	218	54	)
054	00	00	109	11	A	164	00	0	219	95	=

## Fortsetzung

220	68	NOP	275	17	17	330	86	STF	385	76	LBL
221	68	NOP	276	87	IFF	331	01	01	386	15	E
222	68	NOP	277	03	03	332	61	GTO	387	01	1
223	68	NOP	278	01	01	333	01	01	388	42	STO
224	68	NOP	279	14	14	334	22	22	389	02	02
225	68	NOP	280	61	GTO	335	68	NOP	390	68	NOP
226	68	NOP	281	01	01	336	76	LBL	391	42	STO
227	68	NOP	282	22	22	337	13	C	392	10	10
228	42	STO	283	68	NOP	338	93	.	393	93	.
229	11	11	284	76	LBL	339	05	5	394	03	3
230	50	I×I	285	10	E'	340	00	0	395	42	STO
231	32	X:T	286	22	INV	341	42	STO	396	13	13
232	43	RCL	287	87	IFF	342	01	01	397	02	2
233	12	12	288	01	01	343	93	.	398	42	STO
234	77	GE	289	02	02	344	00	0	399	17	17
235	02	02	290	97	97	345	03	3	400	61	GTO
236	86	86	291	01	1	346	42	STO	401	01	01
237	32	X:T	292	00	0	347	13	13	402	22	22
238	43	RCL	293	00	0	348	68	NOP	403	68	NOP
239	13	13	294	65	x	349	01	1	404	68	NOP
240	50	I×I	295	76	LBL	350	42	STO	405	68	NOP
241	32	X:T	296	19	D'	351	10	10	406	68	NOP
242	77	GE	297	73	RC*	352	42	STO			
243	02	02	298	17	17	353	17	17			
244	86	86	299	95	=	354	61	GTO			
245	68	NOP	300	58	FIX	355	01	01			
246	68	NOP	301	02	02	356	22	22			
247	68	NOP	302	42	STO	357	68	NOP			
248	43	RCL	303	15	15	358	68	NOP			
249	11	11	304	99	PRT	359	68	NOP			
250	69	OP	305	81	RST	360	76	LBL			
251	10	10	306	68	NOP	361	14	D			
252	32	X:T	307	68	NOP	362	02	2			
253	43	RCL	308	68	NOP	363	00	0			
254	10	10	309	68	NOP	364	42	STO			
255	67	EQ	310	76	LBL	365	03	03			
256	02	02	311	12	B	366	06	6			
257	65	65	312	93	.	367	42	STO	003	48	EXC
258	93	.	313	01	1	368	13	13	028	11	A
259	01	1	314	00	0	369	01	1	048	38	SIN
260	94	+/-	315	42	STO	370	94	+/-	069	39	COS
261	49	PRD	316	04	04	371	42	STO	086	30	TAN
262	13	13	317	93	.	372	10	10	113	16	A'
263	76	LBL	318	00	0	373	03	3	121	17	B'
264	18	C'	319	03	3	374	42	STO	264	18	C'
265	32	X:T	320	42	STO	375	17	17	285	10	E'
266	42	STO	321	13	13	376	68	NOP	296	19	D'
267	10	10	322	68	NOP	377	68	NOP	311	12	B
268	68	NOP	323	01	1	378	68	NOP	337	13	C
269	68	NOP	324	94	+/-	379	68	NOP	361	14	D
270	68	NOP	325	42	STO	380	86	STF	386	15	E
271	68	NOP	326	10	10	381	03	03			
272	43	RCL	327	04	4	382	61	GTO			
273	13	13	328	42	STO	383	01	01			
274	74	SM*	329	17	17	384	14	14			

Label

## Hinweise für HP-Benutzer:

Die Programmversion für den HP41C ist in den folgenden Punkten gegenüber der TI 59-Beschreibung und dem Struktogramm geändert worden:

1. Die Eingabeaufforderung wurde auf Text umgestellt.
2. Der Formelbereich (A', B', E') wird als Unterprogramm von B, C, D oder E aufgerufen, wobei die Ausgabe des jeweiligen Ergebnisses mit Text erfolgt.
3. Die Berechnung der Formel beginnt in der innersten Klammer.
4. Die im Struktogramm genannten Zeilennummern gelten natürlich nicht für den HP41C.

