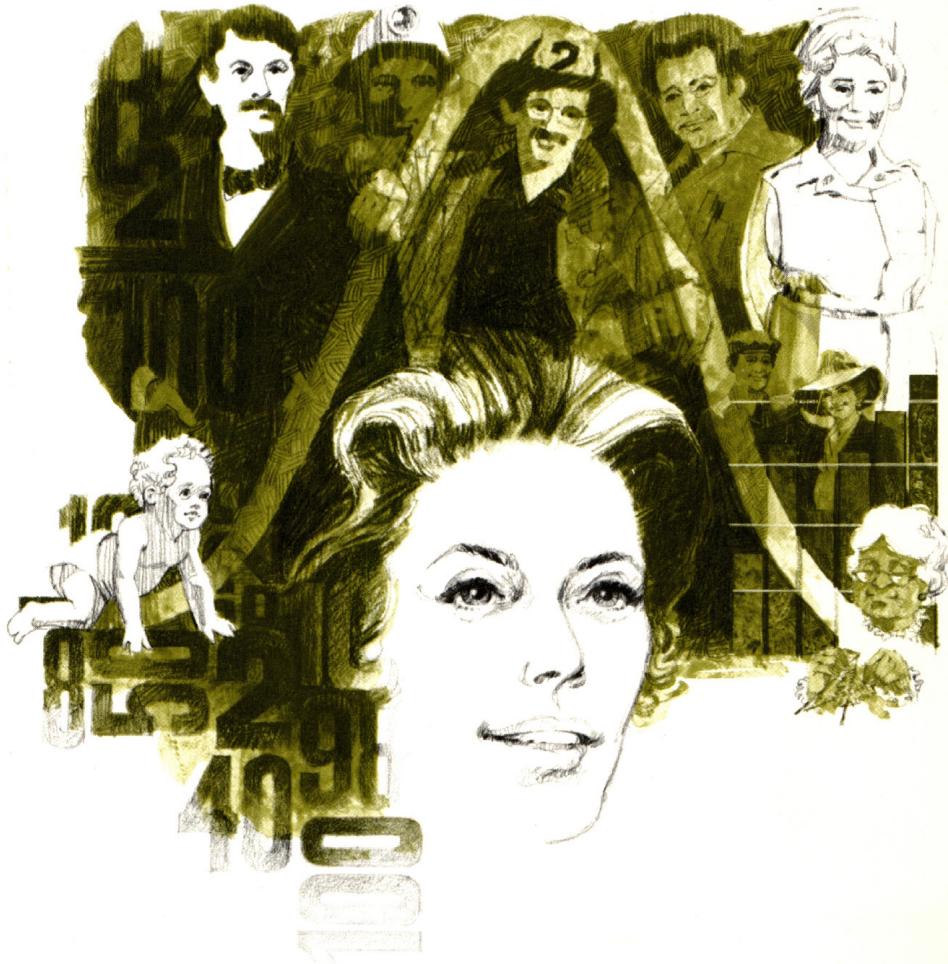


HEWLETT-PACKARD

# HP-67/HP-97

Statistik-Paket



Das hierin enthaltene Programm-Material ist mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Hewlett-Packard übernimmt infolgedessen keine Verantwortung und wird keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieses Programm-Materials oder Teilen davon entsteht.

## Einleitung

Die 21 Programme des Statistik-Paketes sind verschiedenen Gebieten der allgemeinen Statistik entnommen.

Das Programm Paket enthält zu jedem dieser Programme eine oder zwei Magnetkarten und ausführliche Beschreibungen im jeweiligen Abschnitt dieses Handbuchs. Dort sind neben allgemeinen Angaben zum Programm auch die verwendeten Formeln und eine Liste mit Bedienungsanweisungen angegeben, die bei der Verwendung der Programme zu beachten sind. Die Handhabung der Programme wird außerdem durch Beispiele erläutert, für die auch die Tasten angegeben sind, die für diese spezielle Rechnung zu drücken sind. In den Speicherlisten finden Sie weitere Kommentare zu der Arbeitsweise des jeweiligen Programms. Wenn Sie die Wirkungsweise der Programme anhand dieser Listen genau verfolgen, können Sie zahlreiche Erfahrungen bezüglich der Programmierung Ihres Rechners sammeln.

Auf der Vorderseite der Magnetkarten sind Symbole aufgedruckt, die als «Kurzanleitung» für die Verwendung des Programms gedacht sind. Wenn Sie sich zum ersten Mal mit einem speziellen Programm befassen, sollten Sie die Tabelle mit den Bedienungsanweisungen zur Hilfe nehmen. Im Anschluß daran werden Ihnen die Abkürzungen auf der Programm karte genügend Informationen für die Verwendung des Programms bieten. Sie können diesen Symbolen entnehmen, welche Daten einzugeben sind, welche Programmtasten Sie drücken müssen und wie die angezeigten Ergebnisse zu interpretieren sind. Eine Zusammenstellung aller Symbole, die bei der Beschriftung der Magnetkarten verwendet werden, finden Sie im Anhang Seite 172.

Wenn Sie bereits einige Programme des mit Ihrem Rechner gelieferten Standardpaketes verwendet haben, wissen Sie, wie die Programme eingelesen werden und die Bedienungsanweisungen zu befolgen sind. Falls Sie sich aber noch nicht mit der Verwendung vorprogrammierter Magnetkarten befaßt haben, sollten Sie sich einige Minuten Zeit nehmen und die Abschnitte *Einlesen eines Programms* und *Aufbau der Bedienungsanweisungen* im Handbuch zu Ihrem Standardpaket nachlesen. Wir hoffen, daß Ihnen das Statistik-Paket ein nützliches Hilfsmittel bei Ihren täglichen Berechnungen ist und sehen gerne Ihren Kommentaren, Fragen und Vorschlägen entgegen; sie sind unsere wichtigste Quelle für die Entwicklung neuer benutzerorientierter Programme.

## Notizen

# Inhaltsverzeichnis

Einige Bemerkungen zur Verwendung der Programme .....	7
<b>Allgemeine Statistik</b>	
1. <b>Statistische Grundgrößen</b>	
Statistische Grundgrößen für zwei Variablen, unklassifizierte oder klassifizierte Daten .....	10
2. <b>Fakultät, Kombinationen ohne Wiederholung mit/ohne Berücksichtigung der Anordnung</b>	
Berechnet die Fakultät (erweiterter Bereich) sowie Kombinationen mit oder ohne Berücksichtigung der Anordnung .....	16
3. <b>Momente, Schiefe und Steilheit (Kurtosis) (für klassifizierte und nicht klassifizierte Daten)</b>	
Das Programm berechnet verschiedene Momente, die Schiefe und Steilheit als Maß für die Eigenschaften einer Verteilung ...	20
4. <b>Erzeugung von Zufallszahlen</b>	
Es werden bis zu 500 000 verschiedene gleichverteilte Pseudo-Zufallszahlen, normalverteilte Zufallszahlen und exponential-verteilte Zufallsziffern erzeugt .....	24
5. <b>Histogramm</b>	
Das Programm errechnet Daten für ein Histogramm mit 24 Intervallen gleicher Breite zwischen vorzugebenden Grenzen ...	30
<b>Varianzanalyse</b>	
6. <b>Einfache Varianzanalyse</b>	
Das Programm testet die beobachteten Unterschiede zwischen den Mittelwerten von k Stichproben .....	36
7. <b>Doppelte Varianzanalyse</b>	
Zerlegung der Gesamt-Variabilität einer gegebenen Datenmenge in einzelne Komponenten mit verschiedenen Einflüssen .....	42
8. <b>Einfache Kovarianzanalyse</b>	
Testen den Einfluß einer Variablen unabhängig von dem Effekt einer zweiten Variablen .....	48
<b>Verteilungsfunktionen</b>	
9. <b>Normalverteilung und invertiertes Normalverteilungsintegral</b>	
Das Programm berechnet die Dichtefunktion und die Verteilungsfunktion einer standardisierten Normalverteilung sowie das invertierte Normalverteilungsintegral .....	56

<b>10. Chi-Quadrat-Verteilung</b> Das Programm berechnet die Dichtefunktion der Chi-Quadrat-Verteilung und über eine Reihenentwicklung die Chi-Quadrat-Verteilungsfunktion . . . . .	60
<b>11. t-Verteilung</b> Das Programm berechnet die Dichtefunktion der t-Verteilung und die Verteilungsfunktion, wenn x und die Anzahl der Freiheitsgrade v gegeben ist . . . . .	64
<b>12. F-Verteilung</b> Das Integral der F-Verteilung wird für gegebene Werte x (x > 0) und Anzahl der Freiheitsgrade v <sub>1</sub> und v <sub>2</sub> berechnet, vorausgesetzt, daß entweder v <sub>1</sub> oder v <sub>2</sub> geradzahlig ist . . . . .	68
<b>Kurvenanpassung</b>	
<b>13. Multiple lineare Regression</b> Lineare Regression nach der Kleinst-Quadrat-Methode für zwei unabhängige Variablen . . . . .	72
<b>14. Approximation von Funktionen durch Polynome</b> Wenn die Funktion f(x) in Form der Funktionswerte an Punkten gleichen Abstands gegeben ist, kann das Programm ein Polynom m-ten Grades (2 ≤ m ≤ 4) anpassen . . . . .	76
<b>Statistische Tests</b>	
<b>15. t-Test</b> Der t-Test für gepaarte Stichproben testet die Nullhypothese H <sub>0</sub> : μ <sub>1</sub> = μ <sub>2</sub> . Für unabhängige Stichproben testet das Programm die Nullhypothese H <sub>0</sub> : μ <sub>1</sub> - μ <sub>2</sub> = d . . . . .	82
<b>16. Chi-Quadrat-Test</b> Der Wert der χ <sup>2</sup> -Testvariablen wird als Maß für die Güte der Anpassung berechnet . . . . .	88
<b>17. Kontingenztafel (Unabhängigkeitstest)</b> 2 × k- und 3 × k-Kontingenztafeln werden zum Testen der Nullhypothese verwendet, daß die Variablen voneinander unabhängig sind . . . . .	92
<b>18. Spearman'scher Rangkorrelationskoeffizient</b> Das Programm prüft, ob die von zwei Beobachtern vorgenommene Einteilung von Individuen in verschiedene Ränge im wesentlichen übereinstimmt . . . . .	100

**Qualitätskontrolle****19. Statistische Qualitätskontrolle mit Kontrollkarten**

Mit Hilfe von Kontrollkarten lässt sich das Einhalten der Sollwerte regelmäßig überwachen (das Programm berücksichtigt die  $\bar{x}$ -Karte und R-Karte) ..... 104

**20. Operations-Charakteristik**

Das Programm berechnet die Annahmewahrscheinlichkeit  $P_a$  für eine einzelne Stichprobe mit endlicher oder unendlicher Herstellunglosgröße ..... 110

**Warteschlangen-Theorie****21. Warteschlangen (eine oder mehrere Abfertigungsstellen)**

Warteschlangen-Theorie für eine endliche oder unendliche Zahl abzufertigender Kunden ..... 116

**Programmlisten** ..... 123**Beschriftungshinweise auf Magnetkarten** ..... 172

## Notizen

## Einige Bemerkungen zur Verwendung der Programme

Die vorliegende Programmsammlung ist zusammen mit zwei verschiedenen Hewlett-Packard Rechnern verwendbar: mit dem *programmierbaren Rechner HP-97 im Attaché-Format mit eingebautem Thermodrucker* und mit dem *programmierbaren Taschenrechner HP-67*. Der wesentliche Unterschied beider Rechner besteht im eingebauten Drucker beim HP-97. Darüber hinaus unterscheiden sich beide Rechnermodelle noch in weiteren weniger wichtigen Details. Dieser Abschnitt befaßt sich mit der Auswirkung dieser Unterschiede auf die Verwendung der Programme dieses Paketes und soll Ihnen dabei helfen, den größten Nutzen aus dem Programm-Material und Ihrem Rechner zu ziehen, sei es nun ein HP-67 oder HP-97.

Die meisten Ergebnisse werden im Rahmen dieser Programmsammlung mit Hilfe eines PRINT-Befehls ausgegeben; in der Regel über eine **PRINT X**-Anweisung und gelegentlich über den Programmschritt **PRINT: STACK**. Beim HP-97 werden diese Rechenresultate vom eingebauten Thermodrucker ausgegeben. Der HP-67 interpretiert diese Druckanweisungen dagegen als Pausebefehle: das Programm hält an und das Ergebnis erscheint für ca. 5 Sekunden in der Anzeige. Anschließend setzt der HP-67 die Ausführung des Programms fort. Diese Form der Ausgabe wird allgemein als PRINT/PAUSE-Anweisung bezeichnet. Wenn Sie Besitzer eines HP-67 sind, wünschen Sie vielleicht, daß Ihnen zum Aufschreiben der Ergebnisse mehr Zeit verbleibt. Dazu genügt es, wenn Sie während der Programmpause eine beliebige Taste auf dem Tastenfeld Ihres HP-67 drücken. Wenn der soeben ausgeführte Programmschritt eine **PRINT X**-Anweisung ist (achtmaliges schnelles Blinken des Dezimalpunktes), hält das Programm nach Drücken der Taste an. Wurde dagegen ein **PRINT: STACK**-Befehl ausgeführt (zweimaliges langsameres Blinken des Dezimalpunktes), verbleibt die soeben angezeigte Zahl solange in der Anzeige, wie Sie die Taste gedrückt halten; dann wird das nächste Stackregister angezeigt usw. Wenn alle vier Stackregister angezeigt worden sind, hält das Programm an, falls vorher eine Taste gedrückt worden ist. In beiden Fällen können Sie das Programm mit **R/S** zu beliebigem Zeitpunkt wieder starten.

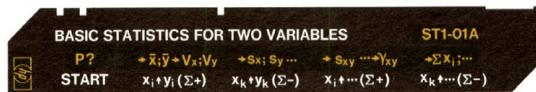
Als Besitzer eines HP-97 sind Sie vielleicht daran interessiert, auch von den eingetasteten Werten (Ausgangsdaten) einen gedruckten Beleg zu erhalten. Dazu ist lediglich der Drucker-Wahlschalter in Stellung NORM (normal) zu schieben. Der HP-97 druckt dann sämtliche eingetasteten Zahlen und die gedrückten Programmtasten, so daß Sie eine vollständige Dokumentation des ausgeführten Programms erhalten. Einige Programme dieses Paketes sehen einen automatischen Ausgabe-Modus für errechnete Daten vor («AUTO»-Modus), der auf der

Magnetkarte mit PRINT oder P? bezeichnet ist. Das trifft im wesentlichen für solche Programme zu, bei denen lange Listen von Resultaten anfallen, die dann im Rahmen einer PRINT/PAUSE-Anweisung automatisch ausgegeben werden. Falls Sie diese Möglichkeit nicht über die entsprechende Programmtaste wählen, der «AUTO»-Modus also «abgeschaltet» ist, hält der Rechner jeweils nach der Berechnung eines Ergebnisses an. Der «AUTO»-Modus kann sowohl beim HP-97 als auch beim HP-67 verwendet werden. Der HP-97 druckt, wenn dieser Modus «eingeschaltet» ist, automatisch sämtliche Ergebnisse aus. Beim HP-67 ist es dagegen bisweilen sinnvoller, den «AUTO»-Modus abgeschaltet zu lassen, wenn die Reihe der Resultate notiert werden soll. Weitere Unterschiede zwischen beiden Rechnermodellen können im Zusammenhang mit den Tastenfolgen auffallen, die zu den einzelnen Rechenbeispielen in dieser Programmsammlung angegeben sind. Dabei treten bisweilen Operationen auf, die Präfix-Tasten erfordern; das sind **f** beim HP-97 und **f**, **g** und **h** beim HP-67. So wird zum Beispiel die Operation  $10^x$  beim HP-97 als **f** **10<sup>x</sup>** und beim HP-67 als **g** **10<sup>x</sup>** ausgeführt. In solchen Fällen sind die entsprechenden Präfix-Tasten nicht mit aufgeführt (es heißt hier also einfach **10<sup>x</sup>**). Achten Sie beim Rechnen der Beispiele darauf, daß Sie, falls erforderlich, die entsprechende Präfix-Taste nicht vergessen.

Außerdem sind die Ergebnisse zu den Rechenbeispielen, die durch einen **PRINT x**-Befehl ausgegeben werden, durch ein nachgestelltes Drei-Sterne-Symbol (\*\*\*\*) gekennzeichnet.

## Notizen

## Statistische Grundgrößen



Dieses Programm berechnet zu gegebenen (unklassifizierten) Daten  $\{(x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, n\}$  oder zu gegebenen klassifizierten Daten  $\{(x_i, y_i, f_i), i = 1, 2, \dots, n\}$  die Mittelwerte, Standardabweichungen, Kovarianz, Korrelationskoeffizient, Variationskoeffizient sowie verschiedene Summen der Produkte und Quadrate dieser Daten. Mit  $f_i$  werden die jeweiligen (absoluten) Häufigkeiten der Daten bezeichnet.

$$\text{Mittelwerte: } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\text{Standardabweichung: } s_x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - n\bar{x}^2}{n-1}}$$

$$\left( \text{oder } s_x' \right) = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - n\bar{x}^2}{n}}$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum y_i^2 - n\bar{y}^2}{n-1}}$$

$$\left( \text{oder } s_y' \right) = \sqrt{\frac{\sum y_i^2 - n\bar{y}^2}{n}}$$

$$\text{Kovarianz: } s_{xy} = \frac{1}{n-1} \left( \sum x_i y_i - \frac{1}{n} \sum x_i \sum y_i \right)$$

$$\left( \text{oder } s_{xy}' \right) = \frac{1}{n} \left[ \sum x_i y_i - \frac{1}{n} \sum x_i \sum y_i \right]$$

$$\text{Korrelationskoeffizient: } r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

$$\text{Variationskoeffizient: } V_x = \frac{s_x}{\bar{x}} 100, \quad V_y = \frac{s_y}{\bar{y}} 100$$

### Anmerkung:

n ist positiv, ganzzahlig und  $n > 1$ .

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		f a	1.00
4	Gehen Sie für klassifizierte Daten nach			
	Zeile 8			
5	Führen Sie für unklassifizierte Daten die			
	Zeilen 6–7 für $i = 1, 2, \dots, k, \dots, n$ aus			
6	Geben Sie ein: $x_i$	$x_i$	↑	$x_i$
	$y_i$	$y_i$	B	$i$
7	Falls Sie bei der Eingabe von $x_k, y_k$ einen			
	Fehler gemacht haben, ist wie folgt zu			
	korrigieren:	$x_k$	↑	$x_k$
		$y_k$	C	$i-1$
8	Führen Sie für klassifizierte Daten die Zeilen			
	9–10 für $i = 1, 2, \dots, k, \dots, n$ aus			
9	Geben Sie ein: $x_i$	$x_i$	↑	$x_i$
	$y_i$	$y_i$	↑	$y_i$
	$f_i$	$f_i$	D	$\Sigma f_i$
10	Falls Sie bei der Eingabe von $x_k, y_k, f_k$			
	einen Fehler gemacht haben, ist wie folgt zu			
	korrigieren:	$x_k$	↑	$x_k$
		$y_k$	↑	$y_k$
		$f_k$	E	$\Sigma f_i - f_k$
11	Berechnung der Mittelwerte: $\bar{x}$		f b	$\bar{x}$
	$\bar{y}$		R/S	$\bar{y}$
12	Berechnung der Variationskoeffizienten: $V_x$		f b	$V_x$
	$V_y$		R/S	$V_y$
13	Berechnung der Standardabweichungen $s_x$		f c	$s_x$
	$s_y$		R/S	$s_y$
	$s_x'$		f c	$s_x'$
	$s_y'$		R/S	$s_y'$
14	Berechnung der Kovarianz: $s_{xy}$		f d	$s_{xy}$
	$s_{xy}'$		R/S	$s_{xy}'$

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
15	Berechnung des Korrelationskoeffizienten $r_{xy}$		f d	$r_{xy}$
16	Berechnung der Summen: $\Sigma x_i$		f e	$\Sigma x_i$
	$\Sigma y_i$		R/S	$\Sigma y_i$
	$\Sigma x_i y_i$		R/S	$\Sigma x_i y_i$
17	Berechnung der Quadratsummen: $\Sigma x_i^2$		f e	$\Sigma x_i^2$
	$\Sigma y_i^2$		R/S	$\Sigma y_i^2$
	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder auszuschalten, drücken Sie			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF 0	

### Beispiel 1:

Berechnen Sie zu den folgenden Daten die Mittelwerte, Standardabweichungen, Kovarianz, Korrelationskoeffizient, Variationskoeffizienten sowie die verschiedenen Summen.

$x_i$	26	30	44	50	62	68	74
$y_i$	92	85	78	81	54	51	40

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

A

0.00 \*\*\*

f a

1.00 \*\*\*

26 **ENTER** 92 B → 26.00 \*\*\* (x<sub>1</sub>)  
 92.00 \*\*\* (y<sub>1</sub>)  
 1.00 \*\*\* (i = 1)

100 **ENTER** 100 B → 100.00 \*\*\* (x<sub>2</sub>) (Fehler)  
 100.00 \*\*\* (y<sub>2</sub>)  
 2.00 \*\*\* (i = 2)

100 **ENTER** 100 C → 100.00 \*\*\* (x<sub>2</sub>) (Berichtig.)  
 100.00 \*\*\* (y<sub>2</sub>)  
 1.00 \*\*\* (i = 1)

30 **ENTER** 85 B → 30.00 \*\*\* (x<sub>2</sub>)  
 85.00 \*\*\* (y<sub>2</sub>)  
 2.00 \*\*\* (i = 2)

44 **ENTER** 78 B → 44.00 \*\*\* (x<sub>3</sub>)  
 78.00 \*\*\* (y<sub>3</sub>)  
 3.00 \*\*\* (i = 3)

50 **ENTER** 81 B → 50.00 \*\*\* (x<sub>4</sub>)  
 81.00 \*\*\* (y<sub>4</sub>)  
 4.00 \*\*\* (i = 4)

62	<b>ENTER↑</b> 54	<b>B</b>	→	62.00 ***	(x <sub>5</sub> )
				54.00 ***	(y <sub>5</sub> )
				5.00 ***	(i = 5)
68	<b>ENTER↑</b> 51	<b>B</b>	→	68.00 ***	(x <sub>6</sub> )
				51.00 ***	(y <sub>6</sub> )
				6.00 ***	(i = 6)
74	<b>ENTER↑</b> 40	<b>B</b>	→	74.00 ***	(x <sub>7</sub> )
				40.00 ***	(y <sub>7</sub> )
				7.00 ***	(i = 7)
<b>f</b>	<b>b</b>		→	50.57 ***	( $\bar{x}$ )
<b>R/S</b>			→	68.71 ***	( $\bar{y}$ )
<b>f</b>	<b>b</b>		→	36.58 ***	(V <sub>x</sub> )
<b>R/S</b>			→	29.10 ***	(V <sub>y</sub> )
<b>f</b>	<b>c</b>		→	18.50 ***	(s <sub>x</sub> )
<b>R/S</b>			→	20.00 ***	(s <sub>y</sub> )
<b>f</b>	<b>c</b>		→	17.13 ***	(s <sub>x'</sub> )
<b>R/S</b>			→	18.51 ***	(s <sub>y'</sub> )
<b>f</b>	<b>d</b>		→	-354.14 ***	(s <sub>xy</sub> )
<b>R/S</b>			→	-303.55 ***	(s <sub>xy'</sub> )
<b>f</b>	<b>d</b>		→	-0.96 ***	(r <sub>xy</sub> )
<b>f</b>	<b>e</b>		→	354.00 ***	( $\Sigma x_i$ )
<b>R/S</b>			→	481.00 ***	( $\Sigma y_i$ )
<b>R/S</b>			→	22200.00 ***	( $\Sigma x_i y_i$ )
<b>f</b>	<b>e</b>		→	19956.00 ***	( $\Sigma x_i^2$ )
<b>R/S</b>			→	35451.00 ***	( $\Sigma y_i^2$ )

### Beispiel 2:

Berechnen Sie die verschiedenen statistischen Größen für die folgenden klassifizierten Daten:

x <sub>i</sub>	4,8	5,2	3,8	4,4	4,1
y <sub>i</sub>	15,1	11,5	14,3	13,6	12,8
f <sub>i</sub>	1	3	1	6	2

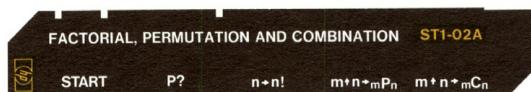
Drücken Sie

<b>A</b>	0.00 ***	Anzeige/Ausdruck
<b>f</b> <b>a</b>	1.00 ***	
4.8 <b>ENTER↑</b> 15.1 <b>ENTER↑</b> 1 <b>D</b>	→ 4.80 ***	(x <sub>1</sub> )
	15.10 ***	(y <sub>1</sub> )
	1.00 ***	(f <sub>1</sub> )
	1.00 ***	( $\Sigma f_1$ )
5.2 <b>ENTER↑</b> 11.5 <b>ENTER↑</b> 3 <b>D</b>	→ 5.20 ***	(x <sub>2</sub> )
	11.50 ***	(y <sub>2</sub> )
	3.00 ***	(f <sub>2</sub> )
	4.00 ***	( $\Sigma f_2$ )

10	ENTER↑	10	ENTER↑	4	D	→	10.00 ***	(x <sub>3</sub> ) (Fehler)
							10.00 ***	(y <sub>3</sub> )
							4.00 ***	(f <sub>3</sub> )
							8.00 ***	(Σf <sub>3</sub> )
10	ENTER↑	10	ENTER↑	4	E	→	10.00 ***	(x <sub>3</sub> ) (Berichtigung)
							10.00 ***	(y <sub>3</sub> )
							4.00 ***	(f <sub>3</sub> )
							4.00 ***	(Σf <sub>2</sub> )
3.8	ENTER↑	14.3	ENTER↑	1	D	→	3.80 ***	(x <sub>3</sub> )
							14.30 ***	(y <sub>3</sub> )
							1.00 ***	(f <sub>3</sub> )
							5.00 ***	(Σf <sub>3</sub> )
4.4	ENTER↑	13.6	ENTER↑	6	D	→	4.40 ***	(x <sub>4</sub> )
							13.60 ***	(y <sub>4</sub> )
							6.00 ***	(f <sub>4</sub> )
							11.00 ***	(Σf <sub>4</sub> )
4.1	ENTER↑	12.8	ENTER↑	2	D	→	4.10 ***	(x <sub>5</sub> )
							12.80 ***	(y <sub>5</sub> )
							2.00 ***	(f <sub>5</sub> )
							13.00 ***	(Σf <sub>5</sub> )
f [b]						→	4.52 ***	( $\bar{x}$ )
R/S						→	13.16 ***	( $\bar{y}$ )
f [b]						→	9.93 ***	(V <sub>x</sub> )
R/S						→	8.42 ***	(V <sub>y</sub> )
f [c]						→	0.45 ***	(s <sub>x</sub> )
R/S						→	1.11 ***	(s <sub>y</sub> )
f [c]						→	0.43 ***	(s <sub>x'</sub> )
R/S						→	1.07 ***	(s <sub>y'</sub> )
f [d]						→	-0.31 ***	(s <sub>xy</sub> )
R/S						→	-0.28 ***	(s <sub>xy'</sub> )
f [d]						→	-0.62 ***	(r <sub>xy</sub> )
f [e]						→	58.80 ***	(Σx <sub>i</sub> )
R/S						→	171.10 ***	(Σy <sub>i</sub> )
R/S						→	770.22 ***	(Σx <sub>i</sub> y <sub>i</sub> )
f [e]						→	268.38 ***	(Σx <sub>i</sub> <sup>2</sup> )
R/S						→	2266.69 ***	(Σy <sub>i</sub> <sup>2</sup> )

## Notizen

## Fakultät, Kombinationen ohne Wiederholung mit/ohne Berücksichtigung der Anordnung



Dieses Programm berechnet die Fakultät (wobei  $n$  größer als 69 sein darf) sowie Kombinationen ohne Wiederholung mit und ohne Berücksichtigung der Anordnung.

Kombinationen ohne Wiederholung mit bzw. ohne Berücksichtigung der Anordnung (engl.: Permutation bzw. Combination) werden mit Hilfe der Fakultät berechnet; dieses Programm verzichtet aber auf die Verwendung der **N!**-Taste des Rechners, so daß ein erweiterter Bereich und eine höhere Genauigkeit erreicht wird.

### Verwendete Formeln:

Fakultät:  $n! = n(n-1)(n-2)\dots 2 \times 1$

Kombination ohne Wiederholung mit Berücksichtigung der Anordnung:

$$mP_n = \frac{m!}{(m-n)!} = m(m-1)\dots(m-n+1)$$

Kombination ohne Wiederholung ohne Berücksichtigung der Anordnung (Binomialkoeffizient):

$$mC_n = \frac{m!}{(m-n)!n!} = \frac{m(m-1)\dots(m-n+1)}{1 \times 2 \times \dots \times n}$$

wobei  $m, n$  ganzzahlig und  $0 \leq n \leq m$ .

### Anmerkungen:

1.  $mP_0 = 1$ ,  $mP_1 = m$ ,  $mP_m = m!$ ; daher sollte  $n!$  für große  $m$  verwendet werden.
2.  $mC_0 = mC_m = 1$
3.  $mC_1 = mC_{m-1} = m$
4.  $mC_n = mC_{m-n}$
5. Wenn  $n!$  für  $n > 69$  berechnet wird, nimmt die Genauigkeit ab, da die Berechnung über den Logarithmus erfolgt:  

$$n! = \log^{-1} [\log(n) + \log((n-1)!)]$$

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Gehen Sie nach Zeile 5, 6 oder 7			
5	Berechnen Sie $n!$			
	falls $n \leq 69$	n	C	$n!$
	falls $n > 69$	n	A	n
			R/S	Exponent von 10
			R/S	Mantisse
6	Berechnen Sie $mP_n$	m	↑	
		n	D	$mP_n$
7	Berechnen Sie $mC_n$	m	↑	
		n	E	$mC_n$
	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder auszuschalten, drücken Sie			
			CLF	0

### Beispiele:

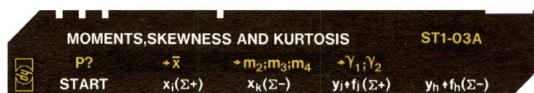
1.  $5! = 120$
2.  $69! = 1,711224524 \times 10^{98}$
3.  $70! = 1,197857069 \times 10^{100}$
4.  $100! = 9,332622518 \times 10^{157}$
5.  ${}_{27}P_5 = 9687600,00$
6.  ${}_{73}C_4 = 1088430,00$

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck
<b>A</b>	→ 0.00
<b>B</b>	→ 1.00
5 <b>C</b>	→ 5.00 *** 120.00 *** (5!)
69 <b>C</b>	→ 69.00 *** 1.711224524+98 *** (69!)
70 <b>C</b>	→ 70.00 *** 100.00 *** (10 <sup>100</sup> ) 1.197857069 *** (Mantisse)
100 <b>C</b>	→ 100.00 *** 157.00 *** (10 <sup>157</sup> ) 9.332622518 *** (Mantisse)
27 <b>ENTER↑</b> 5 <b>D</b>	→ 27.00 *** 5.00 *** 9687600.00 *** (27P <sub>5</sub> )
73 <b>ENTER↑</b> 4 <b>E</b>	→ 73.00 *** 4.00 *** 1088430.00 *** (73C <sub>4</sub> )

## Notizen

## Momente, Schiefe und Steilheit (Kurtosis)

(für klassifizierte und nicht klassifizierte Daten)



Das Programm berechnet verschiedene Momente zur Beschreibung einer gegebenen Datenmenge. Außerdem wird die Schiefe als Maß für die Asymmetrie einer Verteilung und die Steilheit als Maß für die relative Amplitude der Dichtefunktion berechnet. Für eine gegebene Datenmenge  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  gilt:

$$1. \text{ Erstes (gewöhnliches) Moment } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$2. \text{ Zweites (zentrales) Moment } m_2 = \frac{1}{n} \sum x_i^2 - \bar{x}^2$$

$$3. \text{ Drittes (zentrales) Moment } m_3 = \frac{1}{n} \sum x_i^3 - \frac{3}{n} \bar{x} \sum x_i^2 + 2\bar{x}^3$$

$$4. \text{ Viertes (zentrales) Moment } m_4 = \frac{1}{n} \sum x_i^4 - \frac{4}{n} \bar{x} \sum x_i^3 + \frac{6}{n} \bar{x}^2 \sum x_i^2 - 3\bar{x}^4$$

$$\text{Schiefe: } \gamma_1 = \frac{m_3}{m_2^{3/2}}$$

$$\text{Steilheit (Kurtosis): } \gamma_2 = \frac{m_4}{m_2^2}$$

Das Programm ermöglicht auch die Berechnung dieser Maßzahlen für klassifizierte Daten (indem ähnliche Formeln wie die für nicht klassifizierte Daten verwendet werden):

Daten	$y_1 \quad y_2 \dots y_m$	
Häufigkeit	$f_1 \quad f_2 \dots f_m$	
		$\sum_{i=1}^n f_i x_i$

In diesem Fall gilt für das erste Moment:  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$

### Literatur:

*Theory and Problems of Statistics*, M. R. Spiegel, Schaum's Outline, McGraw-Hill, 1961.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		f a	1.00
4	Gehen Sie für klassifizierte Daten nach			
	Zeile 12			
5	Führen Sie für unklassifizierte Daten die			
	Zeilen 6–7 für $i = 1, 2, \dots, n$ aus			
6	$x_i$ eingeben	$x_i$	B	i
7	Wenn Sie bei der Eingabe von $x_k$ einen			
	Fehler gemacht haben, korrigieren Sie wie			
	folgt:	$x_k$	C	i-1
8	Berechnen Sie $\bar{x}$		f b	$\bar{x}$
9	Berechnen Sie $m_2$		f c	$m_2$
	$m_3$		R/S	$m_3$
	$m_4$		R/S	$m_4$
10	Berechnen Sie $\gamma_1$		f d	$\gamma_1$
	$\gamma_2$		R/S	$\gamma_2$
11	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
12	Führen Sie für klassifizierte Daten die Zeilen			
	13–14 für $j = 1, 2, \dots, m$ aus			
13	$y_j$ eingeben		↑	$y_i$
	$f_j$ eingeben		D	j
14	Wenn Sie bei der Eingabe von $y_h$ oder $f_h$			
	einen Fehler gemacht haben, korrigieren Sie			
	wie folgt:	$y_h$	↑	$y_h$
		$f_h$	E	j-1
15	Gehen Sie nach Zeile 8			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF 0	

**Beispiele:**

## 1. Nicht klassifizierte Daten

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$	2,1	3,5	4,2	6,5	4,1	3,6	5,3	3,7	4,9

$$\bar{x} = 4,21, m_2 = 1,39, m_3 = 0,39, m_4 = 5,49$$

$$\gamma_1 = 0,24, \gamma_2 = 2,84$$

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
<b>A</b>	<b>0.00 ***</b>	
<b>f a</b>	<b>1.00 ***</b>	
2.1 <b>B</b>	<b>2.10 ***</b>	$(x_1)$
	<b>1.00 ***</b>	$(i=1)$
4 <b>B</b>	<b>4.00 ***</b>	$(x_2)$ (Fehler)
	<b>2.00 ***</b>	
4 <b>C</b>	<b>4.00 ***</b>	$(x_2)$ (Berichtig.)
	<b>1.00 ***</b>	
3.5 <b>B</b>	<b>3.50 ***</b>	$(x_2)$
	<b>2.00 ***</b>	
4.2 <b>B</b>	<b>4.20 ***</b>	$(x_3)$
	<b>3.00 ***</b>	
6.5 <b>B</b>	<b>6.50 ***</b>	$(x_4)$
	<b>4.00 ***</b>	
4.1 <b>B</b>	<b>4.10 ***</b>	$(x_5)$
	<b>5.00 ***</b>	
3.6 <b>B</b>	<b>3.60 ***</b>	$(x_6)$
	<b>6.00 ***</b>	
5.3 <b>B</b>	<b>5.30 ***</b>	$(x_7)$
	<b>7.00 ***</b>	
3.7 <b>B</b>	<b>3.70 ***</b>	$(x_8)$
	<b>8.00 ***</b>	
4.9 <b>B</b>	<b>4.90 ***</b>	$(x_9)$
	<b>9.00 ***</b>	
<b>f b</b>	<b>4.21 ***</b>	$(\bar{x})$
<b>f c</b>	<b>1.39 ***</b>	$(m_2)$
<b>R/S</b>	<b>0.39 ***</b>	$(m_3)$
<b>R/S</b>	<b>5.49 ***</b>	$(m_4)$
<b>f d</b>	<b>0.24 ***</b>	$(\gamma_1)$
<b>R/S</b>	<b>2.84 ***</b>	$(\gamma_2)$

## 2. Klassifizierte Daten

j	1	2	3	4	5
y <sub>j</sub>	3	2	4	6	1
f <sub>j</sub>	4	5	3	2	1

$$\bar{x} = 3,13, m_2 = 1,98, m_3 = 2,14, m_4 = 11,05$$

$$\gamma_1 = 0,77, \gamma_2 = 2,81$$

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
A	0.00 ***	
f [a]	1.00 ***	
3 [ENTER+] 4 D	3.00 *** 4.00 *** 1.00 ***	(y <sub>1</sub> ) (f <sub>1</sub> )
2 [ENTER+] 5 D	2.00 *** 5.00 *** 2.00 ***	(y <sub>2</sub> ) (f <sub>2</sub> )
5 [ENTER+] 5 D	5.00 *** 5.00 *** 3.00 ***	(y <sub>3</sub> ) (Fehler) (f <sub>3</sub> )
5 [ENTER+] 5 E	5.00 *** 5.00 *** 2.00 ***	(y <sub>3</sub> ) (Berichtig.) (f <sub>3</sub> )
4 [ENTER+] 3 D	4.00 *** 3.00 *** 3.00 ***	(y <sub>3</sub> ) (f <sub>3</sub> )
6 [ENTER+] 2 D	6.00 *** 2.00 *** 4.00 ***	(y <sub>4</sub> ) (f <sub>4</sub> )
1 [ENTER+] 1 D	1.00 *** 1.00 *** 5.00 ***	(y <sub>5</sub> ) (f <sub>5</sub> )
f [b]	3.13 ***	( $\bar{x}$ )
f [c]	1.98 ***	(m <sub>2</sub> )
R/S	2.14 ***	(m <sub>3</sub> )
R/S	11.05 ***	(m <sub>4</sub> )
f [d]	0.77 ***	( $\gamma_1$ )
R/S	2.81 ***	( $\gamma_2$ )

## Erzeugung von Zufallszahlen



Für Zufallszahlen gibt es in der Praxis zahlreiche Anwendungen; sie werden für Simulationen, zur Erzeugung von Stichprobenwerten, für die Computer-Programmierung, numerische Lösungsverfahren und für Spiele verwendet.

Dieses Programm erzeugt (1) gleichförmig verteilte Zufallszahlen, (2) gleichförmig verteilte ganze Zahlen, (3) normalverteilte Zufallszahlen, (4) exponentialverteilte Zufallszahlen und (5) Mittelwert, Standardabweichung und laufende Nummer der erzeugten Pseudo-Zufallszahlen.

Zufallszahlengenerator:  $z_{i+1} = FRC(997z_i)$   $i = 0, 1, 2, \dots$

$FRC \hat{=} \text{Dezimalteil}$   $z_0 = 0,5284163$

### Verwendete Formeln:

1. Gleichförmig verteilte Pseudo-Zufallszahlen  $u_i$  im Bereich  $a < u_i < b$ . Das Programm errechnet die Zufallszahlen nach der folgenden multiplikativen Rekursionsformel:

$$u_{i+1} = (b - a) \times \text{Dezimalteil von } (997z_i) + a = (b - a)z_{i+1} + a$$

wobei  $i = 0, 1, 2, \dots$

$$z_0 = 0,5284163$$

Die Periode der solchermaßen erzeugten Zahlenfolge beträgt 500000 (d.h. es werden 500000 verschiedene Pseudo-Zufallszahlen erzeugt, bevor sich ein Wert wiederholt). Die geringerwertigen Ziffern (rechts) sind «weniger zufällig» verteilt als die höherwertigen (unmittelbar hinter dem Dezimalpunkt). Werden also Zufallsziffern benötigt, so sollten sie von dem höherwertigen Teil der Pseudo-Zufallszahlen bestimmt werden. Dieser Zufallszahlen-Generator besteht den Chi-Quadrat-Test und weitere statistischen Prüfverfahren zur Untersuchung der Gleichverteilung.

Wenn eine andere Zahlenfolge gewünscht wird, kann ein anderer Anfangswert  $z_0$  (mit  $0 < z_0 < 1$ ) gewählt werden. Dazu sind einige Programmschritte (die den Startwert unter **LBL 0** abspeichern) abzuändern. Wenn  $z_0 \times 10^7$  nicht durch 2 oder 5 teilbar ist, hat die Periode eine Länge von 500 000. Bevor Sie den auf diese Weise abgeänderten Zufallszahlen-Generator verwenden, sollten die erzeugten Werte mit statistischen Testverfahren überprüft werden.

2. Gleichförmig verteilte Zufallsziffern  $d_i$  im Bereich  $1 \leq d_i \leq k$ .

Angenommen,  $z_i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) ist eine Folge von gleichförmig verteilten Zufallszahlen zwischen 0 und 1. Dann gilt:

$$d_i = 1 + \text{ganzzahliger Anteil von } (kz_i)$$

3. Normalverteilte Pseudo-Zufallszahlen  $n_i$  zu gegebenen Werten für Mittelwert  $m$  und Standardabweichung  $\sigma$ .

Angenommen,  $z_i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) ist eine Folge von gleichförmig verteilten Zufallszahlen zwischen 0 und 1. Es sei:

$$V_1 = (2z_i - 1) \quad V_2 = (2z_{i+1} - 1)$$

$$S = V_1^2 + V_2^2 \quad (i = 1, 2, \dots)$$

Falls  $S \geq 1$ , sind die beiden gleichverteilten Werte  $u_i$  und  $u_{i+1}$  durch die nächsten beiden Zufallszahlen der Folge zu ersetzen. Dieses Verfahren wird fortgesetzt, bis  $S < 1$ . Anschließend werden die beiden normalverteilten Pseudo-Zufallszahlen nach folgenden Gleichungen berechnet:

$$n_i = \sigma V_1 \sqrt{\frac{-2 \ln S}{S}} + m$$

$$n_{i+1} = \sigma V_2 \sqrt{\frac{-2 \ln S}{S}} + m$$

4. Exponentialverteilte Pseudo-Zufallszahlen  $e_i$  mit dem Mittelwert  $\mu$ .  
Angenommen,  $z_i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) ist eine Folge von gleichförmig verteilten Zufallszahlen zwischen 0 und 1. Dann gilt:

$$e_i = -\mu \ln z_i$$

5. Der Mittelwert  $\bar{x}$ , die Standardabweichung  $s$  und die laufende Nummer  $n$  der erzeugten Pseudo-Zufallszahlen  $x_i$  werden nach folgenden Formeln berechnet:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - n\bar{x}^2}{n-1}}$$

wobei  $x_i$  eine der Größen  $u_i$ ,  $d_i$ ,  $n_i$  oder  $e_i$  ist.

#### Literatur:

Donald E. Knuth, *The Art of Computer Programming*, Vol. 2, Addison-Wesley, 1971.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Gehen Sie für gleichverteilte Zufallsziffern			
	nach Zeile 6, für normalverteilte Zufallszahlen			
	nach Zeile 9 oder für exponentialverteilte			
	Zufallszahlen nach Zeile 12			
3	Geben Sie die Intervallgrenzen für die			
	Erzeugung von gleichförmig verteilten			
	Zufallszahlen ein	a	↑	a
		b	f a	b
4	Führen Sie Zeile 4 für $i = 1, 2, \dots$ aus		A	$u_i$
5	Gehen Sie für $\bar{x}$ , s und n nach Zeile 14			
6	Geben Sie den maximal erwünschten ganz-			
	zahligen Wert ein	k	f b	k
7	Führen Sie Zeile 7 für $i = 1, 2, \dots$ aus		B	$d_i$
8	Gehen Sie für $\bar{x}$ , s und n nach Zeile 14			
9	Geben Sie für normalverteilte Zufallszahlen			
	den Mittelwert und die Standardabweichung			
	ein	m	↑	m
		$\sigma$	f c	$\sigma$
10	Führen Sie Zeile 10 für $i = 1, 2, \dots$ aus		C	$n_i$
11	Gehen Sie für $\bar{x}$ , s und n nach Zeile 14			
12	Geben Sie für exponentialverteilte Zufalls-			
	zahlen den Mittelwert ein	$\mu$	f d	$\mu$
13	Führen Sie Zeile 13 für $i = 1, 2, \dots$ aus.		D	$e_i$
14	<i>Auf Wunsch:</i> Berechnen Sie			
	den Mittelwert		E	$\bar{x}$
	die Standardabweichung		R/S	s
	die laufende Nummer (Zähler)		R/S	n
15	Gehen Sie zur Fortsetzung der Berechnung			
	nach Zeile 4, 7, 10 oder 13			
16	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			

**Beispiel 1:**

Erzeugen Sie eine Folge von gleichförmig verteilten Pseudo-Zufallszahlen zwischen 0 und 1.

**Drücken Sie**

		Anzeige/Ausdruck	
0	<b>ENTER↑</b>	0.00 ***	(a)
	1	1.00 ***	(b)
A		0.83 ***	(u <sub>1</sub> )
A		0.56 ***	(u <sub>2</sub> )
A		0.27 ***	.
A		0.04 ***	.
A		0.20 ***	.
A		0.75 ***	.
A		0.83 ***	.
A		0.95 ***	.
E		0.55 ***	(Mittelwert $\bar{x}$ )
R/S		0.34 ***	(Standardabw. 5)
R/S		8.00 ***	(Zähler n)
A		0.68 ***	.
A		0.63 ***	.
A		0.22 ***	.
		usw.	

**Beispiel 2:**

Simulieren Sie mit dem Zufallszahlen-Generator das fortgesetzte Werfen eines Würfels.

**Drücken Sie**

		Anzeige/Ausdruck	
6	<b>f</b> <b>b</b>	6.00 ***	(k)
B		5.00 ***	(d <sub>1</sub> )
B		4.00 ***	(d <sub>2</sub> )
B		2.00 ***	.
B		1.00 ***	.
B		2.00 ***	.
B		5.00 ***	.
		usw.	

**Beispiel 3:**

Ein Lehrer möchte es sich bei der Notengebung leicht machen und entschließt sich, die Noten zufällig und ohne Bevorzugung einzelner Schüler zu verteilen. Die Noten sollen um einen Mittelwert von 75 normalverteilt sein, wobei die Standardabweichung 10 betragen soll. Wie kann der Zufallszahlen-Generator für diesen Zweck verwendet werden?

**Drücken Sie**

	<b>Anzeige/Ausdruck</b>
75 <b>ENTER</b> 10 <b>f</b> <b>c</b>	→ <b>75.00 ***</b> (m)
<b>c</b>	→ <b>10.00 ***</b> (σ)
<b>c</b>	→ <b>87.42 ***</b> (n <sub>1</sub> )
<b>c</b>	→ <b>77.17 ***</b> (n <sub>2</sub> )
<b>c</b>	→ <b>67.44 ***</b> .
<b>c</b>	→ <b>81.23 ***</b> .
<b>c</b>	→ <b>89.91 ***</b> .
<b>c</b>	→ <b>85.32 ***</b> .
	usw.

**Beispiel 4:**

Eine radioaktive Substanz sendet Alpha-Teilchen aus. Im Durchschnitt erfolgt dabei alle fünf Sekunden die Aussendung eines Teilchens. Die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Emissionen ist exponentialverteilt, wobei der Mittelwert 5 beträgt. Erzeugen Sie jetzt mit Hilfe dieses Programms eine Folge von Pseudo-Zufallszahlen, die als Meßwerte für die Zeit zwischen aufeinanderfolgenden Emissionen eines Alpha-Teilchens angesehen werden können.

**Drücken Sie**

	<b>Anzeige/Ausdruck</b>
5 <b>f</b> <b>d</b>	→ <b>5.00 ***</b> (μ)
<b>d</b>	→ <b>0.93 ***</b> (e <sub>1</sub> )
<b>d</b>	→ <b>2.92 ***</b> (e <sub>2</sub> )
<b>d</b>	→ <b>6.49 ***</b> .
<b>d</b>	→ <b>15.93 ***</b> .
<b>d</b>	→ <b>8.14 ***</b> .
<b>d</b>	→ <b>1.44 ***</b> .
	usw.

## Notizen

## Histogramm



Tabellarisch angeordnete Daten und Ergebnisse mancher Rechnungen lassen sich sehr übersichtlich und zweckmäßig in Form eines Histogramms (siehe folgende Abbildung) darstellen. Ein bestimmter Trend sowie herausragende Werte fallen bei der Betrachtung eines solchen Histogramms besonders deutlich auf.

Histogramm

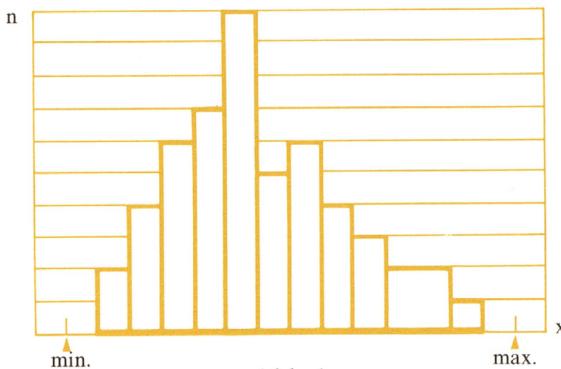


Abb. 1

Das Programm sortiert die eingegebenen Daten nach 24 Intervallen gleicher Breite, die innerhalb einer vorgegebenen unteren und oberen Grenze liegen.