Die HP-Benutzer werden um Verständnis dafür gebeten, daß bei größtmöglicher Beibehaltung der TI-Struktur das HP-Programm nicht optimal sein kann.

Voreinstellung: SIZE 020 (407 Bytes), Drucker = NORM.

01*LBL "RAKRE"	42 X<Y	83 6	124 Y1X	165 X<Y	206 12
02*LBL A	43 100	84 STO 13	125 STO 08	166 -	207 /
03 CLRG	44 /	85 -1	126 1	167 STO 11	208 INT
04 FIX 0	45 STO 04	86 STO 10	127 -	168 ABS	209 STO 06
05 CF 03	46*LBL 05	87 3	128 *	169 RCL 12	210 12
06 SF 27	47 XEQ "EXC"	88 STO 17	129 RCL 05	170 X<Y	211 *
07 CF 29	48 "5-B, C, D, E ?"	89 SF 03	130 RCL 04	171 X=Y?	212 CHS
08 1 E-5	49 PROMPT	90 XEQ a	131 *	172 GTO e	213 RCL 03
09 STO 12	50*LBL B	91 "M="	132 12	173 RDN	214 +
10*LBL 01	51 ,1	92 ARCL X	133 /	174 RCL 13	215 STO 05
11 1	52 STO 04	93 "1 MON."	134 1	175 ABS	216 RTN
12 "1-P= %P.M.?"	53 ,03	94 AVIEW	135 +	176 X<Y?	217 END
13 PROMPT	54 STO 13	95 RTN	136 STO 14	177 GTO e	
14 STO 01	55 -1	96*LBL E	137 *	178 RCL 10	LBL"RAKRE
15 RCL 12	56 STO 10	97 1	138 RCL 05	179 RCL 11	LBL"EXC
16 X>Y?	57 4	98 STO 02	139 1	180 SIGN	END 407 BYTES
17 GTO 01	58 STO 17	99 STO 10	140 -	181 STO 10	
18*LBL 02	59 SF 01	100 ,3	141 RCL 04	182 X=Y?	
19 2	60 XEQ b	101 STO 13	142 *	183 GTO c	
20 "2-b= %?"	61 "e="	102 2	143 24	184 -1	
21 PROMPT	62 ARCL X	103 STO 17	144 /	185 ST* 13	
22 STO 02	63 "1 %P.A."	104 XEQ b	145 1	186*LBL c	
23 RCL 12	64 AVIEW	105 "b="	146 +	187 RCL 13	
24 X>Y?	65 RTN	106 ARCL X	147 RCL 05	188 ST+ IND 17	
25 GTO 02	66*LBL C	107 "1 %"	148 *	189 FS? 03	
26*LBL 03	67 ,5	108 AVIEW	149 +	190 GTO a	
27 3	68 STO 01	109 RTN	150 RCL 03	191 GTO b	
28 "3-M= MON.?"	69 ,03	110*LBL a	151 RCL 01	192*LBL e	
29 PROMPT	70 STO 13	111 XEQ "EXC"	152 *	193 100	
30 INT	71 1	112*LBL b	153 RCL 02	194 ENTER↑	
31 STO 03	72 STO 10	113 1	154 +	195 1	
32 RCL 12	73 STO 17	114 ST+ 07	155 100	196 FS?C 01	
33 X>Y?	74 XEQ b	115 12	156 +	197 X<Y	
34 GTO 03	75 "P="	116 RCL 04	157 RCL 03	198 RCL IND 17	
35*LBL 04	76 ARCL X	117 /	158 /	199 *	
36 4	77 "1 %P.M."	118 5,5	159 100	200 FIX 2	
37 "4-e= %P.A.?"	78 AVIEW	119 +	160 /	201 RND	
38 PROMPT	79 RTN	120 RCL 04	161 *	202 STO 15	
39 RCL 12	80*LBL D	121 1	162 RCL 08	203 RTN	
40 X>Y?	81 20	122 +	163 RCL 14	204*LBL "EXC"	
41 GTO 04	82 STO 03	123 RCL 06	164 *	205 RCL 03	

```

01*LBL "RAKRE"
02*LBL A
CLRG FIX 0 CF 03
SF 27 CF 29 1 E-5
STO 12

10*LBL 01
1 "1-P= %P.M.?" PROMPT
STO 01 RCL 12 X>Y?
GTO 01

18*LBL 02
2 "2-b= %?" PROMPT
STO 02 RCL 12 X>Y?
GTO 02

26*LBL 03
3 "3-M= MON.?" PROMPT
INT STO 03 RCL 12
X>Y? GTO 03

35*LBL 04
4 "4-e= %P.A.?" PROMPT
RCL 12 X>Y? GTO 04
X<>Y 100 / STO 04

46*LBL 05
XEQ "EXC"
"5-B, C, D, E ?" PROMPT

50*LBL B
,1 STO 04 ,03 STO 13
-1 STO 10 4 STO 17
SF 01 XEQ b "e="
ARCL X "t %P.A." AVIEW
RTN

66*LBL C
,5 STO 01 ,03 STO 13
1 STO 10 STO 17 XEQ b
"P=" ARCL X "t %P.M."
AVIEW RTN

80*LBL D
20 STO 03 6 STO 13
-1 STO 10 3 STO 17
SF 03 XEQ a "M="
ARCL X "t MON." AVIEW
RTN

96*LBL E
1 STO 02 STO 10 ,3
STO 13 2 STO 17 XEQ b
"b=" ARCL X "t %?"
AVIEW RTN

110*LBL a
XEQ "EXC"

112*LBL b
1 ST+ 07 12 RCL 04 /
5,5 + RCL 04 1 +
RCL 06 Y↑X STO 08 1
- * RCL 05 RCL 04 *
12 / 1 + STO 14 *
RCL 05 1 - RCL 04 *

24 / 1 + RCL 05 *
+ RCL 03 RCL 01 *
RCL 02 + 100 +
RCL 03 / 100 / *
RCL 08 RCL 14 * X<>Y
- STO 11 ABS RCL 12
X<>Y X<=Y? GTO e RDH
RCL 13 ABS X<=Y?
GTO e RCL 10 RCL 11
SIGN STO 10 X=Y?
GTO c -.1 ST* 13

186*LBL c
RCL 13 ST+ IND 17
FS? 03 GTO a GTO b

192*LBL e
100 ENTER↑ 1 FS?C 01
X<>Y RCL IND 17 *
FIX 2 RND STO 15 RTN

204*LBL "EXC"
RCL 03 12 / INT
STO 06 12 * CHS
RCL 03 + STO 05 RTN
END

LBL"RAKRE
LBL"EXC
END 407 BYTES