Anschließend «erhöht» das Programm die Höhe desjenigen Kästchens um «1», in dessen Intervall der eingegebene Wert fällt. Dieses Verfahren wird für alle x-Werte – d.h. für sämtliche Ausgangsdaten – wiederholt. Wenn Sie nach Eingabe aller Daten **f** **b** drücken, gibt das Programm die Gesamtzahl der Eingabedaten, den Mittelwert und die Standardabweichung aus. Das Histogramm wird mit **f** **a** aufgelistet; der Rechner gibt die Anzahl der Eingabewerte an, die in das jeweilige «Kästchen» (d.h. Intervall) fallen.

Die Zähler für die 24 Intervalle sind in den Registern  $R_1$  bis  $R_9$  gespeichert; dabei belegen jeweils drei Intervalle gemeinsam ein Register. Fehlerhaft eingegebene Werte können jederzeit entfernt werden, indem dieser Wert erneut eingetastet und dann **E** gedrückt wird. Lag der Wert außerhalb der zu Beginn eingegebenen Grenzen, zeigt der Rechner «Error» an und das Programm ist erneut zu starten.

Zu Beginn sind die Grenzwerte für das Histogramm vorzugeben. Dies ist in der Regel der kleinste erwartete Wert und der größte in den Ausgangsdaten vorkommende Wert.

#### Verwendete Formeln:

$$\text{Für das Histogramm: Mittelwert} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\text{Standardabweichung} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - n\bar{x}_i^2}{n-1}}$$

$$y_i = 1 + \text{Int} \left[ 24 \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \right]$$

wobei:

$y_i$  = Intervall-Nummer

$x_i$  = eingegebener Wert

$x_{\min}$  = untere Grenze für das Histogramm

$x_{\max}$  = obere Grenze für das Histogramm

Int = ganzzahliger Anteil (entspricht der Tastenfunktion **INT**)

#### Anmerkungen:

Da jedem Intervall beim Abspeichern nur drei Stellen zur Verfügung stehen, findet ein Überlauf zum benachbarten Intervall statt, wenn mehr als 999 Werte in eines dieser «Fächer» fallen.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	NORM-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Geben Sie ein: unteren Grenzwert	$x_{\min}$	↑	$-x_{\min}$
	oberen Grenzwert	$x_{\max}$	C	$x_{\max}$
5	Führen Sie die Zeilen 6 – 7 für $i = 1, 2, \dots, n$ aus			
6	$x_i$ eingeben	$x_i$	D	i
7	Wenn Sie bei der Eingabe von $x_k$ einen			
	Fehler gemacht haben, korrigieren Sie wie			
	folgt:	$x_k$	E	i-1
8	Histogramm auflisten		f a	Liste
9	$n$ , $\bar{x}$ und $s$ ausgeben		f b	n
			R/S	$\bar{x}$
			R/S	s
10	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF 0	

### Beispiel:

Stellen Sie die folgenden Daten in Form eines Histogramms dar. Verwenden Sie als Grenzen  $x_{\min} = 0$  und  $x_{\max} = 24$ .

{18,1, 14,3, 8,4, 0,7, 20,2, 14, 17,2, 24, 8,8, 5,7, 13,2, 22,1, 15,7, 18,9, 23}

### Drücken Sie

		Anzeige/Ausdruck
A	ENTER	0.00 ***
B	ENTER	1.00 ***
0	ENTER <b>24</b> C	0.00 *** 24.00 ***
18.1	D	18.10 *** 1. ***
14.3	D	14.30 *** 2. ***
8.4	D	8.40 *** 3. ***

0.7	D	→ 0.70 ***	
9.9	D	→ 9.90 ***	(Fehler)
9.9.	E	→ 9.90 ***	(Berichtigung)
20.2	D	→ 20.20 ***	
14	D	→ 14.00 ***	
17.2	D	→ 17.20 ***	
24	D	→ 24.00 ***	
8.8	D	→ 8.80 ***	
5.7	D	→ 5.70 ***	
13.2	D	→ 13.20 ***	
22.1	D	→ 22.10 ***	
15.7	D	→ 15.70 ***	
18.9	D	→ 18.90 ***	
23	D	→ 23.00 ***	
f	b	→ 15.00 ***	(n)
R/S		→ 14.95 ***	( $\bar{x}$ )
R/S		→ 6.71 ***	(s)
f	a	→ 0.00 *** } 1.00 ***	Intervallgrenzen
		1. ***	
		1.00 ***	
		2.00 ***	
		0. ***	
		2.00 ***	
		3.00 ***	
		0. ***	
		3.00 ***	
		4.00 ***	
		0. ***	
		4.00 ***	
		5.00 ***	
		0. ***	

5.00 \*\*\*  
6.00 \*\*\*  
1. \*\*\*  
6.00 \*\*\*  
7.00 \*\*\*  
0. \*\*\*  
7.00 \*\*\*  
8.00 \*\*\*  
0. \*\*\*  
8.00 \*\*\*  
9.00 \*\*\*  
2. \*\*\*  
9.00 \*\*\*  
10.00 \*\*\*  
0. \*\*\*  
10.00 \*\*\*  
11.00 \*\*\*  
0. \*\*\*  
11.00 \*\*\*  
12.00 \*\*\*  
0. \*\*\*  
12.00 \*\*\*  
13.00 \*\*\*  
0. \*\*\*  
13.00 \*\*\*  
14.00 \*\*\*  
1. \*\*\*  
14.00 \*\*\*  
15.00 \*\*\*  
2. \*\*\*  
15.00 \*\*\*  
16.00 \*\*\*  
1. \*\*\*  
16.00 \*\*\*  
17.00 \*\*\*  
0. \*\*\*  
17.00 \*\*\*  
18.00 \*\*\*  
1. \*\*\*  
18.00 \*\*\*  
19.00 \*\*\*  
2. \*\*\*  
19.00 \*\*\*  
20.00 \*\*\*  
0. \*\*\*  
20.00 \*\*\*

21.00 \*\*\*  
1. \*\*\*  
21.00 \*\*\*  
22.00 \*\*\*  
0. \*\*\*  
22.00 \*\*\*  
23.00 \*\*\*  
1. \*\*\*  
23.00 \*\*\*  
24.00 \*\*\*  
2. \*\*\*

Histogramm

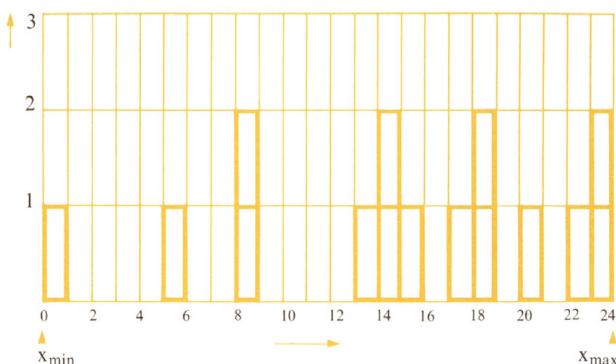
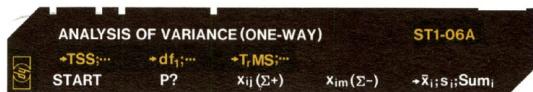


Abb. 2

## Einfache Varianzanalyse



Mit Hilfe der einfachen Varianzanalyse wird getestet, ob die beobachteten Differenzen der Mittelwerte von  $k$  aufbereiteten Klassen zufallsbedingt oder darauf zurückzuführen sind, daß tatsächlich Unterschiede bei den Mittelwerten der entsprechenden Grundgesamtheiten bestehen. Angenommen, die  $i$ -te Klasse setzt sich aus  $n_i$  Beobachtungen zusammen (die Anzahl der Beobachtungen der jeweiligen Stichproben kann gleich oder verschieden sein). Es ist die Nullhypothese zu testen, daß die Mittelwerte der  $k$  Grundgesamtheiten alle gleich sind. Das Programm berechnet sämtliche Werte der Anova-Tafel (siehe Literatur).

1. Mittelwert der Beobachtungen der  $i$ -ten Klasse ( $i = 1, 2, \dots, k$ )

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}}{n_i}$$

2. Standardabweichung der Beobachtungen in der  $i$ -ten Klasse

$$s_i = \left[ \left( \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - n \bar{x}_i^2 \right) / (n-1) \right]^{1/2}$$

3. Summe der Beobachtungen der  $i$ -ten Klasse

$$\text{Sum}_i = \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$$

4. Gesamtquadratsumme

$$TSS = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{\left( \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right)^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

5. Quadratsumme zwischen den Mittelwerten der Klasse

$$\text{TrSS} = \sum_{i=1}^k \frac{\left( \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right)^2}{n_i} - \frac{\left( \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right)^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

6. Fehlerquadratsumme = Quadratsumme innerhalb der Klassen

$$\text{ESS} = \text{TSS} - \text{TrSS}$$

7. Anzahl der Freiheitsgrade von TrSS

$$df_1 = k - 1$$

8. Anzahl der Freiheitsgrade von ESS

$$df_2 = \sum_{i=1}^k n_i - k$$

9. Gesamtzahl der Freiheitsgrade

$$df_3 = df_1 + df_2 = \sum_{i=1}^k n_i - 1$$

10. Durchschnittsquadrat zwischen den Klassen

$$\text{TrMS} = \frac{\text{TrSS}}{df_1}$$

11. Durchschnittsquadrat innerhalb der Klassen

$$\text{EMS} = \frac{\text{ESS}}{df_2}$$

12.  $F = \frac{\text{TrMS}}{\text{EMS}}$  (mit den Freiheitsgraden  $df_1, df_2$ )

**Literatur:**

J. E. Freund, *Mathematical Statistics*, Prentice Hall, 1962.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmcarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Führen Sie die Zeilen 5 – 7 für $i = 1, 2, \dots, k$			
	aus			
5	Führen Sie Zeile 6 für $j = 1, 2, \dots, n_j$ aus			
6	$x_{ij}$ eingeben	$x_{ij}$	C	j
7	Wenn Sie bei der Eingabe von $x_{im}$ einen			
	Fehler gemacht haben, korrigieren Sie wie			
	folgt:	$x_{im}$	D	j – 1
8	Berechnen Sie den Mittelwert $\bar{x}_i$		E	$\bar{x}_i$
	die Standardabweichung $s_i$		R/S	$s_i$
	Summe (Sum $_i$ )		R/S	Sum $_i$
9	Berechnen Sie die Gesamtquadratsumme		f	a
	Quadratsumme zwischen den			
	Mittelwerten der Klasse		R/S	TrSS
	Fehlerquadratsumme		R/S	ESS
10	Berechnen Sie die Anzahl der Freiheitsgrade			
	$df_1$		f	b
	$df_2$		R/S	$df_2$
	$df_3$		R/S	$df_3$
11	Berechnen Sie			
	Durchschnittsquadrat zwischen den Klassen		f	c
	Durchschnittsquadrat innerhalb der Klassen		R/S	EMS
	F		R/S	F
12	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF	0

**Beispiel:**

Die folgende Tabelle enthält die Punktzahlen, die von zufällig ausgewählten Schülergruppen von vier verschiedenen Lehranstalten anlässlich eines groß angelegten Leistungs-Tests erreicht wurden:

i \ j	1	2	3	4	5	6	7
Schule 1	88	99	96	68	85		
Schule 2	78	62	98	83	61	88	
Schule 3	80	61	74	92	78	54	77
Schule 4	71	65	90	46			

Wenden Sie das vorliegende Programm auf diese Daten an (erstellen Sie die vollständige Anova-Tafel) und testen Sie die Nullhypothese, daß die Unterschiede zwischen den Mittelwerten dieser Stichprobenklassen dem Zufall zuzuschreiben sind. Verwenden Sie dabei als Signifikanzwert  $\alpha = 0,01$ .

**Drücken Sie****Anzeige/Ausdruck**

<b>A</b>	→ 0.00 ***	
<b>B</b>	→ 1.00 ***	
88 <b>C</b>	→ 88.00 ***	
	1.00 ***	
99 <b>C</b>	→ 99.00 ***	
	2.00 ***	
96 <b>C</b>	→ 96.00 ***	
	3.00 ***	
68 <b>C</b>	→ 68.00 ***	
	4.00 ***	
85 <b>C</b>	→ 85.00 ***	
	5.00 ***	
<b>E</b>	→ 87.20 ***	( $\bar{x}_1$ )
<b>R/S</b>	→ 12.15 ***	( $s_1$ )
<b>R/S</b>	→ 436.00 ***	( $\text{Sum}_1$ )
78 <b>C</b>	→ 78.00 ***	
	1.00 ***	
62 <b>C</b>	→ 62.00 ***	
	2.00 ***	
98 <b>C</b>	→ 98.00 ***	
	3.00 ***	
83 <b>C</b>	→ 83.00 ***	
	4.00 ***	
61 <b>C</b>	→ 61.00 ***	
	5.00 ***	
88 <b>C</b>	→ 88.00 ***	
	6.00 ***	
<b>E</b>	→ 78.33 ***	( $\bar{x}_2$ )

<b>R/S</b>	→ <b>14.62 ***</b>	(s <sub>2</sub> )
<b>R/S</b>	→ <b>470.00 ***</b>	(Sum <sub>2</sub> )
80 <b>C</b>	→ <b>80.00 ***</b>	
	1.00 ***	
61 <b>C</b>	→ <b>61.00 ***</b>	
	2.00 ***	
74 <b>C</b>	→ <b>74.00 ***</b>	
	3.00 ***	
92 <b>C</b>	→ <b>92.00 ***</b>	
	4.00 ***	
78 <b>C</b>	→ <b>78.00 ***</b>	
	5.00 ***	
54 <b>C</b>	→ <b>54.00 ***</b>	
	6.00 ***	
77 <b>C</b>	→ <b>77.00 ***</b>	
	7.00 ***	
<b>E</b>	→ <b>73.71 ***</b>	( $\bar{x}_3$ )
<b>R/S</b>	→ <b>12.61 ***</b>	(s <sub>3</sub> )
<b>R/S</b>	→ <b>516.00 ***</b>	(Sum <sub>3</sub> )
71 <b>C</b>	→ <b>71.00 ***</b>	
	1.00 ***	
66 <b>C</b>	→ <b>66.00 ***</b>	(Fehler)
	2.00 ***	
66 <b>D</b>	→ <b>66.00 ***</b>	(Berichtigung)
	1.00 ***	
65 <b>C</b>	→ <b>65.00 ***</b>	
	2.00 ***	
90 <b>C</b>	→ <b>90.00 ***</b>	
	3.00 ***	
46 <b>C</b>	→ <b>46.00 ***</b>	
	4.00 ***	
<b>E</b>	→ <b>68.00 ***</b>	( $\bar{x}_4$ )
<b>R/S</b>	→ <b>18.13 ***</b>	(s <sub>4</sub> )
<b>R/S</b>	→ <b>272.00 ***</b>	(Sum <sub>4</sub> )
<b>f</b> <b>a</b>	→ <b>4530.00 ***</b>	(TSS)
<b>R/S</b>	→ <b>930.44 ***</b>	(TrSS)
<b>R/S</b>	→ <b>3599.56 ***</b>	(ESS)
<b>f</b> <b>b</b>	→ <b>3.00 ***</b>	(df <sub>1</sub> )
<b>R/S</b>	→ <b>18.00 ***</b>	(df <sub>2</sub> )
<b>R/S</b>	→ <b>21.00 ***</b>	(df <sub>3</sub> )
<b>f</b> <b>c</b>	→ <b>310.15 ***</b>	(TrMS)
<b>R/S</b>	→ <b>199.98 ***</b>	(EMS)
<b>R/S</b>	→ <b>1.55 ***</b>	(F)

## Anova-Tafel

	SS	df	MS	F
Tr (Treatments)	930,44	3	310,15	1,55
E (Error)	3599,56	18	199,98	
$\Sigma$ (Total)	4530,00	21		

Da  $F = 1,55$  den Wert  $F_{0,01; 3; 18} = 5,09$  nicht übersteigt, kann die Nullhypothese nicht verworfen werden. Wir schließen daraus, daß die unterschiedlichen Punktzahl-Ergebnisse der verschiedenen Schulen nicht signifikant sind, sondern zufallsbedingt.

## Doppelte Varianzanalyse



Die Varianzanalyse ist die Zerlegung der Gesamt-Variabilität einer gegebenen Datenmenge (gemessen an der Gesamtquadratsumme) in einzelne Komponenten mit verschiedenen Variations-Ursachen.

Die doppelte Varianzanalyse testet die Zeilen- und Spalteneffekte unabhängig voneinander. Das Programm berechnet sämtliche nachfolgenden Größen (vollständige Anova-Tafel – siehe Literatur) für den Fall, daß (1) jede Zeile nur eine Beobachtung enthält und (2) die Zeilen- und Spalteneffekte voneinander unabhängig sind.

### Verwendete Formeln:

#### 1. Summen

$$\text{Zeilensumme Row RS}_i = \sum_j x_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, r$$

$$\text{Spaltensumme Column CS}_j = \sum_i x_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, c$$

#### 2. Quadratsummen

$$\text{Gesamtquadratsumme Total TSS} = \sum \sum x_{ij}^2 - (\sum \sum x_{ij})^2 / rc$$

Quadratsumme zwischen den Mittelwerten der Zeilen

$$\text{Row RSS} = \sum_i \left( \sum_j x_{ij} \right)^2 / c - (\sum \sum x_{ij})^2 / rc$$

Quadratsumme zwischen den Mittelwerten der Spalten

$$\text{Column CSS} = \sum_j \left( \sum_i x_{ij} \right)^2 / r - (\sum \sum x_{ij})^2 / rc$$

$$\text{Quadratische Restsumme Error ESS} = \text{TSS} - \text{RSS} - \text{CSS}$$

#### 3. Anzahl der Freiheitsgrade

$$\text{Zwischen den Zeilen} \quad df_1 = r - 1$$

$$\text{Zwischen den Spalten} \quad df_2 = c - 1$$

$$\text{Rest} \quad df_3 = (r-1)(c-1)$$

#### 4. F

$$\text{Zeile } F_1 = \frac{\text{RSS}}{df_1} \Big/ \frac{\text{ESS}}{df_3}$$

$$\text{Spalte } F_2 = \frac{\text{CSS}}{df_2} \Big/ \frac{\text{ESS}}{df_3}$$

**Literatur:**

Dixon and Massey, *Introduction to Statistical Analysis*, McGraw-Hill, 1969.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Geben Sie ein: Anzahl der Zeilen r	r	↑	
	Anzahl der Spalten c	c	C	c
5	Führen Sie die Zeilen 6–9 für $i = 1, 2, \dots, r$ aus			
6	Führen Sie die Zeilen 7–8 für $j = 1, 2, \dots, c$ aus			
7	$x_{ij}$ eingeben	$x_{ij}$	D	j
8	Wenn Ihnen bei der Eingabe von $x_{im}$ ein Fehler unterlaufen ist, korrigieren Sie wie folgt:	$x_{im}$	E	i-1
9	Berechnen Sie die Zeilensummen $RS_i$		f	a
10	Zwischenschritt		f	b
11	Führen Sie die Zeilen 12–15 für $j = 1, 2, \dots, c$ aus			
12	Führen Sie die Zeilen 13–14 für $i = 1, 2, \dots, r$ aus			
13	$x_{ij}$ eingeben	$x_{ij}$	D	i
14	Wenn Sie bei der Eingabe von $x_{hj}$ einen Fehler gemacht haben, korrigieren Sie wie folgt:	$x_{hj}$	E	i-1
15	Berechnen Sie die Spaltensummen $CS_j$		f	c
16	Berechnen Sie F: Zeilen $F_1$		f	d
	Spalten $F_2$		R/S	$F_2$
17	Berechnen Sie die Anzahl der Freiheitsgrade:			
	Zeile $df_1$		f	$df_1$
	Spalte $df_2$		R/S	$df_2$
	Rest $df_3$		R/S	$df_3$
18	Berechnen Sie die Quadratsummen			
	Zeile RSS		f	e
	Spalte CSS		R/S	CSS
	Rest ESS		R/S	ESS
	Gesamt TSS		R/S	TSS
19	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach Zeile 2			

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder auszuschalten, drücken Sie			
			CLF	
			0	

**Beispiel:**

Wenden Sie das Programm auf die folgende Datenmenge an.

j	Zeilen			
i	1	2	3	4
1	7	6	8	7
2	2	4	4	4
3	4	6	5	3

**Drücken Sie**

	Anzeige/Ausdruck	
A	0.00 ***	
B	1.00 ***	
3 <b>ENTER</b> 4 C	3.00 *** 4.00 ***	(r) (c)
7 D	7.00 *** 1.00 ***	
6 D	6.00 *** 2.00 ***	
8 D	8.00 *** 3.00 ***	
7 D	7.00 *** 4.00 ***	
f a	28.00 ***	(RS <sub>1</sub> )
2 D	2.00 *** 1.00 ***	
4 D	4.00 *** 2.00 ***	
4 D	4.00 *** 3.00 ***	
4 D	4.00 *** 4.00 ***	
f a	14.00 ***	(RS <sub>2</sub> )
4 D	4.00 *** 1.00 ***	
7 D	7.00 *** 2.00 ***	(Fehler)
7 E	7.00 *** 1.00 ***	(Berichtigung)

6	D	6.00	***	
		2.00	***	
5	D	5.00	***	
		3.00	***	
3	D	3.00	***	
		4.00	***	
f	a	18.00	***	(RS <sub>3</sub> )
f	b	0.00	***	
7	D	7.00	***	
		1.00	***	
2	D	2.00	***	
		2.00	***	
4	D	4.00	***	
		3.00	***	
f	c	13.00	***	(CS <sub>1</sub> )
6	D	6.00	***	
		1.00	***	
4	D	4.00	***	
		2.00	***	
6	D	6.00	***	
		3.00	***	
f	c	16.00	***	(CS <sub>2</sub> )
8	D	8.00	***	
		1.00	***	
4	D	4.00	***	
		2.00	***	
5	D	5.00	***	
		3.00	***	
f	c	17.00	***	(CS <sub>3</sub> )
7	D	7.00	***	
		1.00	***	
4	D	4.00	***	
		2.00	***	
3	D	3.00	***	
		3.00	***	
f	c	14.00	***	(CS <sub>4</sub> )
f	d	11.70	***	(F <sub>1</sub> )
R/S		1.00	***	(F <sub>2</sub> )
f	d	2.00	***	(df <sub>1</sub> )
R/S		3.00	***	(df <sub>2</sub> )
R/S		6.00	***	(df <sub>3</sub> )
f	e	26.00	***	(RSS)
R/S		3.33	***	(CSS)
R/S		6.67	***	(ESS)
R/S		36.00	***	(TSS)

## Anova-Tafel (siehe Literatur)

	SS	df	F
Zeile	26,00	2	11,70
Spalte	3,33	3	1,00
Rest	6,67	6	
Gesamt	36,00		

## Einfache Kovarianzanalyse

ANALYSIS OF COVARIANCE (ONE WAY)				ST-08A1
START	New i	$\sum x_{ij} + y_{ij}$	$\sum x_{im} + y_{im}$	P?
S <sub>x<sub>i</sub></sub>				S <sub>x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub></sub>
ANALYSIS OF COVARIANCE (ONE WAY)				ST1-08A2
S <sub>y<sub>i</sub></sub>		TSP; ...	TSS <sub>y</sub> ; ...	AMS <sub>y</sub> ; ...

Die einfache Kovarianzanalyse testet den Einfluß einer Variablen unabhängig von dem Effekt einer zweiten Variablen, wenn diese zweite Variable eine tatsächliche Meßgröße für jeden Einzelwert darstellt.

Angenommen,  $(x_{ij}, y_{ij})$  ist die j-te Beobachtung aus der i-ten Grundgesamtheit ( $i = 1, 2, \dots, k$ ;  $j = 1, 2, \dots, n_i$ ). Beachten Sie, daß die Stichproben auch ungleich viele Beobachtungen umfassen können. Die Kovarianzanalyse prüft, ob ein Unterschied in den Mittelwerten der Residualwerte besteht. Die Residual- oder Restwerte stellen die Differenzen zwischen den Beobachtungsdaten und einer Schätzgröße dar, die auf der zugehörigen zweiten Variablen basiert. Das Verfahren der Kovarianzanalyse beruht auf der Zerlegung der Quadratsummen und Produktsummen in mehrere Anteile. Das Programm berechnet sämtliche nachfolgenden Größen (vollständige Anocov-Tafel – siehe Literatur).

### Verwendete Formeln:

#### 1. Summen und Quadratsummen

$$Sx_i = \sum_j x_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, k)$$

$$TSSx = \sum \sum x_{ij}^2 - \frac{(\sum \sum x_{ij})^2}{\sum_i n_i}$$

$$ASSx = \sum_i \frac{\left( \sum_j x_{ij} \right)^2}{n_i} - \frac{(\sum \sum x_{ij})^2}{\sum_i n_i}$$

$$WSSx = TSSx - ASSx$$

#### 2. Anzahl der Freiheitsgrade

$$df_1 = k - 1$$

$$df_2 = \sum_i n_i - k$$

## 3. Durchschnittsquadrat und F-Größe

$$AMS_x = \frac{ASS_x}{df_1}$$

$$WMS_x = \frac{WSS_x}{df_2}$$

$$F_x = \frac{AMS_x}{WMS_x} \text{ mit den Freiheitsgraden } df_1, df_2.$$

Wenn  $x_{ij}$  durch  $y_{ij}$  ersetzt wird, erhält man ähnliche Formeln für  $y_{ij}$ .

## 4. Produktsummen

$$TSP = \sum \sum x_{ij} y_{ij} - \frac{(\sum \sum x_{ij})(\sum \sum y_{ij})}{\sum n_i}$$

$$ASP = \sum_i \frac{\left( \sum_j x_{ij} \right) \left( \sum_j y_{ij} \right)}{n_i} - \frac{(\sum \sum x_{ij})(\sum \sum y_{ij})}{\sum n_i}$$

$$WSP = TSP - ASP$$

## 5. Residualquadratsummen

$$TSS_{\hat{y}} = TSS_y - \frac{(TSP)^2}{TSS_x}$$

$$WSS_{\hat{y}} = WSS_y - \frac{(WSP)^2}{WSS_x}$$

$$ASS_{\hat{y}} = TSS_{\hat{y}} - WSS_{\hat{y}}$$

## 6. Residual-Freiheitsgrade

$$df_3 = k - 1$$

$$df_4 = \sum_i n_i - k - 1$$

## 7. Residual-Durchschnittsquadrat und F-Größe

$$AMS_{\hat{y}} = \frac{ASS_{\hat{y}}}{df_3}$$

$$WMS_{\hat{y}} = \frac{WSS_{\hat{y}}}{df_4}$$

$$F = \frac{AMS\hat{y}}{WMS\hat{y}} \text{ mit den Freiheitsgraden } df_3, df_4.$$

### Anocov-Tafel

	Freiheits-grade	SSx	SP	SSy	Freiheits-grade	SS\hat{y}	MS\hat{y}	Residualwerte	F
Zwischen den Gruppen	df <sub>1</sub>	ASSx	ASP	ASSy	df <sub>3</sub>	ASS\hat{y}	AMS\hat{y}		
Innerhalb der Gruppen	df <sub>2</sub>	WSSx	WSP	WSSy	df <sub>4</sub>	WSS\hat{y}	WMS\hat{y}		
Insgesamt		TSSx	TSP	TSSy				TSS\hat{y}	

### Anmerkungen:

1. Mit  $F_x$  kann geprüft werden, ob die X-Mittelwerte gleich sind (Anova für X).
2. Mit  $F_y$  kann getestet werden, ob die Y-Mittelwerte (ohne Verwendung der X-Werte) gleich sind (Anova für nicht aufbereitete Y).

### Literatur:

Dixon and Massey, *Introduction to Statistical Analysis*, McGraw-Hill, 1969.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte 1 einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten *		f e	1.00
4	Führen Sie die Zeilen 5 – 9 für $i = 1, 2, \dots, k$ aus			
5	Vorbereitungsschritt für neues i		B	i
6	Führen Sie die Zeilen 7 – 8 für $j = 1, 2, \dots, n_i$ aus			
7	$x_{ij}$ und $y_{ij}$ eingeben	$x_{ij}$	↑	$x_{ij}$
		$y_{ij}$	C	j
8	Wenn Ihnen bei der Eingabe von $x_{im}$ oder $y_{im}$ ein Fehler unterlaufen ist, korrigieren Sie wie folgt:	$x_{im}$	↑	$x_{im}$
		$y_{im}$	D	$j = 1$
9	Berechnen Sie die i-ten Summen $Sx_i$		E	$Sx_i$
		$Sy_i$	R/S	$Sy_i$
10	Berechnen Sie die Summen: $TSS_x$		f a	$TSS_x$
	(zwischen den Gruppen) $ASS_x$		R/S	$ASS_x$
	(innerhalb der Gruppen) $WSS_x$		R/S	$WSS_x$
11	Berechnen Sie die Summen: $TSS_y$		f a	$TSS_y$
	(zwischen den Gruppen) $ASS_y$		R/S	$ASS_y$
	(innerhalb der Gruppen) $WSS_y$		R/S	$WSS_y$
12	Berechnen Sie: $F_x$		f b	$F_x$
	$F_y$		R/S	$F_y$
	Freiheitsgrade: $df_1$		R/S	$df_1$
	$df_2$		R/S	$df_2$
13	Lesen Sie Seite 1 der Programmkkarte 2 ein			
14	Berechnen Sie die Produktsummen: $TSP$		f c	$TSP$
	(zwischen den Gruppen) $ASP$		R/S	$ASP$
	(innerhalb der Gruppen) $WSP$		R/S	$WSP$
15	Berechnen Sie: $TSS_y$		f d	$TSS_y$
	$WSS_y$		R/S	$WSS_y$
	$ASS_y$		R/S	$ASS_y$

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
16	Berechnen Sie: AMS $\hat{y}$		<input type="checkbox"/> f <input type="checkbox"/> e	AMS $\hat{y}$
	WMS $\hat{y}$		<input type="checkbox"/> R/S <input type="checkbox"/>	WMS $\hat{y}$
	F		<input type="checkbox"/> R/S <input type="checkbox"/>	F
	Freiheitsgrade $df_3$		<input type="checkbox"/> R/S <input type="checkbox"/>	$df_3$
	$df_4$		<input type="checkbox"/> R/S <input type="checkbox"/>	$df_4$
17	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	Zeile 1		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder auszuschalten, drücken Sie		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/> CLF <input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/>	

### Beispiel:

		Zeile			
		1	2	3	4
i	j				
1	$x_{1j}$	3	2	1	2
	$y_{1j}$	10	8	8	11
2	$x_{2j}$	4	3	3	5
	$y_{2j}$	12	12	10	13
3	$x_{3j}$	1	2	3	1
	$y_{3j}$	6	5	8	7

(k = 3, n<sub>1</sub> = n<sub>2</sub> = n<sub>3</sub> = 4)

Drücken Sie Anzeige/Ausdruck

Seite 1 und 2 der Programmkkarte 1 einlesen

- A   → 0.00 \*\*\*
- f  e  → 1.00 \*\*\*
- B  → 1.00 \*\*\*
- 3 **ENTER** 10 C  → 3.00 \*\*\*  
10.00 \*\*\*  
1.00 \*\*\*
- 2 **ENTER** 8 C  → 2.00 \*\*\*  
8.00 \*\*\*  
2.00 \*\*\*
- 5 **ENTER** 5 C  → 5.00 \*\*\*  
5.00 \*\*\*  
3.00 \*\*\*

(Fehler)

5	ENTER↑	5	D	→	5.00 *** 5.00 *** 2.00 ***	(Berichtigung)
1	ENTER↑	8	C	→	1.00 *** 8.00 *** 3.00 ***	
2	ENTER↑	11	C	→	2.00 *** 11.00 *** 4.00 ***	
E				→	8.00 ***	(Sx <sub>1</sub> )
R/S				→	37.00 ***	(Sy <sub>1</sub> )
B				→	2.00 ***	
4	ENTER↑	12	C	→	4.00 *** 12.00 *** 1.00 ***	
3	ENTER↑	12	C	→	3.00 *** 12.00 *** 2.00 ***	
3	ENTER↑	10	C	→	3.00 *** 10.00 *** 3.00 ***	
5	ENTER↑	13	C	→	5.00 *** 13.00 *** 4.00 ***	
E				→	15.00 ***	(Sx <sub>2</sub> )
R/S				→	47.00 ***	(Sy <sub>2</sub> )
B				→	3.00 ***	
1	ENTER↑	6	C	→	1.00 *** 6.00 *** 1.00 ***	
2	ENTER↑	5	C	→	2.00 *** 5.00 *** 2.00 ***	
3	ENTER↑	8	C	→	3.00 *** 8.00 *** 3.00 ***	
1	ENTER↑	7	C	→	1.00 *** 7.00 *** 4.00 ***	
E				→	7.00 ***	(Sx <sub>3</sub> )
R/S				→	26.00 ***	(Sy <sub>3</sub> )
f a				→	17.00 ***	(TSSx)
R/S				→	9.50 ***	(ASSx)
R/S				→	7.50 ***	(WSSx)
f a				→	71.67 ***	(TSSy)
R/S				→	55.17 ***	(ASSy)

[R/S] →	<b>16.50 ***</b>	(WSSy)
[f] [b] →	<b>5.70 ***</b>	(F <sub>x</sub> )
[R/S] →	<b>15.05 ***</b>	(F <sub>y</sub> )
[R/S] →	<b>2.00 ***</b>	(df <sub>1</sub> )
[R/S] →	<b>9.00 ***</b>	(df <sub>2</sub> )

Seite 1 der Programmcarte 2 einlesen

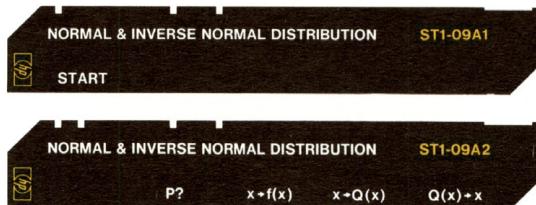
[f] [c] →	<b>27.00 ***</b>	(TSP)
[R/S] →	<b>20.75 ***</b>	(ASP)
[R/S] →	<b>6.25 ***</b>	(WSP)
[f] [d] →	<b>28.78 ***</b>	(TSSŷ)
[R/S] →	<b>11.29 ***</b>	(WSSŷ)
[R/S] →	<b>17.49 ***</b>	(ASSŷ)
[f] [e] →	<b>8.75 ***</b>	(AMSŷ)
[R/S] →	<b>1.41 ***</b>	(WMSŷ)
[R/S] →	<b>6.20 ***</b>	(F)
[R/S] →	<b>2.00 ***</b>	(df <sub>3</sub> )
[R/S] →	<b>8.00 ***</b>	(df <sub>4</sub> )

#### Anocov-Tafel

	df	SSx	SP	SSy	Residualwerte			
					df	SSŷ	MSŷ	F
Zwischen den Gruppen A ..	2	9,50	20,75	55,17	2	17,49	8,75	6,20
Innerhalb der Gruppen W..	9	7,50	6,25	16,50	8	11,29	1,41	
Insgesamt T..		17,00	27,00	71,67			28,78	

## Notizen

## Normalverteilung und invertiertes Normalverteilungsintegral



Das Programm berechnet die Dichtefunktion  $f(x)$  und die Verteilungsfunktion  $Q(x)$  einer standardisierten Normalverteilung, wenn der Wert der Zufallsvariablen  $x$  gegeben ist. Falls  $Q$  vorgegeben ist, kann das Programm umgekehrt den Wert  $x$  berechnen.

Eine standardisiert normalverteilte Zufallsvariable  $x$  hat den Mittelwert 0 und die Standardabweichung 1.

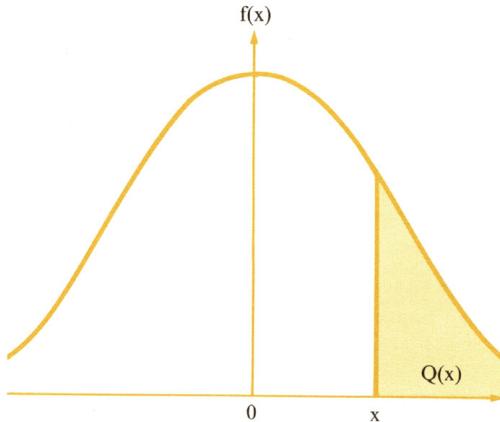
### Verwendete Formeln:

#### 1. Dichtefunktion

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

#### 2. Verteilungsfunktion

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$



$Q(x)$  wird zu gegebenem  $x$  mit Hilfe einer Approximation über das folgende Polynom berechnet:

Es sei  $R = f(x)(b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 + b_4 t^4 + b_5 t^5) + \varepsilon(x)$

wobei

$$|\varepsilon(x)| < 7,5 \times 10^{-8}$$

$$t = \frac{1}{1 + r|x|} \quad r = 0,2316419$$

$$b_1 = 0,31938153$$

$$b_2 = -0,356563782$$

$$b_3 = 1,781477937$$

$$b_4 = -1,821255978$$

$$b_5 = 1,330274429$$

$$\text{Dann gilt } Q(x) = \begin{cases} R & \text{falls } x \geq 0 \\ 1-R & \text{falls } x < 0 \end{cases}$$

## 2. Invertiertes Normalverteilungsintegral

Zu gegebenem  $Q > 0$  berechnet das Programm den Wert  $x$ , so daß gilt:

$$Q = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Zur Lösung des Problems verwendet das Programm die folgende rationale Approximation:

$$\text{Es sei } y = t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} + \varepsilon(Q)$$

wobei  $|\varepsilon(Q)| < 4,5 \times 10^{-4}$

$$t = \begin{cases} \sqrt{\ln \frac{1}{Q^2}} & \text{falls } 0 < Q \leq 0,5 \\ \sqrt{\ln \frac{1}{(1-Q)^2}} & \text{falls } 0,5 < Q < 1 \end{cases}$$

$$c_0 = 2,515517 \quad d_1 = 1,432788$$

$$c_1 = 0,802853 \quad d_2 = 0,189269$$

$$c_2 = 0,010328 \quad d_3 = 0,001308$$

$$\text{Dann gilt } x = \begin{cases} y & \text{falls } 0 < Q \leq 0,5 \\ -y & \text{falls } 0,5 < Q < 1 \end{cases}$$

### Literatur:

Abramowitz and Stegun, *Handbook of Mathematical Functions*, National Bureau of Standards, 1970.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmcarte 1 einlesen			
2	Vorbereitungsschritt (Programmstart)		A	0.00
3	Seite 1 und 2 der Programmcarte 2 einlesen			
4	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
5	Geben Sie x ein und berechnen Sie f(x)	x	C	f(x)
6	Geben Sie x ein und berechnen Sie Q(x)	x	D	Q(x)
	Gehen Sie für einen neuen x-Wert nach			
	Zeile 5 oder 6			
7	Geben Sie Q(x) ein und berechnen Sie x	Q(x)	E	x
	Gehen Sie für einen neuen Wert Q(x)			
	nach Zeile 7			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder auszuschalten, drücken Sie		0	
			STO	
			A	
			STO	
			B	

**Beispiel 1:**

Berechnen Sie f(x) und Q(x) für x = 1,18 und x = -2,28.

Lesen Sie Seite 1 und 2 der Programmcarte 1 ein.

Drücken Sie: **A**.

Lesen Sie Seite 1 und 2 der Programmcarte 2 ein.

**Drücken Sie****Anzeige/Ausdruck**

<b>B</b> →	<b>1.00 ***</b>	AUTO-Modus
1.18 <b>C</b> →	<b>1.18 ***</b>	
	<b>0.20 ***</b>	(f(1,18))
1.18 <b>D</b> →	<b>1.18 ***</b>	
	<b>0.12 ***</b>	(Q(1,18))
2.28 <b>CHS</b> <b>D</b> →	<b>-2.28 ***</b>	
	<b>0.99 ***</b>	(Q(-2,28))
2.28 <b>CHS</b> <b>C</b> →	<b>-2.28 ***</b>	
	<b>0.03 ***</b>	(f(-2,28))

**Beispiel 2:**

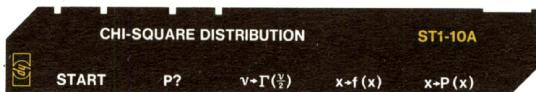
Gegeben ist  $Q = 0,12$  und  $Q = 0,95$ ; berechnen Sie x.

(Wenn Sie das erste Beispiel gerechnet haben, können Sie jetzt fortfahren; anderenfalls sind die Programmkkarten, wie in Beispiel 1 beschrieben, einzulesen.)

**Drücken Sie**

	<b>Anzeige/Ausdruck</b>	
0.12 <b>E</b>	→ <b>0.12 ***</b>	
0.95 <b>E</b>	→ <b>0.95 ***</b> → <b>-1.65 ***</b>	(x)

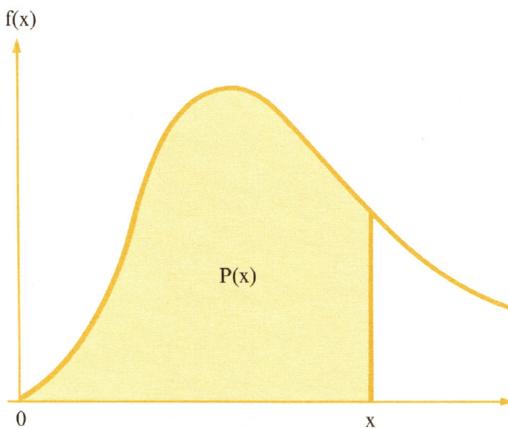
## Chi-Quadrat-Verteilung



Dieses Programm berechnet die Chi-Quadrat-Dichtefunktion.

$$f(x) = \frac{1}{2^{\frac{v}{2}} \Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} x^{\frac{v}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}}$$

für  $x \geq 0$ ;  $v$  ist die Anzahl der Freiheitsgrade.



Die Chi-Quadrat-Verteilungsfunktion wird über die folgende Reihenentwicklung berechnet:

$$P(x) = \int_0^x f(t) dt$$

$$= \left(\frac{x}{2}\right)^{\frac{v}{2}} \frac{e^{-\frac{x}{2}}}{\Gamma\left(\frac{v+2}{2}\right)} \left[ 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{x^k}{(\nu+2)(\nu+4)\dots(\nu+2k)} \right]$$

Das Programm berechnet aufeinanderfolgende Partialsummen der angegebenen Reihe. Haben zwei aufeinanderfolgende Partialsummen den gleichen Wert, so wird dieser letzte Wert als Ergebnis verwendet.

**Anmerkungen:**

1. Das Programm fordert  $v \leq 141$ . Bei größeren Werten für  $v$  treten Überlauf-Fehler auf.
2. Wenn sowohl  $x$  als auch  $v$  sehr groß ist, kann ein Rechner-Überlauf auftreten, wenn  $f(x)$  berechnet wird.
3. Für  $v$  geradzahlig gilt:

$$\Gamma\left(\frac{v}{2}\right) = \left(\frac{v}{2} - 1\right)!$$

Falls  $v$  ungerade:

$$\Gamma\left(\frac{v}{2}\right) = \left(\frac{v}{2} - 1\right) \left(\frac{v}{2} - 2\right) \dots \left(\frac{1}{2}\right) \Gamma\left(\frac{1}{2}\right)$$

4.

$$\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$$

**Literatur:**

Abramowitz and Stegun, *Handbook of Mathematical Functions*, National Bureau of Standards, 1970.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Geben Sie die Anzahl der Freiheitsgrade v			
	ein	v	C	$\Gamma(v/2)$
5	Geben Sie x ein und berechnen Sie f(x)	x	D	f(x)
6	Geben Sie x ein und berechnen Sie P(x)	x	E	P(x)
	(i) Gehen Sie für eine neue Rechnung mit			
	gleichem v nach Zeile 5 oder 6			
	(ii) Gehen Sie für eine neue Rechnung mit			
	einem geänderten Wert für v nach Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF	
			0	

**Beispiel 1:**

Berechnen Sie f(x) und P(x) für x = 9,6 und x = 15. Für die Anzahl der Freiheitsgrade gilt v = 20.

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck
A	0.00 ***
B	1.00 ***
20 C	20.00 *** 362880.00 *** $(\Gamma(20/2))$
9.6 D	9.60 *** 0.02 *** $(f(9,6))$
9.6 E	9.60 *** 0.03 *** $(P(9,6))$
15 E	15.00 *** 0.22 *** $(P(15))$
15 D	15.00 *** 0.06 *** $(f(15))$

**Beispiel 2:**Berechnen Sie  $f(x)$  und  $P(x)$ , wenn  $v = 3$  und  $x = 7,82$ .**Drücken Sie**

	<b>Anzeige/Ausdruck</b>	
<b>A</b>	<b>00.0 ***</b>	
<b>B</b>	<b>1.00 ***</b>	AUTO-Modus
3 <b>C</b>	<b>3.00 ***</b>	
	<b>0.89 ***</b>	$(\Gamma(3/2))$
7.82 <b>D</b>	<b>7.82 ***</b>	
	<b>0.02 ***</b>	$(f(7,82))$
7.82 <b>E</b>	<b>7.82 ***</b>	
	<b>0.95 ***</b>	$(P(7,82))$

## t-Verteilung



Dieses Programm berechnet die Dichtefunktion  $f(x)$  der t-Verteilung sowie die Verteilungsfunktion  $P(x)$ , wenn  $x$  und die Anzahl der Freiheitsgrade  $v$  gegeben ist.

### Verwendete Formeln:

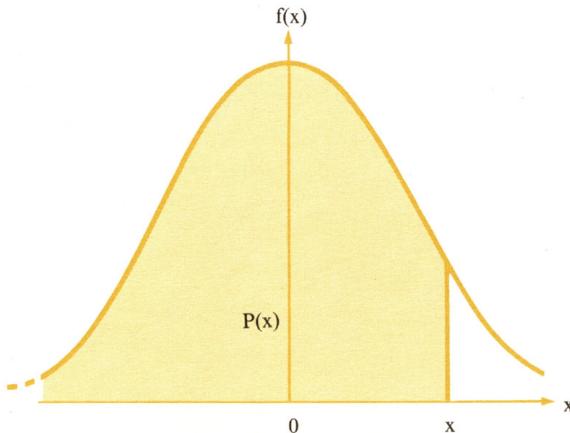
#### 1. Dichtefunktion

$$f(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{v+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi v} \Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} \left(1 + \frac{x^2}{v}\right)^{-\frac{v+1}{2}}$$

#### 2. Verteilungsfunktion

$$P(x) = \int_{-\infty}^x f(y) dy$$

$$\text{Es sei } \theta = \tan^{-1} \left( \frac{|x|}{\sqrt{v}} \right)$$



(a)  $\nu$  geradzahlig:

$$R = \sin \theta \left\{ 1 + \frac{1}{2} \cos^2 \theta + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \cos^4 \theta + \dots + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \dots (\nu-3)}{2 \cdot 4 \cdot 6 \dots (\nu-2)} \cos^{\nu-2} \theta \right\}$$

(b)  $\nu$  ungerade:

$$R = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{2\theta}{\pi} & \text{falls } \nu = 1 \\ \frac{2\theta}{\pi} + \frac{2}{\pi} \cos \theta & \left\{ \begin{array}{ll} \sin \theta \left[ 1 + \frac{2}{3} \cos^2 \theta + \dots + \frac{2 \cdot 4 \dots (\nu-3)}{1 \cdot 3 \dots (\nu-2)} \cos^{\nu-3} \theta \right] & \text{falls } \nu > 1 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\text{Es gilt: } P(x) = \begin{cases} \frac{1+R}{2} & \text{falls } x > 0 \\ \frac{1-R}{2} & \text{falls } x \leq 0 \end{cases}$$

### Anmerkung:

Das Programm erfordert für  $f(x)$ , daß  $\nu \leq 141$ ; anderenfalls tritt ein Rechner-Überlauf auf.

### Literatur:

Abramowitz and Stegun, *Handbook of Mathematical Functions*, National Bureau of Standards, 1970.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Geben Sie die Anzahl der Freiheitsgrade $v$			
	ein	$v$	C	$v$
5	Geben Sie $x$ ein und berechnen Sie $f(x)$	$x$	D	$f(x)$
6	Geben Sie $x$ ein und berechnen Sie $P(x)$	$x$	E	$P(x)$
	(i) Geben Sie für eine neue Rechnung mit			
	der gleichen Anzahl von Freiheits-			
	graden $v$ nach Zeile 5 oder 6			
	(ii) Geben Sie für eine neue Rechnung mit			
	einem neuen Wert für $v$ nach Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF	
			0	

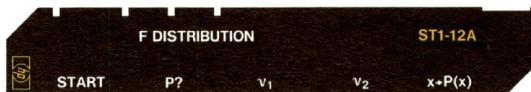
**Beispiel 1:**Berechnen Sie  $f(x)$  und  $P(x)$  für  $x = -2,2$  und  $v = 11$ .