```

## LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Bund-Länder-Ausschuß "Preisauszeichnung":  
Grundsätze zur Berechnung des effektiven Jahreszinses  
nach der Verordnung über Preisangaben (PAngV)  
vom 3.12.1980
- [2] Verordnung über Preisangaben (PAngV) vom 10.5.1973  
BGBI I S.461 (1973)

VIEWEG

# Programmieren von Taschenrechnern

Band 3

Hans G. Gloistehn

## Lehr- und Übungsbuch für den TI-66, TI-58 und TI-59

4., überarb. Aufl. 1983. VIII, 154 S. 12 X 19,5 cm. Br.

Inhalt: Anleitung zum Programmieren mit dem TI-66, TI-58 und TI-59: Manuelles Rechnen / Programmaufbau und Programmherstellung / Verzweigungen / Unterprogramme / Der Drucker PC 100A – Programmbeispiele aus der Mathematik und Technik.

Dieses Lehr- und Übungsbuch führt den Leser in das Programmieren von Taschenrechnern ein, ohne daß Kenntnisse auf diesem Gebiet vorausgesetzt werden. Der Leser lernt die Programmiertechnik und die Fähigkeit, mathematische und technische Probleme zu formulieren und in die Sprache des Rechners umzusetzen.

Anhand vieler Beispiele aus der Mathematik und Technik wird gezeigt, wie die Programmiertechnik angewendet wird. Zahlreiche Übungsaufgaben geben dem Leser die Gelegenheit, sein gelerntes Wissen zu überprüfen und zu festigen. Das Buch wendet sich vorwiegend an Studenten an Fachhochschulen und Universitäten und an Lehrer und Schüler der Sekundarstufe II.