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
A	0.00 ***	
B	1.00 ***	AUTO-Modus
11 C	11.00 ***	( $v$ )
2.2 E	2.20 ***	( $x$ )
	0.97 ***	( $P(2,2)$ )
2.2 D	2.20 ***	( $x$ )
	0.04 ***	( $f(2,2)$ )

**Beispiel 2:**Berechnen Sie  $f(x)$  und  $P(x)$  für  $x = -1,75$  und  $v = 30$ .**Drücken Sie**

	<b>Anzeige/Ausdruck</b>	
<b>A</b>	<b>0.00 ***</b>	
<b>B</b>	<b>1.00 ***</b>	AUTO-Modus
30 <b>C</b>	<b>30.00 ***</b>	(v)
1.75 <b>CHS</b> <b>D</b>	<b>-1.75 ***</b>	(x)
	<b>0.09 ***</b>	$(f(-1,75))$
1.75 <b>CHS</b> <b>E</b>	<b>-1.75 ***</b>	(x)
	<b>0.05 ***</b>	$(P(-1,75))$

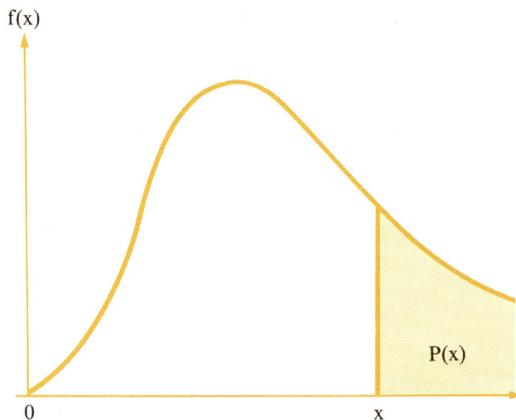
## F-Verteilung



Dieses Programm berechnet das Integral der F-Verteilung

$$P(x) = \int_x^{\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{\nu_1 + \nu_2}{2}\right) y^{\frac{\nu_1 - 1}{2}} \left(\frac{\nu_1}{\nu_2}\right)^{\frac{\nu_1}{2}}}{\Gamma\left(\frac{\nu_1}{2}\right) \Gamma\left(\frac{\nu_2}{2}\right) \left(1 + \frac{\nu_1}{\nu_2} y\right)^{\frac{\nu_1 + \nu_2}{2}}} dy$$

für gegebene Werte  $x$  ( $x > 0$ ) und gegebene Anzahl der Freiheitsgrade  $\nu_1$  und  $\nu_2$ , wobei vorausgesetzt wird, daß entweder  $\nu_1$  oder  $\nu_2$  geradzahlig ist.



Das Integral wird über die folgende Reihenentwicklung berechnet:

1.  $\nu_1$  geradzahlig:

$$P(x) = t^{\frac{\nu_2}{2}} \left[ 1 + \frac{\nu_2}{2}(1-t) + \dots + \frac{\nu_2(\nu_2+2)\dots(\nu_2+\nu_1-4)}{2\cdot4\cdots(\nu_1-2)} (1-t)^{\frac{\nu_1-2}{2}} \right]$$

2.  $\nu_2$  geradzahlig:

$$P(x) = 1 - (1 - t)^{\frac{\nu_1}{2}} \left[ 1 + \frac{\nu_1}{2}t + \dots + \frac{\nu_1(\nu_1 + 2) \dots (\nu_2 + \nu_1 - 4)}{2 \cdot 4 \dots (\nu_2 - 2)} t^{\frac{\nu_2 - 2}{2}} \right]$$

wobei  $t = \frac{\nu_2}{\nu_2 + \nu_1 x}$

**Anmerkung:**

In der Regel wird die Anzahl der Freiheitsgrade des Zählers mit  $\nu_1$  und die des Nenners mit  $\nu_2$  bezeichnet.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen		<input type="button" value="A"/> <input type="button" value="B"/>	
2	Vorbereitungsschritt		<input type="button" value="A"/> <input type="button" value="B"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe		<input type="button" value="A"/> <input type="button" value="B"/>	
	der Ergebnisse einschalten*		<input type="button" value="A"/> <input type="button" value="B"/>	1.00
4	$\nu_1$ eingeben	$\nu_1$	<input type="button" value="C"/> <input type="button" value="D"/>	$\nu_1$
5	$\nu_2$ eingeben	$\nu_2$	<input type="button" value="C"/> <input type="button" value="D"/>	$\nu_2$
6	Geben Sie x ein und berechnen Sie P(x)	x	<input type="button" value="E"/> <input type="button" value="F"/>	P(x)
7	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach		<input type="button" value="G"/> <input type="button" value="H"/>	
	Zeile 2		<input type="button" value="I"/> <input type="button" value="J"/>	
			<input type="button" value="K"/> <input type="button" value="L"/>	
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder auszuschalten, drücken Sie		<input type="button" value="CLF"/> <input type="button" value="M"/>	
			<input type="button" value="0"/> <input type="button" value="N"/>	

**Beispiele:**

1.  $v_1 = 7, v_2 = 6$

$P(4,21) = 0,05$

2.  $v_1 = 4, v_2 = 20$

$P(2,25) = 0,10$

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
A	0.00 ***	
B	1.00 ***	AUTO-MODUS
7 C	7.00 ***	$(v_1)$
6 D	6.00 ***	$(v_2)$
4.21 E	4.21 ***	(x)
	0.05 ***	$(P(x))$
4 C	4.00 ***	$(v_1)$
20 D	20.00 ***	$(v_2)$
2.25 E	2.25 ***	(x)
	0.10 ***	$(P(x))$

## Notizen

## Multiple lineare Regression

MULTIPLE LINEAR REGRESSION				ST1-13A
	$\rightarrow R^2$	$x \cdot y \cdot z$	$\rightarrow \sum x_i; \dots$	$\rightarrow \sum x_i^2; \dots$
START	P?	$x_i; \dots (\Sigma +)$	$x_k; \dots (\Sigma -)$	$\rightarrow \sum x_i y_i; \dots$
				$\rightarrow a; b; c$

Dieses Programm paßt eine lineare Gleichung der Form

$$z = a + bx + cy$$

nach der Methode der kleinsten Quadrate an eine gegebene Datenmenge  $\{(x_i, y_i, z_i), i = 1, 2, \dots, n\}$  an.

Die Regressionskoeffizienten  $a$ ,  $b$  und  $c$  werden als Lösungen des folgenden Normalgleichungssystems ermittelt:

$$\begin{cases} \sum z_i = an + b \sum x_i + c \sum y_i \\ \sum x_i z_i = a \sum x_i + b \sum x_i^2 + c \sum x_i y_i \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \sum y_i z_i = a \sum y_i + b \sum x_i y_i + c \sum y_i^2 \end{cases}$$

$$c = \frac{A - B}{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2] - [n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)]^2}$$

$$\text{wobei } A = [n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i z_i - (\sum y_i)(\sum z_i)]$$

$$B = [n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)] [n \sum x_i z_i - (\sum x_i)(\sum z_i)]$$

$$b = \frac{[n \sum x_i z_i - (\sum x_i)(\sum z_i)] - c [n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)]}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$a = \frac{1}{n} (\sum z_i - c \sum y_i - b \sum x_i)$$

$$R^2 = \frac{a \sum z_i + b \sum x_i z_i + c \sum y_i z_i - \frac{1}{n} (\sum z_i)^2}{(\sum z_i^2) - \frac{(\sum z_i)^2}{n}}$$

### Literatur:

Introduction to the Theory of Statistics, Mood and Graybill, McGraw-Hill, 1963.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten *		B	1.00
4	Führen Sie die Zeilen 5 – 6 für $i = 1, 2, \dots, n$ aus			
5	Geben Sie ein $x_i$	$x_i$	↑	$x_i$
	$y_i$	$y_i$	↑	$y_i$
	$z_i$	$z_i$	C	$i$
6	Wenn Sie bei der Eingabe von $x_k$ , $y_k$ oder			
	$z_k$ einen Fehler gemacht haben, korrigieren			
	Sie wie folgt:	$x_k$	↑	$x_k$
		$y_k$	↑	$y_k$
		$z_k$	D	$i - 1$
7	Berechnen Sie die Regressions-			
	koeffizienten a		E	a
	b		R/S	b
	c		R/S	c
8	Berechnen Sie das Quadrat des multiplen			
	Regressionskoeffizienten $R^2$		f a	$R^2$
9	Berechnen Sie einen Schätzwert für z			
	Geben Sie ein: x	x	↑	x
	y	y	f b	z
10	Wiederholen Sie Zeile 9 für verschiedene			
	Datenpaare (x, y)			
11	Rückruf der Summen $\Sigma x_i$		f c	$\Sigma x_i$
	$\Sigma y_i$		R/S	$\Sigma y_i$
	$\Sigma z_i$		R/S	$\Sigma z_i$
12	Zeigen Sie die Summen der Quadrate an			
	$\Sigma x_i^2$		f d	$\Sigma x_i^2$
	$\Sigma y_i^2$		R/S	$\Sigma y_i^2$
	$\Sigma z_i^2$		R/S	$\Sigma z_i^2$

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
13	Rückruf der Produktsummen			
		$\Sigma x_i y_i$	f e	$\Sigma x_i y_i$
		$\Sigma x_i z_i$	R/S	$\Sigma x_i z_i$
		$\Sigma y_i z_i$	R/S	$\Sigma y_i z_i$
14	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder auszuschalten, drücken Sie		CLF	
			0	

### Beispiel:

Berechnen Sie die Regressionsgerade und die übrigen Größen für die folgende Datenmenge:

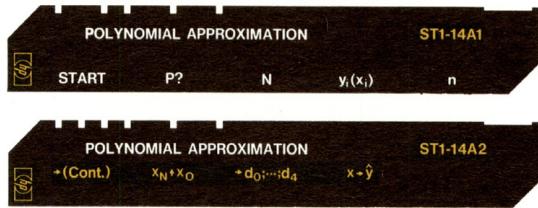
i	1	2	3	4
$x_i$	1,5	0,45	1,8	2,8
$y_i$	0,7	2,3	1,6	4,5
$z_i$	2,1	4,0	4,1	9,4

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
A	0.00 ***	
B	1.00 ***	AUTO-Modus
1,5 [ENTER] 0.7 [ENTER] 2.1 C	1.50 *** 0.70 *** 2.10 *** 1.00 ***	
9 [ENTER] 9 [ENTER] 9 C	9.00 *** 9.00 *** 9.00 *** 2.00 ***	(Fehler)
9 [ENTER] 9 [ENTER] 9 D	9.00 *** 9.00 *** 9.00 *** 1.00 ***	(Berichtigung)
0.45 [ENTER] 2.3 [ENTER] 4 C	0.45 *** 2.30 *** 4.00 *** 2.00 ***	

1.8	ENTER↑	1.6	ENTER↑	4.1	C	→	1.80 ***	
							1.60 ***	
							4.10 ***	
							3.00 ***	
2.8	ENTER↑	4.5	ENTER↑	9.4	C	→	2.80 ***	
							4.50 ***	
							9.40 ***	
							4.00 ***	
E						→	-0.10 ***	(a)
R/S						→	0.79 ***	(b)
R/S						→	1.63 ***	(c)
f a						→	1.00 ***	(R <sup>2</sup> )
DSP 9	PRINT x					→	0.998411259 ***	
DSP 2								
2	ENTER↑	3	f b			→	2.00 ***	
							3.00 ***	
							6.37 ***	(z)
f c						→	6.55 ***	(Σx <sub>i</sub> )
R/S						→	9.10 ***	(Σy <sub>i</sub> )
R/S						→	19.60 ***	(Σz <sub>i</sub> )
f d						→	13.53 ***	(Σx <sub>i</sub> <sup>2</sup> )
R/S						→	28.59 ***	(Σy <sub>i</sub> <sup>2</sup> )
R/S						→	125.58 ***	(Σz <sub>i</sub> <sup>2</sup> )
f e						→	17.57 ***	(Σx <sub>i</sub> y <sub>i</sub> )
R/S						→	38.65 ***	(Σx <sub>i</sub> z <sub>i</sub> )
R/S						→	59.53 ***	(Σy <sub>i</sub> z <sub>i</sub> )

Regressionsgerade:  $x = -0.10 + 0.79x + 1.63y$ .  
 Für  $x = 2$  und  $y = 3$  ergibt sich  $z = 6,37$ .

## Approximation von Funktionen durch Polynome



Angenommen,  $x_0, x_1, \dots, x_N$  sind Punkte gleichen Abstands ( $x_0 < x_N$ ), an denen die Werte  $f(x_0), f(x_1), \dots, f(x_N)$  der Funktion  $f(x)$  bekannt sind.

Das Programm paßt dieser diskret gegebenen Funktion dann ein Polynom vom Grad  $m$  ( $2 \leq m \leq 4$ ) an. Die Anpassung erfolgt nach der Kleinst-Quadrat-Methode unter Verwendung der speziellen Chebyshev-Polynome für diskrete Intervalle.

### Verwendete Formeln:

$f_n(x)$  seien orthogonale Polynome ( $x = 0, 1, 2, \dots, N$ ), so daß

$$f_0(x) = 1$$

$$f_1(x) = 1 - \frac{2x}{N} \quad \text{und}$$

$$(n+1)(N-n) f_{n+1}(x) = (2n+1)(N-2x) f_n(x) - n(N+n+1) f_{n-1}(x)$$

wobei  $n = 1, 2, \dots, m-1$ .

Es soll weiter gelten

$$(f, f_n) = \frac{(N+n+1)! (N-n)!}{(2n+1)(N!)^2}$$

$$(f, f_n) = \sum_{j=0}^n f_n(j) f(x_j)$$

und

$$a_n = \frac{(f, f_n)}{(f_n, f_n)}$$

Das Programm berechnet alle Werte von  $(f, f_n)$  für  $n = 0, 1, 2, 3, 4$ . Wenn der Grad  $m$  gleich 4 ist, werden alle Terme verwendet. Falls  $m = 3$ , wird  $(f, f_4)$  in späteren Rechnungen durch Null ersetzt; falls  $m = 2$ , werden sowohl  $(f, f_4)$  als auch  $(f, f_3)$  durch Null ersetzt.

$g_n(u)$  sei die symmetrische Form des orthogonalen Polynoms im Bereich  $-1 < u < 1$ , so daß gilt

$$g_0(u) = 1 \quad g_1(u) = u$$

und

$$g_{n+1}(u) = \frac{(2n+1)N}{(n+1)(N-n)} ug_n(u) - \frac{n(N+n+1)}{(n+1)(N-n)} g_{n-1}(u)$$

wobei  $n = 1, 2, \dots, m-1$ .

Das Programm berechnet die Koeffizienten des Polynoms

$$\sum_{n=0}^N a_n g_n(u) = b_0 + b_1 u + b_2 u^2 + b_3 u^3 + b_4 u^4 \quad (1)$$

Jetzt wird  $g_n(u)$  wie folgt auf ein passendes Intervall zwischen  $x_0$  und  $x_N$  verschoben

$$u = \beta + \alpha x$$

wobei

$$\alpha = -\frac{2}{x_N - x_0}$$

$$\beta = \frac{x_N + x_0}{x_N - x_0}$$

Die Transformation erfolgt in zwei Schritten. Als erstes wird  $z = u - \beta$  gesetzt. Damit wird (1) zu:

$$c_0 + c_1 z + c_2 z^2 + c_3 z^3 + c_4 z^4 \quad (2)$$

wobei

$$c_0 = b_0 + b_1 \beta + b_2 \beta^2 + b_3 \beta^3 + b_4 \beta^4$$

$$c_1 = b_1 + 2b_2 \beta + 3b_3 \beta^2 + 4b_4 \beta^3$$

$$c_2 = b_2 + 3b_3 \beta + 6b_4 \beta^2$$

$$c_3 = b_3 + 4b_4 \beta$$

$$c_4 = b_4$$

Jetzt wird  $z = \alpha x$  gesetzt, so daß (2) jetzt wie folgt aussieht:

$$d_0 + d_1 x + d_2 x^2 + d_3 x^3 + d_4 x^4 \quad (3)$$

wobei  $d_i = \alpha^i c_i$  ( $i = 0, 1, 2, 3, 4$ ).

(3) stellt das an die Funktion  $f(x)$  angepaßte Polynom dar.

**Anmerkung:**Das Programm erfordert, daß  $N \geq 4$ .**Literatur:**Abramowitz and Stegun, *Handbook of Mathematical Functions*, National Bureau of Standards, 1970.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmcarte 1 einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	$N$ eingeben**	N	C	N
5	Führen Sie Zeile 6 für $i = 0, 1, 2, \dots, N$ aus			
6	Geben Sie $y_i(x_i)$ ein	$y_i(x_i)$	D	i
7	Geben Sie $n$ für eine Anpassung n-ten			
	Grades ein	n	E	0.00
8	Seite 1 und 2 der Programmcarte 2 einlesen			
9	Programmausführung fortsetzen		f a	1.00
10	Geben Sie ein $x_N$	$x_N$	↑	
	und $x_0$	$x_0$	f b	
11	Berechnen Sie die Koeffizienten $d_i$		f c	$d_0$
			R/S	$d_1$
			R/S	$d_2$
			R/S	$d_3$
			R/S	$d_4$
12	Zur Berechnung eines $y$ -Wertes			
	(Schätzwert)	x	f d	$\hat{y}$
13	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 1			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF	
			0	
	** $N = \text{Anzahl der Daten} - 1$			

**Beispiel:**

Passen Sie ein Polynom dritten Grades an folgende Daten an:

x	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3
f(x)	2,72	3,49	4,48	5,75	7,39	9,49	12,18	15,64	20,09

(Anmerkung:  $f(x) = e^x$ .)**Drücken Sie****Anzeige/Ausdruck**

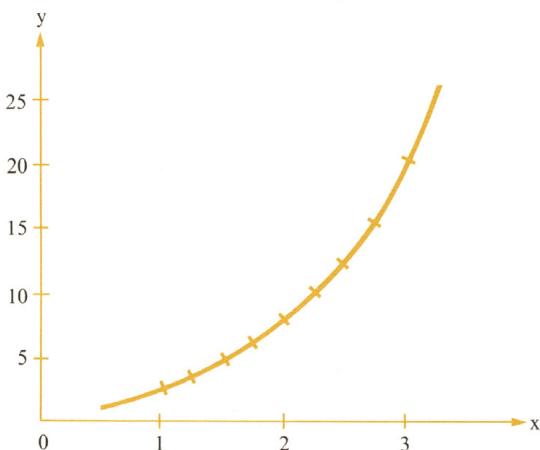
Lesen Sie Seite 1 und 2 der Programmkkarte 1 ein

- A  → 0.00 \*\*\*  
 B  → 1.00 \*\*\*  
 8 C  → 8.00 \*\*\* (N)  
 2.72 D  → 2.72 \*\*\* (x<sub>0</sub>)  
     1.00 \*\*\*  
 3.49 D  → 3.49 \*\*\*  
     2.00 \*\*\*  
 4.48 D  → 4.48 \*\*\*  
     3.00 \*\*\*  
 5.75 D  → 5.75 \*\*\*  
     4.00 \*\*\*  
 7.39 D  → 7.39 \*\*\*  
     5.00 \*\*\*  
 9.49 D  → 9.49 \*\*\*  
     6.00 \*\*\*  
 12.18 D  → 12.18 \*\*\*  
     7.00 \*\*\*  
 15.64 D  → 15.64 \*\*\*  
     8.00 \*\*\*  
 20.09 D  → 20.09 \*\*\*  
     9.00 \*\*\*  
 3 E  → 3.00 \*\*\* (x)

Lesen Sie Seite 1 und 2 der Programmkkarte 2 ein

<b>f</b> <b>a</b>	→	<b>1.00 ***</b>	
3 <b>ENTER</b> 1 <b>f</b> <b>b</b>	→	<b>3.00 ***</b>	$(x_N)$
		<b>1.00 ***</b>	$(x_0)$
<b>f</b> <b>c</b>	→	<b>-1.79 ***</b>	$(d_0)$
<b>R/S</b>	→	<b>7.03 ***</b>	$(d_1)$
<b>R/S</b>	→	<b>-3.85 ***</b>	$(d_2)$
<b>R/S</b>	→	<b>1.31 ***</b>	$(d_3)$
<b>R/S</b>	→	<b>0.00 ***</b>	$(d_4)$
2 <b>f</b> <b>d</b>	→	<b>2.00 ***</b>	
		<b>7.35 ***</b>	$(\hat{y})$
3 <b>f</b> <b>d</b>	→	<b>3.00 ***</b>	
		<b>20.06 ***</b>	$(\hat{y})$
1 <b>f</b> <b>d</b>	→	<b>1.00 ***</b>	
		<b>2.69 ***</b>	$(\hat{y})$

Das Polynom hat die Form  $-1,79 + 7,03x - 3,85x^2 + 1,31x^3$ .



## Notizen

## t-Test

t STATISTICS				STI-15A
<input type="checkbox"/> X <sub>i</sub> or Y <sub>j</sub> ( $\Sigma +$ )	X <sub>k</sub> or Y <sub>h</sub> ( $\Sigma -$ )	d	+t <sub>2</sub> ; df <sub>2</sub>	
START	P?	x <sub>i</sub> +y <sub>i</sub> ( $\Sigma +$ )	x <sub>k</sub> +y <sub>k</sub> ( $\Sigma -$ )	+D; s <sub>D</sub> ; ...

### I. t-Test (gepaarte Stichproben)

Gegeben ist eine Menge von Beobachtungspaaren zweier normalverteilter Grundgesamtheiten mit den (unbekannten) Mittelwerten  $\mu_1$  und  $\mu_2$ .

x <sub>i</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	...	x <sub>n</sub>
y <sub>i</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	...	y <sub>n</sub>

Es sei

$$D_i = x_i - y_i$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i$$

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum D_i^2 - \frac{1}{n} (\sum D_i)^2}{n-1}}$$

$$s_{\bar{D}} = \frac{s_D}{\sqrt{n}}$$

Die Testvariable

$$t = \frac{\bar{D}}{s_{\bar{D}}}$$

die  $n-1$  Freiheitsgrade besitzt, kann zum Testen der Nullhypothese

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

verwendet werden.

### Literatur:

*Statistics in Research*, B. Ostle, Iowa State University Press, 1963.

### II. t-Test (unabhängige Stichproben)

Angenommen,  $\{x_1, x_2, \dots, x_{n1}\}$  und  $\{y_1, y_2, \dots, y_{n2}\}$  sind unabhängige Stichproben zweier normalverteilter Grundgesamtheiten mit den (unbekannten) Mittelwerten  $\mu_1$  und  $\mu_2$  und der gleichen unbekannten Varianz  $\sigma^2$ .

Wir wollen folgende Nullhypothese testen:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d$$

Hierzu definieren wir:

$$\bar{x} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} y_i$$

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y} - d}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - n_1 \bar{x}^2 + \sum y_i^2 - n_2 \bar{y}^2}{n_1 + n_2 - 2}}}$$

Wir verwenden diese Testvariable  $t$ , die der  $t$ -Verteilung mit  $n_1 + n_2 - 2$  Freiheitsgraden (df) folgt, um die Nullhypothese  $H_0$  zu testen.

**Anmerkung:**

$n_2, \sum y_i, \sum y_i^2, n_1, \sum x_i$  und  $\sum x_i^2$  stehen in den Speicherregistern  $R_1$  bis  $R_6$ .

**Literatur:**

*Statistical Theory and Methodology in Science and Engineering*, K. A. Brownlee, John Wiley & Sons, 1965.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Gehen Sie für gepaarte Stichproben nach			
	Zeile 6			
5	Gehen Sie für unabhängige Stichproben			
	nach Zeile 11			
6	Führen Sie die Zeilen 7 – 8 für $i = 1, 2, \dots, n$			
	aus			
7	Geben Sie ein: $x_i$	$x_i$	↑	$x_i$
	$y_i$	$y_i$	C	$i$
8	Wenn Sie bei der Eingabe von $x_k, y_k$ einen			
	Fehler gemacht haben, korrigieren Sie wie			
	folgt:	$x_k$	↑	$x_k$
		$y_k$	D	$i-1$
9	Berechnen Sie: $\bar{D}$		E	$\bar{D}$
	$S_D$		R/S	$S_D$
	Testvariable t		R/S	$t$
	Anzahl der Freiheitsgrade		R/S	$df$
10	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
11	Führen Sie die Zeilen 12 – 13 für $i = 1, 2, \dots, n_1$			
	aus			
12	Geben Sie $x_i$ ein	$x_i$	f a	$i$
13	Wenn Ihnen bei der Eingabe von $x_k$ ein			
	Fehler unterlaufen ist, korrigieren Sie wie			
	folgt:	$x_k$	f b	$i-1$
14	Geben Sie d ein	d	f c	d
15	Führen Sie die Zeilen 16 – 17 für $j = 1, 2, \dots, n_2$			
	aus			
16	Geben Sie $y_j$ ein	$y_j$	f a	$j$
17	Wenn Ihnen bei der Eingabe von $y_k$ ein			
	Fehler unterlaufen ist, korrigieren Sie wie			
	folgt:	$y_k$	f b	$i-1$

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
18	Berechnen Sie $t$		f d	$t$
	df		R/S	df
19	Wenn Sie einen anderen Wert für $d$ berücksichtigen wollen, geben Sie $d$ ein;	d	f b	$d$
	berechnen Sie $t$		f d	$t$
	df		R/S	df
20	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder auszuschalten, drücken Sie		CLF	
			0	

### Beispiel 1:

$x_i$	14	17,5	17	17,5	15,4
$y_i$	17	20,7	21,6	20,9	17,2

$$\bar{D} = -3,20$$

$$s_D = 1,00$$

$$t = -7,16$$

$$df = 4,00$$

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

- A → 0.00 \*\*\*
  - B → 1.00 \*\*\*
  - 14 **ENTER** 17 C → 14.00 \*\*\*
  - 17.00 \*\*\*
  - 1.00 \*\*\*
  - 17 **ENTER** 15 C → 17.00 \*\*\*
  - 15.00 \*\*\*
  - 2.00 \*\*\*
  - 17 **ENTER** 15 D → 17.00 \*\*\*
  - 15.00 \*\*\*
  - 1.00 \*\*\*
  - 17.5 **ENTER** 20.7 C → 17.50 \*\*\*
  - 20.70 \*\*\*
  - 2.00 \*\*\*
- AUTO-Modus
- (Fehler)
- (Berichtigung)

17	<b>ENTER</b>	21.6	<b>C</b>	→	17.00 ***	
					21.60 ***	
					3.00 ***	
17.5	<b>ENTER</b>	20.9	<b>C</b>	→	17.50 ***	
					20.90 ***	
					4.00 ***	
15.4	<b>ENTER</b>	17.2	<b>C</b>	→	15.40 ***	
					17.20 ***	
					5.00 ***	
<b>E</b>				→	-3.20 ***	(D̄)
<b>R/S</b>				→	1.00 ***	(s_D)
<b>R/S</b>				→	-7.16 ***	(t_1)
<b>R/S</b>				→	4.00 ***	(df_1)

### Beispiel 2:

x: 79, 84, 108, 114, 120, 103, 122, 120

y: 91, 103, 90, 113, 108, 87, 100, 80, 99, 54

$$n_1 = 8$$

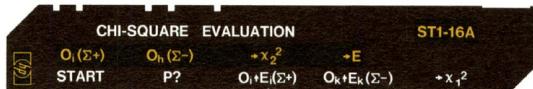
$$n_2 = 10$$

Für  $d = 0$  (d. h.  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ) ergibt sich  $t = 1,73$  und  $df = 16,00$ .

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
A	→ 0.00 ***	
B	→ 1.00 ***	AUTO-Modus
79 f a	→ 79.00 *** 1.00 ***	
84 f a	→ 84.00 *** 2.00 ***	
99 f a	→ 99.00 *** 3.00 ***	(Fehler)
99 f b	→ 99.00 *** 2.00 ***	(Berichtigung)
108 f a	→ 108.00 *** 3.00 ***	
114 f a	→ 114.00 *** 4.00 ***	
120 f a	→ 120.00 *** 5.00 ***	
103 f a	→ 103.00 *** 6.00 ***	
122 f a	→ 122.00 *** 7.00 ***	
120 f a	→ 120.00 *** 8.00 ***	

0	<b>f</b>	<b>c</b>	→	<b>0.00</b>	***	(d)
91	<b>f</b>	<b>a</b>	→	<b>91.00</b>	***	
				<b>1.00</b>	***	
103	<b>f</b>	<b>a</b>	→	<b>103.00</b>	***	
				<b>2.00</b>	***	
90	<b>f</b>	<b>a</b>	→	<b>90.00</b>	***	
				<b>3.00</b>	***	
113	<b>f</b>	<b>a</b>	→	<b>113.00</b>	***	
				<b>4.00</b>	***	
108	<b>f</b>	<b>a</b>	→	<b>108.00</b>	***	
				<b>5.00</b>	***	
87	<b>f</b>	<b>a</b>	→	<b>87.00</b>	***	
				<b>6.00</b>	***	
100	<b>f</b>	<b>a</b>	→	<b>100.00</b>	***	
				<b>7.00</b>	***	
80	<b>f</b>	<b>a</b>	→	<b>80.00</b>	***	
				<b>8.00</b>	***	
99	<b>f</b>	<b>a</b>	→	<b>99.00</b>	***	
				<b>9.00</b>	***	
54	<b>f</b>	<b>a</b>	→	<b>54.00</b>	***	
				<b>10.00</b>	***	
	<b>f</b>	<b>d</b>	→	<b>1.73</b>	***	(t)
	<b>R/S</b>		→	<b>16.00</b>	***	(df)

## Chi-Quadrat-Test



Dieses Programm ermittelt den Wert der  $\chi^2$ -Testvariablen als Maß für die Güte der Anpassung nach folgender Gleichung:

$$\chi^2_1 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

wobei:  $O_i$  = beobachtete (absolute) Häufigkeit

$E_i$  = erwartete (theoretische) Häufigkeit

Die  $\chi^2$ -Testvariable liefert eine Aussage über das Maß der Übereinstimmung zwischen den absoluten und theoretischen Häufigkeiten.

Wenn die Erwartungswerte alle gleich sind

$$\left( E = E_i = \frac{\sum O_i}{n} \text{ für alle } i \right)$$

dann gilt:

$$\chi^2_2 = \frac{n \sum O_i^2}{\sum O_i} - n$$

### Anmerkung:

Um den Test für die Güte der Anpassung auf gegebene Beobachtungsdaten anwenden zu können, wird es mitunter nötig sein, einige Klassen zusammenzufassen, um sicherzustellen, daß jede einzelne erwartete Häufigkeit nicht zu klein (nicht kleiner als 5) ist.

### Literatur:

*Mathematical Statistics*, J. E. Freund, Prentice Hall, 1962.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Gehen Sie für gleiche Erwartungswerte			
	nach Zeile 10			
5	Führen Sie die Zeilen 6 – 7 für $i = 1, 2, \dots, n$			
	aus			
6	Geben Sie ein: $O_i$	$O_i$	$\uparrow$	$O_i$
	$E_i$	$E_i$	C	$i$
7	Wenn Sie bei der Eingabe von $O_k$ bzw. $E_k$			
	einen Fehler gemacht haben, korrigieren Sie			
	wie folgt: ,	$O_k$	$\uparrow$	$O_k$
		$E_k$	D	$i-1$
8	Berechnen Sie $\chi_1^2$		E	$\chi_1^2$
9	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
10	Führen Sie für gleiche Erwartungswerte die			
	Zeilen 11 – 12 für $i = 1, 2, \dots, n$ aus			
11	Geben Sie $O_i$ ein	$O_i$	f a	$i$
12	Wenn Ihnen bei der Eingabe von $O_k$ ein			
	Fehler unterlaufen ist, korrigieren Sie wie			
	folgt:	$O_k$	f b	$i-1$
13	Berechnen Sie $\chi_2^2$		f c	$\chi_2^2$
	E		f d	E
14	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF	
			0	

**Beispiel 1:**

Berechnen Sie  $\chi^2$  als Maß für die Güte der Anpassung für folgende Daten:

O <sub>i</sub>	8	50	47	56	5	14
E <sub>i</sub>	9,6	46,75	51,85	54,4	8,25	9,15

$$\chi^2 = 4,84$$

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
A	0.00 ***	
B	1.00 ***	AUTO-Modus
8 [ENTER↑] 9.6 C	8.00 *** 9.60 *** 1.00 ***	
50 [ENTER↑] 46.75 C	50.00 *** 46.75 *** 2.00 ***	
47 [ENTER↑] 51.85 C	47.00 *** 51.85 *** 3.00 ***	
56 [ENTER↑] 54.4 C	56.00 *** 54.40 *** 4.00 ***	
5 [ENTER↑] 8.25 C	5.00 *** 8.25 *** 5.00 ***	
100 [ENTER↑] 100 C	100.00 *** 100.00 *** 6.00 ***	(Fehler)
100 [ENTER↑] 100 D	100.00 *** 100.00 *** 5.00 ***	(Berichtigung)
14 [ENTER↑] 9.15 C	14.00 *** 9.15 *** 6.00 ***	
E	4.84 ***	( $\chi^2_1$ )

**Beispiel 2:**

In der folgenden Tabelle stehen die Häufigkeiten, mit der bei 120-maligem Würfeln die Augenzahlen 1 bis 6 auftraten (beobachtete Häufigkeiten). Geht man von der Erwartung gleicher (theoretischer) Häufigkeiten aus, also E = 20, so kann man mit Hilfe der Chi-Quadrat-Testvariablen  $\chi^2$  die Qualität des Würfels prüfen.

Augenzahl	1	2	3	4	5	6
Häufigkeit O <sub>i</sub>	25	17	15	23	24	16

$\chi^2 = 5,00$

E = 20,00

### Drücken Sie

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
A	0.00 ***	
B	1.00 ***	AUTO-Modus
25 f a	25.00 *** 1.00 ***	
17 f a	17.00 *** 2.00 ***	
19 f a	19.00 *** 3.00 ***	(Fehler)
19 f b	19.00 *** 2.00 ***	(Berichtigung)
15 f a	15.00 *** 3.00 ***	
23 f a	23.00 *** 4.00 ***	
24 f a	24.00 *** 5.00 ***	
16 f a	16.00 *** 6.00 ***	
f c	5.00 ***	( $\chi^2$ )
f d	20.00 ***	(E)

## Kontingenztafel (Unabhängigkeitstest)

CONTINGENCY TABLE				STI-17A
	P?	3xk: $x_{1j} + \dots + (C_i)$	$x_{1j} + \dots + (\Sigma -)$	$\rightarrow \chi^2; C_c$
START	2xk: $x_{1j} + \dots + (C_i)$	$x_{1j} + \dots + (\Sigma -)$	$\rightarrow \chi^2; C_c$	$\rightarrow R_1; R_2; \dots$

### I. $2 \times k$ -Kontingenztafel

Mit Hilfe von Kontingenztafeln testet man die Nullhypothese auf die Unabhängigkeit zweier Variablen.

i \ j	1	2	...	k	Summen
1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1k}$	$R_1$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2k}$	$R_2$
Summen	$C_1$	$C_2$	...	$C_k$	$T$

Testgröße:

$$\chi^2 = \frac{T}{R_1} \sum_{i=1}^k \frac{x_{1i}^2}{C_i} + \frac{T}{R_2} \sum_{i=1}^k \frac{x_{2i}^2}{C_i} - T$$

Anzahl der Freiheitsgrade =  $df = k - 1$ .

Der Kontingenz-Koeffizient  $C_c$  von Pearson mißt den Grad der Abhängigkeit zwischen den beiden Variablen.

$$C_c = \sqrt{\frac{\chi^2}{T + \chi^2}}$$

### II. $3 \times k$ -Kontingenztafel

Kontingenztafeln werden zum Testen der Nullhypothese verwendet, daß zwei Variable voneinander unabhängig sind.

i \ j	1	2	...	k	Summen
1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1k}$	$R_1$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2k}$	$R_2$
3	$x_{31}$	$x_{32}$	...	$x_{3k}$	$R_3$
Summen	$C_1$	$C_2$	...	$C_k$	$T$

Das Programm berechnet die  $\chi^2$ -Testgröße (mit  $2(k - 1)$  Freiheitsgraden), um die Unabhängigkeit der beiden Variablen zu prüfen. Außerdem wird der Kontingenz-Koeffizient  $C_c$  von Pearson berechnet, der den Grad der Abhängigkeit zwischen den beiden Variablen mißt.

**Verwendete Formeln:**

Zeilensumme  $R_i = \sum_{j=1}^k x_{ij} \quad i = 1, 2, 3$

Spaltensumme  $C_j = \sum_{i=1}^3 x_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, k$

Gesamtsumme  $T = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^k x_{ij}$

Chi-Quadrat Testgröße  $\chi^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^k \frac{(x_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$   
 $= T \left( \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^k \frac{x_{ij}^2}{R_i C_j} \right) - T$

mit der erwarteten Häufigkeit  $E_{ij} = \frac{R_i C_j}{T}$

Kontingenz-Koeffizient  $C_c = \sqrt{\frac{\chi^2}{T + \chi^2}}$

**Literatur:**

B. Ostle, *Statistics in Research*, Iowa State University Press, 1972.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		f a	1.00
4	Gehen Sie für $2 \times k$ nach Zeile 5 oder für			
	$3 \times k$ nach Zeile 11			
5	Führen Sie die Zeilen 6–7 für $j=1, 2, \dots, k$			
	aus			
6	Geben Sie ein $x_{1j}$	$x_{1j}$	$\uparrow$	$x_{1j}$
	$x_{2j}$	$x_{2j}$	B	j
	Auf Wunsch: Berechnen Sie die Spalten-			
	summe $C_j$		R/S	$C_j$
7	Wenn Ihnen bei der Eingabe von $x_{1k}$ bzw.			
	$x_{2k}$ ein Fehler unterlaufen ist, korrigieren Sie			
	wie folgt:	$x_{1k}$	$\uparrow$	$x_{1k}$
		$x_{2k}$	C	i–1
	Auf Wunsch: Berechnen Sie die Spalten-			
	summe $C_k$ (Berichtigung)		R/S	$C_k$
8	Berechnen Sie $\chi^2$		D	$\chi^2$
	$C_c$		R/S	$C_c$
9	Berechnen Sie Zeilensumme $R_1$		E	$R_1$
	$R_2$		R/S	$R_2$
	Gesamtsumme T		R/S	T
10	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
11	Führen Sie die Zeilen 12–13 für $j=1, 2, \dots, k$			
	aus			
12	Geben Sie ein $x_{1j}$	$x_{1j}$	$\uparrow$	$x_{1j}$
	$x_{2j}$	$x_{2j}$	$\uparrow$	$x_{2j}$
	$x_{3j}$	$x_{3j}$	f b	j
	Auf Wunsch: Berechnen Sie die Spalten-			
	summe $C_j$		R/S	$C_j$

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
13	Wenn Sie bei der Eingabe von $x_{1k}$ oder			
	$x_{2k}$ einen Fehler gemacht haben, können Sie			
	wie folgt korrigieren:	$x_{1k}$	↑	$x_{1k}$
		$x_{2k}$	↑	$x_{2k}$
		$x_{3k}$	f c	j-1
	Auf Wunsch: Berechnen Sie die Spalten-			
	summe $C_k$		R/S	$-C_k$
14	Berechnen Sie $\chi^2$		f d	$\chi^2$
	$C_c$		R/S	$C_c$
15	Berechnen Sie Zeilensummen $R_1$		f e	$R_1$
	$R_2$		R/S	$R_2$
	$R_3$		R/S	$R_3$
	Gesamtsumme T		R/S	T
16	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF	
			0	

### Beispiel 1:

Im Rahmen einer Erhebung wurden 250 Männer und 250 Frauen daraufhin befragt, ob sie gerne einen Fernsehempfänger besitzen möchten. Dabei erhielt man die nachfolgenden Daten. Prüfen Sie das Ergebnis der Umfrage; verwenden Sie dazu das vorliegende Programm.

Ergebnis der Umfrage	Männer	Frauen	Summe
Möchten einen Fernseher besitzen	80	120	200
Möchten keinen Fernseher besitzen	170	130	300
Summe	250	250	

Drücken Sie

A → 0.00 \*\*\*  
 f a → 1.00 \*\*\*      AUTO-Modus  
 80 ENTER 170 B → 80.00 \*\*\*  
                           170.00 \*\*\*  
                           1.00 \*\*\*

120 **ENTER↑** 130 **B** → 120.00 \*\*\*  
 130.00 \*\*\*  
 2.00 \*\*\*  
**D** → 13.33 \*\*\* (χ<sup>2</sup>)

$$\chi^2 = 13,33 > \chi^2_{0,99(1)} = 6,63.$$

Die Hypothese, daß der Wunsch nach einem eigenen Fernsehgerät vom Geschlecht unabhängig ist, muß demnach verworfen werden.

### Beispiel 2:

Berechnen Sie zu den folgenden Daten den Wert der Testgröße  $\chi^2$  und den Kontingenz-Koeffizienten  $C_c$ .

	1	2	3
A	2	5	4
B	3	8	7

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
<b>A</b>	0.00 ***	
<b>f</b> <b>a</b>	1.00 ***	AUTO-Modus
2 <b>ENTER↑</b> 3 <b>B</b>	2.00 *** 3.00 *** 1.00 ***	
<b>R/S</b>	5.00 ***	(C <sub>1</sub> )
5 <b>ENTER↑</b> 8 <b>B</b>	5.00 *** 8.00 *** 2.00 ***	
<b>R/S</b>	13.00 ***	(C <sub>2</sub> )
6 <b>ENTER↑</b> 9 <b>B</b>	6.00 *** 9.00 *** 3.00 ***	(Fehler)
<b>R/S</b>	15.00 ***	(C <sub>3</sub> )
6 <b>ENTER↑</b> 9 <b>C</b>	6.00 *** 9.00 *** 2.00 ***	(Berichtigung)
<b>R/S</b>	-15.00 ***	(-C <sub>3</sub> )
4 <b>ENTER↑</b> 7 <b>B</b>	4.00 *** 7.00 *** 3.00 ***	
<b>R/S</b>	11.00 ***	(C <sub>3</sub> )
<b>D</b>	0.02 ***	(χ <sup>2</sup> )
<b>R/S</b>	0.03 ***	(C <sub>c</sub> )
<b>E</b>	11.00 ***	(R <sub>1</sub> )
<b>R/S</b>	18.00 ***	(R <sub>2</sub> )
<b>R/S</b>	29.00 ***	(T)

**Beispiel 3:**

Gegeben sind die folgenden Daten; berechnen Sie  $\chi^2$  und den Kontingenz-Koeffizienten  $C_c$ .

i \ j	1	2	3	4
1	36	67	49	58
2	31	60	49	54
3	58	87	80	68

**Drücken Sie**

- Anzeige/Ausdruck**
- A** → 0.00  
**f [a]** → 1.00  
 36 **ENTER↑** 31 **ENTER↑** 58 **f [b]** → 36.00 \*\*\*  
 31.00 \*\*\*  
 58.00 \*\*\*  
 1.00 \*\*\*  
**[R/S]** → 125.00 \*\*\* (C<sub>1</sub>)  
 67 **ENTER↑** 60 **ENTER↑** 87 **f [b]** → 67.00 \*\*\*  
 60.00 \*\*\*  
 87.00 \*\*\*  
 2.00 \*\*\*  
**[R/S]** → 214.00 \*\*\* (C<sub>2</sub>)  
 4 **ENTER↑** 49 **ENTER↑** 80 **f [b]** → 4.00 \*\*\*  
 49.00 \*\*\*  
 80.00 \*\*\*  
 3.00 \*\*\*  
**[R/S]** → 133.00 \*\*\* (C<sub>3</sub>)  
 4 **ENTER↑** 49 **ENTER↑** 80 **f [c]** → 4.00 \*\*\*  
 49.00 \*\*\*  
 80.00 \*\*\*  
 2.00 \*\*\*  
**[R/S]** → -133.00 \*\*\* (-C<sub>3</sub>)  
 49 **ENTER↑** 49 **ENTER↑** 80 **f [b]** → 49.00 \*\*\*  
 49.00 \*\*\*  
 80.00 \*\*\*  
 3.00 \*\*\*  
**[R/S]** → 178.00 \*\*\* (C<sub>3</sub>)  
 58 **ENTER↑** 54 **ENTER↑** 68 **f [b]** → 58.00 \*\*\*  
 54.00 \*\*\*  
 68.00 \*\*\*  
 4.00 \*\*\*  
**[R/S]** → 180.00 \*\*\* (C<sub>4</sub>)  
**f [d]** → 3.36 \*\*\* ( $\chi^2$ )  
**[R/S]** → 0.07 \*\*\* (C<sub>c</sub>)  
**f [e]** → 210.00 \*\*\* (R<sub>1</sub>)

<input type="checkbox"/> R/S	→	<b>194.00 ***</b>	(R <sub>2</sub> )
<input type="checkbox"/> R/S	→	<b>293.00 ***</b>	(R <sub>3</sub> )
<input type="checkbox"/> R/S	→	<b>697.00 ***</b>	(T)

## Notizen

## Spearman'scher Rangkorrelationskoeffizient



Der Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient ist unter folgenden Umständen ein Maß für die Rangkorrelation: n Individuen werden bezüglich spezieller Merkmale von zwei Beobachtern in Klassen von 1 bis n eingeordnet. Hierbei ist von Interesse, ob die beiden Einteilungen in Ränge im wesentlichen übereinstimmen.

Der Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient ist wie folgt definiert:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

wobei  $n$  = Anzahl der Datenpaare ( $x_i, y_i$ )

$D_i$  = Differenz der entsprechenden Rangnummern eines Paars (ordinale Messung)

$D_i = \text{Rang}(x_i) - \text{Rang}(y_i) = R_i - S_i$

Sind die Zufallsvariablen X und Y, von denen die n beobachteten Paare stammen, unabhängig, dann hat  $r_s$  den Mittelwert 0 und die Varianz  $1/(n-1)$ .

Für den Test der Nullhypothese

$H_0$ : X und Y sind unabhängig

gilt  $z = r_s \sqrt{n-1}$

$z$  stellt eine näherungsweise standardisiert normalverteilte Variable dar (soweit  $n$  ausreichend groß, etwa  $n \geq 10$ ).

Wird die Nullhypothese auf Unabhängigkeit nicht verworfen, können wir folgern, daß der Korrelationskoeffizient der Grundgesamtheit  $\rho(x, y) = 0$  ist.

Aus der Abhängigkeit der Variablen folgt allerdings nicht notwendigerweise, daß  $\rho(x, y) \neq 0$ .

### Anmerkung:

$-1 \leq r_s \leq 1$ , wobei  $r_s = 1$  die exakte Übereinstimmung der Rangordnung anzeigt;  $r_s = -1$  für die exakte Übereinstimmung bei gegenläufiger Rangordnung.

### Literatur:

*Nonparametric Statistical Inference*, J. D. Gibbons, McGraw Hill, 1971.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 der Programmcarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Führen Sie die Zeilen 5–6 für $i = 1, 2, \dots, n$			
	aus			
5	Geben Sie ein: $R_i$	$R_i$	$\uparrow$	$R_i$
	$S_i$	$S_i$	C	$i$
6	Wenn Sie bei der Eingabe von $R_k$ oder $S_k$			
	einen Fehler gemacht haben, korrigieren Sie			
	wie folgt:	$R_k$	$\uparrow$	$R_k$
		$S_k$	D	$i-1$
7	Berechnen Sie: $r_s$		E	$r_s$
	$z$		R/S	$z$
8	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF	
			0	

**Beispiel:**

Die folgenden Punktzahlen sind die Ergebnisse von zwei Tests in einer Gruppe von Studenten. Berechnen Sie  $r_s$  und  $z$ .

Student	$x_i$ Mathematik- Note	$y_i$ Statistik- Note	$R_i$ Rang von $x_i$	$S_i$ Rang von $y_i$
1	82	81	6	7
2	67	75	14	11
3	91	85	3	4
4	98	90	1	2
5	74	80	11	8
6	52	60	15	15
7	86	94	4	1
8	95	78	2	9
9	79	83	9	6
10	78	76	10	10
11	84	84	5	5
12	80	69	8	13
13	69	72	13	12
14	81	88	7	3
15	73	61	12	14

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
A	0.00 ***	
B	1.00 ***	AUTO-Modus
6 <b>ENTER↑</b> 7 C	6.00 *** 7.00 *** 1.00 ***	
14 <b>ENTER↑</b> 11 C	14.00 *** 11.00 *** 2.00 ***	
3 <b>ENTER↑</b> 4 C	3.00 *** 4.00 *** 3.00 ***	
1 <b>ENTER↑</b> 2 C	1.00 *** 2.00 *** 4.00 ***	
11 <b>ENTER↑</b> 8 C	11.00 *** 8.00 *** 5.00 ***	
5 <b>ENTER↑</b> 5 C	5.00 *** 5.00 *** 6.00 ***	(Fehler)

5	ENTER↑	5	D	→	5.00 *** 5.00 *** 5.00 ***	(Berichtigung)
15	ENTER↑	15	C	→	15.00 *** 15.00 *** 6.00 ***	
4	ENTER↑	1	C	→	4.00 *** 1.00 *** 7.00 ***	
2	ENTER↑	9	C	→	2.00 *** 9.00 *** 8.00 ***	
9	ENTER↑	6	C	→	9.00 *** 6.00 *** 9.00 ***	
10	ENTER↑	10	C	→	10.00 *** 10.00 *** 10.00 ***	
5	ENTER↑	5	C	→	5.00 *** 5.00 *** 11.00 ***	
8	ENTER↑	13	C	→	8.00 *** 13.00 *** 12.00 ***	
13	ENTER↑	12	C	→	13.00 *** 12.00 *** 13.00 ***	
7	ENTER↑	3	C	→	7.00 *** 3.00 *** 14.00 ***	
12	ENTER↑	14	C	→	12.00 *** 14.00 *** 15.00 ***	
E				→	0.76 ***	(r <sub>S</sub> )
R/S				→	2.85 **	(z)

## Statistische Qualitätskontrolle mit Kontrollkarten



Bei der Qualitätskontrolle finden häufig Kontrollkarten Verwendung, die das Einhalten von Sollwerten überwachen helfen. Die Verwendung solcher Karten erleichtert das Erkennen und Abstellen von Produktionsabweichungen, die durch erklärbare Ursachen bedingt werden. Auf diese Weise lässt sich der Ausschuß und die Notwendigkeit der Nachbearbeitung von Teilen klein halten, d.h., die Produktionsqualität wird verbessert und der Aufwand für die Endkontrolle verringert.

Die  $\bar{x}$ - und R-Karte sind zwei häufig verwendete Hilfsmittel; sie befassten sich mit Meßdaten.

Angenommen,  $x_{ij}$  ist der j-te Datenpunkt der i-ten Stichprobe,  $i = 1, 2, \dots, m$  und  $j = 1, 2, \dots, n$ . Dieses Programm berechnet (1) den Stichprobenmittelwert  $\bar{x}_i$  und die Stichproben-Spannweite  $R_i$ , (2) den Gesamt-Mittelwert  $\bar{x}$  und die Gesamt-Spannweite  $\bar{R}$ , (3) die obere Kontrollgrenze  $U_{\bar{x}}$  und die untere Kontrollgrenze  $L_{\bar{x}}$  für  $\bar{x}$  und (4) die obere Kontrollgrenze  $U_R$  und die untere Kontrollgrenze  $L_R$  für  $R$ .

### Verwendete Formeln:

$$1. \quad \bar{x}_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}/n$$

$$R_i = x_{\max} - x_{\min}$$

wobei  $x_{\max}$  und  $x_{\min}$  das Maximum und Minimum des x-Wertes in der i-ten Stichprobe sind.

$$2. \quad \bar{x} = \sum_{i=1}^m \bar{x}_i/m$$

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^m R_i/m$$

$$3. \quad L_{\bar{x}} = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$

$$U_{\bar{x}} = \bar{x} + A_2 \bar{R}$$

wobei  $A_2$  der Faktor der  $\bar{x}$ -Karte ist, der in der nachfolgenden Tabelle zu finden ist.

$$4. \quad L_R = D_3 \bar{R}$$

$$U_R = D_4 \bar{R}$$

$D_3$  und  $D_4$  sind Faktoren für die R-Karte, die ebenfalls in der Tabelle aufgeführt sind.

Stichproben- umfang n	Faktoren für		Faktoren für R-Karte	
	$\bar{x}$ -Karte $A_2$	$D_3$	Untere Grenze	Obere Grenze $D_4$
2	1,88	0		3,27
3	1,02	0		2,57
4	0,73	0		2,28
5	0,58	0		2,11
6	0,48	0		2,00
7	0,42	0,08		1,92
8	0,37	0,14		1,86
9	0,34	0,18		1,82
10	0,31	0,22		1,78
11	0,29	0,26		1,74
12	0,27	0,28		1,72
13	0,25	0,31		1,69
14	0,24	0,33		1,67
15	0,22	0,35		1,65
16	0,21	0,36		1,64
17	0,20	0,38		1,62
18	0,19	0,39		1,61
19	0,19	0,40		1,60
20	0,18	0,41		1,59

Alle Faktoren basieren auf der Normalverteilung

Die Tabelle wurde mit Genehmigung der McGraw-Hill Book Company aus *Statistical Quality Control*, by Grand and Leavenworth, 1972, entnommen.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Führen Sie die Zeilen 5–9 für $i = 1, 2, \dots, m$			
	aus			
5	Führen Sie die Zeilen 6–7 für $j = 1, 2, \dots, n$ aus			
6	$x_{ij}$ eingeben	$x_{ij}$	C	j
7	Wenn Sie bei der Eingabe von $x_{ik}$ einen			
	Fehler gemacht haben, korrigieren Sie wie			
	folgt**:	$x_{ik}$	D	j–1
8	Berechnen Sie: $x_{\max}$		E	$x_{\max}$
	$x_{\min}$		E	$x_{\min}$
9	Berechnen Sie: Mittelwert $\bar{x}_i$		f	a
	Spannweite $R_i$		f	a
10	Berechnen Sie: $\bar{x}$		f	b
	$\bar{R}$		f	b
11	Berechnen Sie die $\bar{x}$			
	Grenzen: obere Grenze	$A_2$	f	c
	untere Grenze		f	c
12	Berechnen Sie $L_R$	$D_3$	f	d
13	Berechnen Sie $U_R$	$D_4$	f	e
14	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		1	
			STO	
			E	
	** Anmerkung: Wenn Sie mehrere auf-			
	einanderfolgende Werte $x_{ik}$ fehlerhaft einge-			
	geben haben, ist von Zeile 2 an erneut zu			
	beginnen.			

**Beispiel:**

Berechnen Sie zu den nachfolgenden Daten die oberen und unteren Kontrollgrenzen für  $\bar{x}$  und R.

		j	1	2	3	4	5
i		1	2	3	4	5	
Stichprobe	1	10,04	10,00	10,02	10,01	10,02	
	2	10,00	10,01	10,03	10,02	10,01	
	3	10,02	10,02	10,02	10,04	10,01	

(Anmerkung:  $n = 5$ ,  $A_2 = 0,58$ ,  $D_3 = 0$ ,  $D_4 = 2,11$ .)

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
A	0.00 ***	
B	1.00 ***	AUTO-Modus
10.04 C	10.04 *** 1.00 ***	
10 C	10.00 *** 2.00 ***	
10.02 C	10.02 *** 3.00 ***	
11.11 C	11.11 *** 4.00 ***	(Fehler)
11.11 D	11.11 *** 3.00 ***	(Berichtigung)
10.01 C	10.01 *** 4.00 ***	
10.02 C	10.02 *** 5.00 ***	
E	10.04 ***	( $x_1 \max$ )
E	10.00 ***	( $x_1 \min$ )
f [a]	10.02 ***	( $\bar{x}_1$ )
f [a]	0.04 ***	(R <sub>1</sub> )
10 C	10.00 *** 1.00 ***	
10.01 C	10.01 *** 2.00 ***	
10.03 C	10.03 *** 3.00 ***	
10.02 C	10.02 *** 4.00 ***	
10.01 C	10.01 *** 5.00 ***	

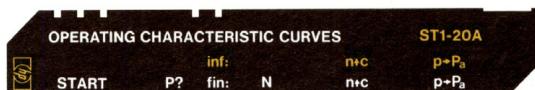
<b>E</b>	→	<b>10.03 ***</b>	( $x_2$ max)
<b>E</b>	→	<b>10.00 ***</b>	( $x_2$ min)
<b>f</b> [a]	→	<b>10.01 ***</b>	( $\bar{x}_2$ )
<b>f</b> [a]	→	<b>0.03 ***</b>	( $R_2$ )
10.02 <b>C</b>	→	<b>10.02 ***</b>	
		1.00 ***	
10.02 <b>C</b>	→	<b>10.02 ***</b>	
		2.00 ***	
10.04 <b>C</b>	→	<b>10.04 ***</b>	(Fehler)
		3.00 ***	
10.04 <b>D</b>	→	<b>10.04 ***</b>	(Berichtigung)
		2.00 ***	
10.02 <b>C</b>	→	<b>10.02 ***</b>	
		3.00 ***	
10.04 <b>C</b>	→	<b>10.04 ***</b>	
		4.00 ***	
10.01 <b>C</b>	→	<b>10.01 ***</b>	
		5.00 ***	
<b>E</b>	→	<b>10.04 ***</b>	( $x_3$ max)
<b>E</b>	→	<b>10.01 ***</b>	( $x_3$ min)
<b>f</b> [a]	→	<b>10.02 ***</b>	( $\bar{x}_3$ )
<b>f</b> [a]	→	<b>0.03 ***</b>	( $R_3$ )
<b>f</b> [b]	→	<b>10.02 ***</b>	( $\bar{x}$ )
<b>f</b> [b]	→	<b>0.03 ***</b>	( $\bar{R}$ )
0.58 <b>f</b> [c]	→	<b>10.00 ***</b>	( $L_{\bar{x}}$ )
<b>f</b> [c]	→	<b>10.04 ***</b>	( $U_{\bar{x}}$ )
0 <b>f</b> [d]	→	<b>0.00 ***</b>	( $L_R$ )
2.11 <b>f</b> [d]	→	<b>0.07 ***</b>	( $U_R$ )

### Literatur:

Grant and Leavenworth, *Statistical Quality Control*, McGraw-Hill, 1972.

## Notizen

## Operations-Charakteristik



Dieses Programm berechnet die Annahmewahrscheinlichkeit  $P_a$  für eine einzelne Stichprobe mit endlicher oder unendlicher Herstellungslosgröße.

### Verwendete Formeln:

#### 1. Endliche Losgröße

Die Wahrscheinlichkeit  $P_a$  wird mit Hilfe der hypergeometrischen Verteilung berechnet. Die Losgröße  $N$ , der Stichprobenumfang  $n$  und die Annahmegröße  $c$  (maximal erlaubte Anzahl von fehlerhaften Elementen in der Stichprobe) müssen gegeben sein. Die Wahrscheinlichkeit  $P_a$ , dies ist die Ordinate der Annahmekennlinie vom Typ A, kann für verschiedene Werte  $p$  des Ausschußanteils an der Partie berechnet werden.

$$P_a = \sum_{x=0}^c f(x)$$

$$f(x) = \frac{\binom{M}{x} \binom{N-M}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$

wobei  $f(x)$  die Dichtefunktion der hypergeometrischen Verteilung ist;  $M$  bezeichnet die Anzahl fehlerhafter Teile in einem Los, die als ganzzahliger Teil von  $Np$  berechnet wird.

Mit Hilfe der Rekursionsformel

$$f(x+1) = \frac{(x-M)(x-n)}{(x+1)(N-M-n+x+1)} f(x)$$

$(x = 0, 1, 2, \dots, n-1)$

$$\text{wird die Wahrscheinlichkeit } P_a = \sum_{x=0}^c f(x)$$

$$\binom{N-M}{n}$$

$$\text{mit dem Anfangswert } f(0) = \frac{\binom{N}{n}}{\binom{N}{n}}$$

berechnet. Der Binomialkoeffizient  $\binom{N}{n}$  wird nach folgender Formel berechnet:

$$\binom{N}{n} = \frac{N(N-1)\dots(N-n+1)}{1 \times 2 \times \dots \times n}$$

## 2. Unendliche Losgröße

Hier berechnet sich die Wahrscheinlichkeit  $P_a$  mit Hilfe der Binomialverteilung. Der Stichprobenumfang  $n$  und die Annahmegröße  $c$  sind vorzugeben. Die Wahrscheinlichkeit  $P_a$ , dies ist die Ordinate der Annahmekennlinie vom Typ B, kann für verschiedene Werte  $p$  des Ausschußanteils an der Partie berechnet werden.

$$P_a = \sum_{x=0}^c f(x)$$

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

wobei  $0 \leq p < 1$ .

Die Rekursionsformel

$$f(x+1) = \frac{p(n-x)}{(x+1)(1-p)} f(x)$$

$(x = 0, 1, 2, \dots, n-1)$

$$\text{wird zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit } P_a = \sum_{x=0}^c f(x)$$

mit dem Anfangswert  $f(0) = (1-p)^n$  verwendet.

### Anmerkungen:

1. Das Programm erfordert, daß  $0 \leq p < 1$ .
2. Für die Kurve vom Typ A (endliche Losgröße) gilt: wenn  $c = 0$ , dann  $P_a = f(0)$ .
3. Bei bestimmten Kombinationen von  $N$ ,  $n$  und  $c$  (vor allem, wenn diese Werte groß sind), kann ein Überlauf auftreten. Das Programm hält in diesem Fall mit der Anzeige 9.999999999 99 an.
4. Im Fall einer endlichen Losgröße (Typ A) hängt die Rechenzeit im wesentlichen vom Stichprobenumfang  $n$  und von der Annahmegröße  $c$  ab; je größer diese Werte sind, desto länger benötigt das Programm zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit.

5. Die Annahmekennlinie vom Typ A ist eigentlich eine Menge diskreter Punkte, da die Anzahl fehlerhafter Teile zwangsweise ganzzahlig ist. Diese Punkte rücken für große Losgrößen sehr dicht zusammen, so daß eine praktisch stetige Kurve entsteht.

Die Annahmekennlinien vom Typ B können als Annäherung an die Kurven des Typs A angesehen werden, wenn der Stichprobenumfang  $n$  im Vergleich zur Losgröße  $N$  klein ist (i. d. R., wenn  $n/N \leq 0,1$ ).

6. Solange das Verhältnis  $n/N$  klein ist, hat die Losgröße  $N$  nur einen geringen Einfluß auf die Annahmekennlinie vom Typ A. Der Stichprobenumfang  $n$  ist für die Kurve vom Typ A von wesentlich größerer Bedeutung.

Die Annahmegröße  $c$  hat im Fall der Kurve vom Typ B für jeden gegebenen Defektanteil  $p$  einen sehr starken Einfluß auf die Annahmewahrscheinlichkeit.

**Literatur:**

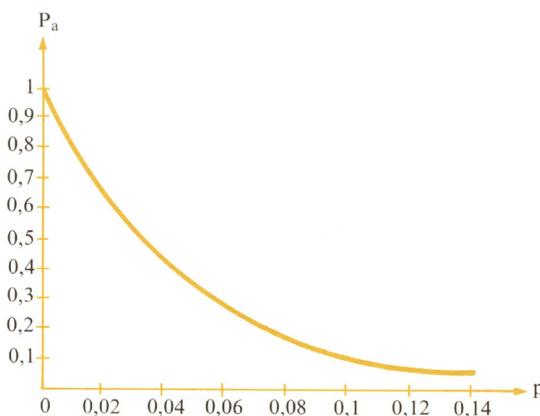
1. Dodge and Romig, *Sampling Inspection Tables*, John Wiley and Sons, 1959.
2. Grand and Leavenworth, *Statistical Quality Control*, McGraw-Hill, 1972.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen			
2	Vorbereitungsschritt		A	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe			
	der Ergebnisse einschalten*		B	1.00
4	Gehen Sie für eine unendliche Losgröße			
	(Typ B) nach Zeile 11			
5	Führen Sie für eine endliche Losgröße			
	(Typ A) die folgenden Schritte aus			
6	Geben Sie die Losgröße ein	N	C	N
7	Geben Sie ein: Stichprobenumfang n	n	↑	n
	Annahmegröße c	c	D	c
8	Berechnen Sie die Annahmewahrschein-			
	lichkeit $P_a$	p	E	$P_a$
9	Gehen Sie für einen neuen Wert P nach			
	Zeile 8			
10	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
11	Geben Sie ein: Stichprobenumfang n	n	↑	n
	Annahmegröße c	c	f d	c
12	Berechnen Sie die Annahmewahrschein-			
	lichkeit $P_a$	p	f e	$P_a$
13	Gehen Sie für einen neuen Wert P nach			
	Zeile 12			
14	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach			
	Zeile 2			
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder			
	auszuschalten, drücken Sie		CLF	
			0	

**Beispiel 1:**

Berechnen Sie die Annahmekennlinie vom Typ A für folgende Stichprobe:  $N = 200$ ,  $n = 20$ ,  $c = 0$  (berechnen Sie  $P_a$  für  $p = 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1, 0,12$  und  $0,14$ ).

Drücken Sie	Anzeige/Ausdruck	
A	0.00 ***	
B	1.00 ***	AUTO-Modus
200 C	200.00 ***	(N)
20 ENTER 0 D	20.00 *** 0.00 ***	(n) (c)
0 E	0.00 *** 1.00 ***	
0.02 E	0.02 *** 0.65 ***	
0.04 E	0.04 *** 0.42 ***	
0.06 E	0.06 *** 0.27 ***	
0.08 E	0.08 *** 0.17 ***	
0.1 E	0.10 *** 0.11 ***	
0.12 E	0.12 *** 0.07 ***	
0.14 E	0.14 *** 0.04 ***	



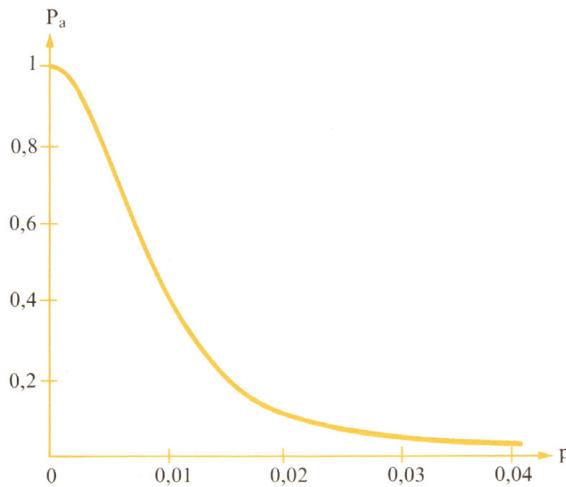
**Beispiel 2:**

Ermitteln Sie die Annahmekennlinie vom Typ B für  $n = 200$  und  $c = 1$  (berechnen Sie  $P_a$  für  $p = 0, 0,01, 0,02, 0,03, 0,04$ ).

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

A	→ 0.00 ***	AUTO-Modus (n)
B	→ 1.00 ***	
200 [ENTER↑] 1 f [d]	→ 200.00 *** 1.00 ***	(c)
0 f [e]	→ 0.00 *** 1.00 ***	
0.01 f [e]	→ 0.01 *** 0.40 ***	
0.02 f [e]	→ 0.02 *** 0.09 ***	
0.03 f [e]	→ 0.03 *** 0.02 ***	
0.04 f [e]	→ 0.04 *** <b>2.656338303-03 ***</b>	



## Warteschlangen (eine oder mehrere Abfertigungsstellen)

SINGLE- AND MULTI-SERVER QUEUES					STI-21A
	$m+n$ $\mu+\lambda, n+\lambda$	$s+a+Q$ $\rightarrow P_0 \rightarrow P_b$	$\rightarrow L+T$ $\rightarrow L_q+L$	$\rightarrow L_q+T_q$ $\rightarrow T_q+T$	$\rightarrow F$ $t \rightarrow P(t)$

### I. Unendlich viele Personen in der Warteschlange

Angenommen, es stehen  $n$  ( $n \geq 1$ ) gleichartige Abfertigungsstationen zur Verfügung, die eine unendliche Zahl von Kunden bedienen.  $\lambda$  sei die (poissonverteilte) Ankunftsrate der Kunden und  $\mu$  die Abfertigungsrate (exponentialverteilt). Die Abfertigung erfolgt in der Weise, daß wer zuerst kommt auch zuerst bedient wird. Es wird weiter angenommen, daß alle auf Bedienung wartenden Kunden in einer Schlange stehen und – wenn sie an der Reihe sind – von einer der freien Abfertigungsstellen bedient werden. Außerdem wird vorausgesetzt, daß keiner der Wartenden die Schlange verläßt (d. h. verloren geht).

Die folgenden Größen werden vom Programm ermittelt, wenn  $n$ ,  $\lambda$  und  $\mu$  bekannt sind.

#### Verwendete Formeln:

##### 1. Intensität

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

( $\rho$  muß kleiner als  $n$  sein.)

##### 2. Die Wahrscheinlichkeit, daß alle Abfertigungsstellen unbeschäftigt sind

$$P_0 = \left[ \sum_{k=0}^{n-1} \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{n! \left( 1 - \frac{\rho}{n} \right)} \right]^{-1}$$

##### 3. Die Wahrscheinlichkeit, daß alle Abfertigungsstellen besetzt sind

$$P_b = \frac{\rho^n P_0}{n! \left( 1 - \frac{\rho}{n} \right)}$$

##### 4. Durchschnittliche Länge der Schlange (Anzahl der Wartenden)

$$L_q = \frac{\rho P_b}{n - \rho}$$

5. Durchschnittliche Anzahl von Kunden im System (wartende Kunden und solche, die gerade bedient werden)

$$L = L_q + \rho$$

6. Mittlere Wartezeit in der Schlange

$$T_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

7. Mittlere Durchlaufzeit durch das System

$$T = \frac{L}{\lambda}$$

8. Wahrscheinlichkeit, länger als eine Zeit  $t$  warten zu müssen

$$P(t) = P_b e^{-(n\mu - \lambda)t}$$

**Anmerkungen:**

1.  $n$  muß ganzzahlig und größer oder gleich 1 sein.
2.  $\rho < n$ , anderenfalls wächst die Warteschlange über alle Grenzen.
3.  $\lambda$  und  $\mu$  sind Raten, d.h. Anzahl pro Zeiteinheit.

**II. Endlich viele Personen in der Warteschlange**

Angenommen, für die Abfertigung stehen  $n$  ( $n \geq 1$ ) gleichartige Schalter zur Verfügung. Dieses Programm behandelt den Fall, daß eine endliche Anzahl von Kunden abgefertigt werden will.

Die Anzahl der Kunden  $m$  ist eine feste Größe;  $a$  sei die mittlere Zeit zwischen der Ankunft aufeinanderfolgender Kunden und  $s$  die mittlere Beschäftigungszeit mit einer Person. Wenn  $m$ ,  $n$ ,  $s$  und  $a$  gegeben sind, berechnet das Programm die folgenden Größen.

**Verwendete Formeln:**

1. Durchschnittliche Anzahl von Personen im System (wartende Kunden und solche, die gerade bedient werden)

$$L = \frac{\sum_{k=0}^m k Q_k}{\sum_{k=0}^m Q_k}$$

wobei  $Q_0 = 1$

$$(m - k + 1)\rho Q_{k-1} = \begin{cases} kQ_k & \text{falls } 1 \leq k \leq n \\ nQ_k & \text{falls } n < k \leq m \end{cases}$$

und

$$\rho = \frac{s}{a}$$

2. Mittlere Durchlaufzeit durch das System

$$T = aL$$

3. Mittlere Anzahl von Kunden in der Warteschlange

$$L_q = m \left[ (\rho + 1) \left( \frac{L}{m} - 1 \right) + 1 \right]$$

4. Mittlere Wartezeit in der Schlange

$$T_q = aL_q$$

5. Gesamtleistungsfaktor des Systems

$$F = -(\rho + 1) \left( \frac{L}{m} - 1 \right)$$

#### Anmerkungen:

1. Für große Werte m und/oder kleine Werte für  $\rho$  kann bei der Berechnung von  $Q_k$  (unter Marke **f** **c**) ein Unterlauf auftreten. Um das zu vermeiden, prüft das Programm, ob  $Q_k < 10^{-90}$ . Ist dies der Fall, bricht das Programm die rekursive Berechnung von  $Q_k$  ab und fährt sofort mit der Berechnung von L fort. Der errechnete Wert für L wird dadurch nicht verfälscht.
2. Für bestimmte Kombinationen von m, n, s und a kann ein Überlauf auftreten. Das Programm hält dann an und weist mit der Anzeige 9.999999999 99 auf den Rechner-Überlauf hin.
3. Die Laufzeit des Programms zur Berechnung von L hängt vom Wert m ab; je größer m ist, desto länger braucht der Rechner. Die erforderliche Rechenzeit für diese Routine (unter Marke **f** **c**) lässt sich durch den Ausdruck  $m/30$  Minuten abschätzen.
4. Angenommen, statt s und a sind die Abfertigungsrate  $\mu$  jedes Bedienungsschalters und die Ankunftsrate  $\lambda$  gegeben. Sie können s und a dann nach folgenden Formeln berechnen und anschließend dieses Programm verwenden.

$$s = \frac{1}{\mu}$$

$$a = \frac{1}{\lambda}$$

Beachten Sie, daß  $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

**Literatur:**

1. H. M. Wagner, *Principles of Operations Research with Applications to Managerial Decisions*, Prentice-Hall, 1969.
2. James Martin, *Systems Analysis for Data Transmission*, Prentice-Hall, 1972.
3. Hillier and Lieberman, *Introduction to Operations Research*, Holden-Day, 1970.
4. Peck and Hazelwood, *Finite Queueing Tables*, John Wiley and Sons, 1958.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkkarte einlesen		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
2	Gehen Sie für endlich viele Kunden nach		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
	Zeile 11		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
3	Führen Sie für eine unendliche Zahl von		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
	Kunden die Zeilen 4 – 9 aus		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
4	Geben Sie ein: $\mu$	$\mu$	<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	$\mu$
	$\lambda$	$\lambda$	<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	$\lambda$
	$n$	$n$	<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="A"/>	$\rho$
5	Berechnen Sie: $P_0$		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	$P_0$
	$P_b$		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	$P_b$
6	Berechnen Sie: $L_q$		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="C"/>	$L_q$
	$L$		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="C"/>	$L$
7	Berechnen Sie: $T_q$		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="D"/>	$T_q$
	$T$		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="D"/>	$T$
8	Geben Sie $t$ ein und berechnen Sie $P(t)$	$t$	<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="E"/>	$P(t)$
9	Gehen Sie für einen geänderten Wert $t$ nach		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
	Zeile 8		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
10	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
	Zeile 2		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
11	Führen Sie für endlich viele Kunden die		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
	Zeilen 12 – 16 aus		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
12	Geben Sie ein: Anzahl der Kunden	$m$	<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	$m$
	Anzahl der Abfertigungs-		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
	stellen	$n$	<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="f"/> <input type="button" value="a"/>	$m$
13	Geben Sie ein: mittlere Abfertigungs-		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
	zeit pro Kunde	$s$	<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	$s$
	mittlere Zeit zwischen		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
	Ankunft des Kunden	$a$	<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="f"/> <input type="button" value="b"/>	$\rho$
14	Berechnen Sie: Anzahl Kunden im System		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="f"/> <input type="button" value="c"/>	$L$
	mittlere Durchlaufzeit		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="f"/> <input type="button" value="c"/>	$T$
15	Berechnen Sie: Länge der Schlange		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="f"/> <input type="button" value="d"/>	$L_q$
	Wartezeit		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="f"/> <input type="button" value="d"/>	$T_q$
16	Berechnen Sie den Leistungsfaktor $F$		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/> <input type="button" value="f"/> <input type="button" value="e"/>	$F$
17	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	
	Zeile 2		<input type="button" value=""/> <input type="button" value=""/>	

**Beispiel 1:**

Im zeitlichen Mittel betreten 1,2 Kunden pro Minute die Schalterhalle einer Bank. Vor drei Abfertigungsschaltern bilden sie eine gemeinsame Warteschlange. Jeder der drei Bankangestellten kann pro Stunde 30 Kunden abfertigen. Berechnen Sie  $\rho$ ,  $P_0$ ,  $P_b$ ,  $L_q$ ,  $L$ ,  $T_q$ ,  $T$  und die Wahrscheinlichkeit  $P(2)$ , daß ein Kunde länger als 2 Minuten in der Schlange warten muß.

**Anmerkung:**

Abfertigungsrate  $\mu = 30/60 = 0,5$  Kunden pro Minute.  
Zeit zwischen der Ankunft  $\lambda = 1,2$  Kunden pro Minute.

**Drücken Sie**

		Anzeige/Ausdruck
.5	ENTER↑	1.2
	ENTER↑	3 A
		→ 0.50 *** (μ)
		1.20 *** (λ)
		3.00 *** (n)
		2.40 *** (ρ)
B		→ 0.06 *** (P <sub>0</sub> )
B		→ 0.65 *** (P <sub>b</sub> )
C		→ 2.59 *** (L <sub>q</sub> )
C		→ 4.99 *** (L)
D		→ 2.16 *** (T <sub>q</sub> )
D		→ 4.16 *** (T)
2 E		→ 2.00 *** (t)
		0.36 *** (P(t))

**Beispiel 2:**

In einer SB-Reinigung stehen 12 Waschvollautomaten, die nach durchschnittlich 60 Stunden Einsatz 4 Stunden Wartung erfordern. Berechnen Sie  $\rho$ ,  $L$ ,  $T$ ,  $L_q$ ,  $T_q$  und  $F$ , wenn für die Wartung der Geräte nur eine Person zur Verfügung steht.

**Drücken Sie**

		Anzeige/Ausdruck
12	ENTER↑	1 f a
		→ 12.00 *** (m)
		1.00 *** (n)
4	ENTER↑	60 f b
		→ 4.00 *** (s)
		60.00 *** (a)
		0.07 *** (ρ)
f c		→ 1.64 *** (L)
f c		→ 98.66 *** (T)
f d		→ 0.95 *** (L <sub>q</sub> )
f d		→ 57.24 *** (T <sub>q</sub> )
f e		→ 0.92 *** (F)

## Programm-Speicherlisten

Wenn Sie an der Funktionsweise der Programme genauer interessiert sind, können Sie die nachfolgenden Speicherlisten heranziehen. Dort finden Sie neben einer Aufstellung sämtlicher Programmschritte auch Kommentare zur Wirkung einzelner Programmteile sowie Angaben über die Belegung der Speicherregister. Eine Zusammenstellung der Tastensymbole und Tastencodes finden Sie im Anhang E des Bedienungshandbuchs zu Ihrem Rechner.

	Seite
1. Statistische Grundgrößen .....	124
2. Fakultät, Kombinationen ohne Wiederholung mit/ohne Berücksichtigung der Anordnung .....	126
3. Momente, Schiefe und Steilheit (Kurtosis) (für klassifizierte und nicht klassifizierte Daten) .....	128
4. Erzeugung von Zufallszahlen .....	130
5. Histogramm .....	132
6. Einfache Varianzanalyse .....	134
7. Doppelte Varianzanalyse .....	136
8. Einfache Kovarianzanalyse .....	138
9. Normalverteilung und invertiertes Normalverteilungsintegral .....	142
10. Chi-Quadrat-Verteilung .....	146
11. t-Verteilung .....	148
12. F-Verteilung .....	150
13. Multiple lineare Regression .....	152
14. Approximation von Funktionen durch Polynome .....	154
15. t-Test .....	158
16. Chi-Quadrat-Test .....	160
17. Kontingenztafel (Unabhängigkeitstest) .....	162
18. Spearman'scher Rangkorrelationskoeffizient .....	164
19. Statistische Qualitätskontrolle mit Kontrollkarten .....	166
20. Operations-Charakteristik .....	168
21. Warteschlangen (eine oder mehrere Abfertigungsstellen) .....	170

## Notizen

## Statistische Grundgrößen

<pre> 001 *LBLA 002 CLRG 003 CF6 004 CF1 005 CF2 006 F2S 007 CLRG 008 F2S 009 S 010 RTN 011 *LBL1 012 SF0 013 1 014 RTN 015 *LBLC 016 F00 017 GSB8 018 SF1 019 XZY 020 Z- 021 GSB9 022 GSB8 023 CF1 024 RTN 025 *LBLB 026 F00 027 GSB8 028 XZY 029 Z+ 030 GSB9 031 GSB8 032 RTN 033 *LBLD 034 ST00 035 F10 036 CHS 037 ST49 038 F4 039 ST0E 040 F4 041 ST0n 042 F1 043 F00 044 GSB8 045 F1 046 ABS 047 GSB9 048 ST01 049 *LBL2 050 RCL6 051 RCL4 052 GSB3 053 DS2I 054 GT02 055 RCL9 056 F2S </pre>	<p>Vorbereitungsschritte</p> <p>Flag f für AUTO-Modus setzen</p> <p>Berichtigung von <math>x_k, y_k</math></p> <p><math>x_i, y_i</math> eingeben</p> <p><math>x_i, y_i, f_i</math> eingeben</p>	<pre> 057 ST09 058 F2S 059 GSB9 060 GSB8 061 RTN 062 *LBLE 063 SF1 064 GSB0 065 CF1 066 RTN 067 *LBL3 068 F10 069 GT04 070 Z+ 071 RTN 072 *LBL4 073 Z- 074 RTN 075 *LBL5 076 Z 077 GSB9 078 R/S 079 XZY 080 GSB9 081 GSB8 082 RTN 083 *LBL6 084 Z 085 ST06 086 XZY 087 F2S 088 ST06 089 F2S 090 S 091 EE% 092 Z 093 X 094 XZY 095 LSTn 096 X 097 XZY 098 RCL6 099 F 100 GSB9 101 R/S 102 XZY 103 F2S 104 RCL6 105 F2S 106 Z 107 GSB9 108 GSB8 109 RTN 110 *LBLc 111 S 112 GSB9 </pre>	<p>Berichtigung von <math>x_k, y_k, f_k</math></p> <p><math>\bar{x}, \bar{y}</math></p> <p><math>V_x, V_y</math></p>								
REGISTERS											
0	$\bar{x}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\sum f_i$
S0	$\bar{y}$	S1	S2	S3	S4	$\sum x_i$	$\sum x_i^2$	$\sum y_i$	$\sum y_i^2$	$\sum x_i y_i$	S9
A	$x_i$	B	$y_i$	C	$f_i$	D	E	F	G	H	n

LABELS		FLAGS		SET STATUS		
A	B	C	D	E	F	G
Start	$x_1 \uparrow y_1(\Sigma +)$	$x_k \uparrow y_k(\Sigma)$	$x_i, y_i, f_i$	$x_k, y_k, f_k$	0	Druck
Druck	belegt	belegt	belegt	$\Sigma x_1 \dots$	1	
Anz. $x_i, y_i$	1	2	3	4	2	
	6	7	8	9	3	
			Leerzeile	Druck	3	
					2	
					1	
					0	

# Fakultät, Kombinationen ohne Wiederholung mit/ohne Berücksichtigung der Anordnung

001 *LBL0 002 CLRE 003 CF0 004 0 005 RTN 006 *LBL0 007 SF0 008 1 009 RTN 010 *LBL0 011 X=Y 012 GSBa 013 X=Y 014 GSBa 015 X=Y 016 GT02 017 ENT† 018 0 019 X=Y 020 GT03 021 CLN 022 1 023 X=Y 024 GT04 025 - 026 ST01 027 R4 028 ST07 029 *LBL1 030 RCL7 031 1 032 - 033 ST07 034 X 035 DSZ1 036 GT01 037 GSBa 038 GSBa 039 RTN 040 *LBL2 041 0 042 - 043 *LBL3 044 ENT† 045 1 046 GSBa 047 GSBa 048 RTN 049 *LBL4 050 X=Y 051 GSBa 052 X=Y 053 GSBa 054 X=Y 055 GT02 056 -	Vorbereitungsschritte  Flag 0 für AUTO-Modus setzen  m, n für mPn eingeben	057 LSTX 058 X=Y? 059 GSB6 060 ST07 061 1 062 ST01 063 + 064 ST06 065 CLN 066 X=Y? 067 GT03 068 *LBL0 069 R4 070 1 071 RCL7 072 + 073 ST01 074 X=Y? 075 GT05 076 RCL7 077 X=Y 078 + 079 LSTX 080 - 081 RCL6 082 X 083 ST06 084 GT08 085 *LBL4 086 R4 087 R4 088 GSBa 089 GSBa 090 RTN 091 *LBL6 092 ST06 093 X=Y 094 RTN 095 *LBL5 096 RCL6 097 GSBa 098 GSBa 099 RTN 100 *LBL0 101 GSBa 102 ST01 103 ST03 104 0 105 9 106 X=Y 107 X=Y? 108 GT09 109 X=Y 110 - 111 ST01 112 LSTX	mP1 = m						
m, n für mCn eingeben									
REGISTERS									
0	m, n	2 Log(69!) + ...	3 (n-i)	4	5	6 belegt	7 m	8 n - 1	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	B	C	D	E					m - 69

```

113   N!
114   LOG
115   ST02
116   RCL1
117   ENT†
118   LOG
119   ST+2
120   *LBL7
121   DS2I
122   GT08
123   GT07
124   *LBL7
125   RCL2
126   INT
127   GSBa
128   RCL2
129   FRC
130   10^
131   DSP9
132   GSBa
133   DSP2
134   RCL1
135   GSBb
136   R/S
137   R↓
138   R↓
139   R/S
140   R↑
141   RTN
142   *LBL8
143   RCL3
144   1
145   -
146   ST03
147   LOG
148   ST+2
149   GT07
150   *LBL9
151   N!
152   GSBa
153   GSBb
154   RTN
155   *LBLa
156   F0?
157   PRTY
158   RTN
159   *LBLb
160   F0?
161   SPC
162   RTN

```

LABELS						FLAGS		SET STATUS						
A	Start	B	Druck?	C	$n \rightarrow n!$	D	$m \uparrow n \rightarrow mP_n$	E	$m \uparrow n \rightarrow mC_n$	F	Druck	FLAGS	TRIG	DISP
A	Start	B	Druck?	C	$n \rightarrow n!$	D	$m \uparrow n \rightarrow mP_n$	E	$m \uparrow n \rightarrow mC_n$	F	Druck	ON OFF	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
B	Druck	C	Leerzeile	D	$n \rightarrow$	E	$m \uparrow n \rightarrow$	F	$m \uparrow n \rightarrow$	G		1	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
C	mCn	D	m!	E	Fehler	F	$mP_0, mC_0$	G	$mP_1, mC_1$	H		2	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
D	Ausgabe	E	x $\leq$ y	F	n > 69	G	n > 69	H	n $\leq$ 69	I		3		
E		F		G		H		I		J		4		
F		G		H		I		J		K		5		
G		H		I		J		K		L		6		
H		I		J		K		L		M		7		
I		J		K		L		M		N		8		
J		K		L		M		N		O		9		
K		L		M		N		O		P		10		
L		M		N		O		P		Q		11		
M		N		O		P		Q		R		12		
N		O		P		Q		R		S		13		
O		P		Q		R		S		T		14		
P		Q		R		S		T		U		15		
Q		R		S		T		U		V		16		
R		S		T		U		V		W		17		
S		T		U		V		W		X		18		
T		U		V		W		X		Y		19		
U		V		W		X		Y		Z		20		
V		W		X		Y		Z				21		
W		X		Y		Z						22		
X		Y		Z								23		
Y		Z										24		
Z												25		

# Momente, Schiefe und Steilheit (Kurtosis)

## (für klassifizierte und nicht klassifizierte Daten)

001 *LBL1	057 F10								
002 CLR6	058 CHS								
003 F2S	059 ST+1								
004 CLR6	060 X2Y								
005 F2S	061 X								
006 CF1	062 ST+2								
007 CF0	063 LSTX								
008 0	064 X								
009 RTN	065 ST+3								
010 *LBL2	066 LSTX								
011 SF0	067 X								
012 1	068 ST+4								
013 RTN	069 LSTX								
014 *LBL3	070 X								
015 ST04	071 ST+5								
016 GSE9	072 RCLC								
017 Z+	073 1								
018 *LBL1	074 F10								
019 F2S	075 CHS								
020 RCL4	076 +								
021 RCL5	077 ST0C								
022 RCL9	078 GSE9								
023 F2S	079 GSE8								
024 ST01	080 RTN								
025 F4	081 *LBL4								
026 ST03	082 SF1								
027 F4	083 GSE8								
028 ST02	084 CF1								
029 RCL6	085 RTN								
030 3	086 *LBL4								
031 Y*	087 RCL2								
032 F10	088 RCL1								
033 CHS	089 :								
034 ST+4	090 ST0E								
035 RCL8	091 GSE9								
036 4	092 GSE8								
037 ..	093 RTN								
038 F10	094 *LBL5								
039 CHS	095 RCL3								
040 ST+5	096 RCL1								
041 RCL1	097 +								
042 GSE9	098 RCL6								
043 GSE8	099 X2								
044 RTN	100 ST0S								
045 *LBL6	101								
046 GSE9	102 ST07								
047 SF1	103 GSE9								
048 Z+	104 R-S								
049 GSE1	105 RCL4								
050 CF1	106 RCL3								
051 RTN	107 RCL6								
052 *LBL7	108 Y								
053 X2Y	109 3								
054 PRTX	110 X								
055 X2Y	111 -								
056 GSE9	112 RCL1								
REGISTERS									
0	1 n od. $\Sigma f_i$	2	3	4	5	6 $\bar{x}, m_4$	7 $m_2$	8 $\bar{x}^2$	9 $m_3$
S0	S1	S2	S3	S4 $\Sigma x_i$	S5 $\Sigma x_i^2$	S6 $\Sigma y_i$	S7 $\Sigma y_i^2$	S8 $\Sigma xy$	S9 n
A $x_i$	B	C n	D	E					I

113	$\div$			169	$F0^{\circ}$			
114	RCL6			170	SPC			
115	RCL8			171	RTN			
116	x							
117	2							
118	x							
119	+							
120	ST09							
121	GSB9							
122	R/S							
123	RCL5							
124	RCL6							
125	RCL4							
126	x		m4					
127	4							
128	x							
129	-							
130	RCL8							
131	RCL3							
132	x							
133	6							
134	x							
135	+							
136	RCL1							
137	$\div$							
138	RCL8							
139	$x^2$							
140	3							
141	x							
142	-							
143	ST06							
144	GSB9							
145	GSB8							
146	RTN							
147	*LBL4							
148	RCL9		$\gamma_1$					
149	RCL7							
150	1							
151	.							
152	5							
153	$y^*$							
154	$\div$							
155	GSB9							
156	R/S							
157	RCL6							
158	RCL7							
159	$x^2$		$\gamma_2$					
160	$\div$							
161	GSB9							
162	GSB8							
163	RTN							
164	*LBL9							
165	$F0^{\circ}$							
166	PRTX							
167	RTN							
168	*LBL8							
LABELS						SET STATUS		
<sup>a</sup> Start	<sup>b</sup> $x_1(\Sigma+)$	<sup>c</sup> $x_k(\Sigma-)$	<sup>d</sup> $y_1 \uparrow f_1(\Sigma+)$	<sup>e</sup> $y_k \uparrow f_k(\Sigma-)$	<sup>f</sup> Druck	FLAGS	TRIG	DISP
<sup>a</sup> Druck?	<sup>b</sup> $\rightarrow x$	<sup>c</sup> $\rightarrow m_2, m_3, m_4$	<sup>d</sup> $\rightarrow \gamma_1; \gamma_2$	<sup>e</sup>	<sup>f</sup> 1 Korrektur	FLAGS	TRIG	DISP
0	1	2	3	4	2	ON OFF	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
5	6	7	8	9	3	0 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
						1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
						2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		
						3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		
						n <input type="checkbox"/>		
Druck/Anzeige-Routine								

## Erzeugung von Zufallszahlen

<pre> 001 *LBL<u>a</u> 002 P<sub>2</sub>S 003 CLR<u>C</u> 004 P<sub>2</sub>S 005 GTO<sub>0</sub> 006 *LBL<u>A</u> 007 GSB<u>7</u> 008 RCL<u>C</u> 009 RCL<u>D</u> 010 - 011 012 RCL<u>D</u> 013 + 014 *LBL<u>2</u> 015 PRT<sub>X</sub> 016 STO<sub>9</sub> 017 Z+ 018 RCL<u>A</u> 019 + 020 STO<sub>A</sub> 021 RCL<sub>9</sub> 022 X<sup>2</sup> 023 RCL<u>B</u> 024 + 025 STO<sub>B</sub> 026 - 027 RCL<u>I</u> 028 + 029 STO<sub>I</sub> 030 RCL<sub>9</sub> 031 RTN 032 *LBL<u>4</u> 033 STO<sub>C</sub> 034 GSB<u>8</u> 035 RCL<u>D</u> 036 *LBL<u>3</u> 037 PRT<sub>X</sub> 038 SPC 039 RTN 040 *LBL<u>E</u> 041 GSB<u>7</u> 042 RCL<u>D</u> 043 X 044 INT 045 - 046 + 047 GTO<sub>2</sub> 048 *LBL<u>C</u> 049 STO<sub>C</sub> 050 XZY 051 STO<sub>D</sub> 052 GSB<u>8</u> 053 RCL<u>C</u> 054 GSB<u>4</u> 055 RCL<u>C</u> 056 GTO<sub>3</sub> </pre>		<p>Eingabe von a, b, Sekundär-Register löschen</p> <p>Generator für gleichförmig verteilte Zufallszahlen <math>u_i</math></p> <p><math>u_i</math></p> <p>k eingeben</p> <p>Druck/Anzeige- und Leerzeilenroutine</p> <p>Zufallszahlen <math>d_i</math></p> <p>m, <math>\sigma</math> eingeben</p>		<pre> 057 *LBL<u>5</u> 058 *LBL<u>C</u> 059 GSB<u>7</u> 060 STO<sub>7</sub> 061 GSB<u>7</u> 062 - 063 X 064 - 065 - 066 STO<sub>2</sub> 067 RCL<u>7</u> 068 - 069 Y 070 - 071 - 072 STO<sub>1</sub> 073 +P 074 XZ 075 - 076 XZY 077 GTO<sub>5</sub> 078 R<sub>4</sub> 079 ENT† 080 LN 081 - 082 X 083 CHS 084 XZY 085 + 086 JX 087 STO<sub>8</sub> 088 RCL<u>1</u> 089 GSB<u>6</u> 090 RTN 091 *LBL<u>C</u> 092 RCL<u>S</u> 093 RCL<u>2</u> 094 *LBL<u>E</u> 095 X 096 RCL<u>C</u> 097 Y 098 RCL<u>D</u> 099 + 100 GTO<sub>2</sub> 101 *LBL<u>d</u> 102 GTO<sub>6</sub> 103 *LBL<u>D</u> 104 GSB<u>7</u> 105 LN 106 CHS 107 RCL<u>D</u> 108 X 109 GTO<sub>2</sub> 110 *LBL<u>E</u> 111 SPC 112 X </pre>		<p>Generator für normalverteilte Zufallszahlen <math>n_i</math></p> <p><math>z_i</math></p> <p><math>z_i + 1</math></p> <p><math>V_2</math></p> <p><math>V_1</math></p> <p>S</p> <p><math>I \geq S</math></p> <p>Nächste Zufallszahlen</p> <p><math>\sqrt{-2 \ln S/S}</math></p> <p><math>n_i</math></p> <p><math>n_i + 1</math></p> <p><math>\mu</math> eingeben</p> <p>Generator für exponentialverteilte Zufallszahlen <math>e_i</math></p> <p><math>\bar{x}</math></p>	
REGISTERS							
0	1 V <sub>1</sub>	2 V <sub>2</sub>	3	4	5 6 7 z <sub>i</sub> 8 V-2lnS/S 9 x <sub>i</sub>		
50	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub> S <sub>6</sub> S <sub>7</sub> S <sub>8</sub> S <sub>9</sub> n		
A	B belegt	C belegt	b oder $\sigma$	D a od. k od. m od. $\mu$	E FRC (997 u <sub>i</sub> ) I Index n		

113	GSB4							
114	R/S							
115	S	s						
116	GSB4							
117	R/S							
118	P/S							
119	RCL9							
120	P/S	n						
121	GSB4							
122	SPC							
123	RTN							
124	#LBL4		Druck/Anzeige- Routine					
125	PRTX							
126	RTN							
127	#LBL0							
128	*							
129	5							
130	2							
131	8							
132	4	z <sub>0</sub>						
133	1							
134	6							
135	3		rE = z <sub>0</sub>					
136	STOE							
137	0							
138	STOA							
139	STOB							
140	STCI							
141	SPC							
142	RTN							
143	#LBL7							
144	RCLE							
145	9							
146	9							
147	7		Zufallszahlen-Generator					
148	x			z <sub>i</sub> + 1 = FRC (997 z <sub>i</sub> )				
149	FRC							
150	STOE							
151	RTN							

LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A → u <sub>i</sub>	B → d <sub>i</sub>	C → n <sub>i</sub>	D → e <sub>i</sub>	E → x; s; n	0	FLAGS	TRIG	DISP
a a↑b→	b k→	c m↑σ→	d μ→	e	1	0	ON OFF	DEG <input checked="" type="checkbox"/>
0 z <sub>0</sub> → RE	1	2	3	4 Druck Leerz.	2	1	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
5	6 n <sub>i</sub> , n <sub>i</sub> + 1	7 FRC (997 × z <sub>i</sub> )	8	9 Druck	3	2	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
						3	ON OFF	n <u>2</u>

# Histogramm

001 *LBL1	057 RCLD								
002 CLRG	058 X <sup>2</sup> Y								
003 P <sup>2</sup> S	059 X <sup>2</sup> Y <sup>2</sup>								
004 CLRG	060 GSB2								
005 P <sup>2</sup> S	061 RCLC								
006 CF0	062 -								
007 CF1	063 RCLA								
008 0	064 1/X								
009 RTN	065 X								
010 *LBL2	066 INT								
011 R1	067 1								
012 GSB8	068 X <sup>2</sup> Y								
013 STOC	069 4								
014 F1	070 LSTX								
015 STOD	071 3								
016 GSB8	072 2								
017 GSB7	073 INT								
018 GSB7	074 1								
019 X <sup>2</sup> Y	075 4								
020 -	076 STO1								
021 2	077 1								
022 4	078 -								
023 STOE	079 3								
024 +	080 2								
025 STOA	081 -								
026 RTN	082 GT01								
027 *LBL3	083 *LBL3								
028 0	084 RCL9								
029 STO1	085 DSP0								
030 X <sup>2</sup> Y	086 GSB8								
031 GSB8	087 GSB7								
032 Z-	088 DSP2								
033 SF1	089 CF1								
034 GSBc	090 R/S								
035 CF1	091 RTN								
036 RTN	092 *LBL1								
037 *LBLD	093 GSBd								
038 STOB	094 F10								
039 0	095 CHS								
040 STO1	096 ST+i								
041 R1	097 GT09								
042 GSB8	098 *LBLd								
043 RCLC	099 3								
044 X <sup>2</sup> Y <sup>2</sup>	100 CHS								
045 GT08	101 X								
046 R1	102 10 <sup>8</sup>								
047 RCLD	103 RTN								
048 X <sup>2</sup> Y	104 *LBLa								
049 X <sup>2</sup> Y <sup>2</sup>	105 SPC								
050 GT08	106 0								
051 0	107 STO1								
052 X <sup>2</sup> Y	108 RCLC								
053 Z+	109 STOB								
054 *LBLc	110 *LBL5								
055 STOB	111 10 <sup>21</sup>								
056 RCL0	112 2								
REGISTERS									
0 x <sub>j</sub>	1, 2, 3	2 4, 5, 6	3 7, 8, 9	4 10, 11, 12	5 13, 14, 15	6 16, 17, 18	7 19, 20, 21	8 22, 23, 24	9 n
S0 S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
A (x <sub>max</sub> -x <sub>min</sub> )/24	B x <sub>min</sub>	C x <sub>min</sub>	D x <sub>max</sub>	E 24	F	Zähler 1-8			

113	ST09		169	RCL9											
114	GSBe		170	-											
115	RCLI		171	x											
116	EEX		172	+											
117	3		173	PRTX											
118	x		174	ST08											
119	INT		175	RTN											
120	DSP0		176	#LBL8											
121	PRTX		177	SF0											
122	SPC		178	1											
123	DSP2		179	RTN											
124	1		180	#LBL6											
125	ST09		181	GSB7											
126	GSBe		182	GSB7											
127	RCLI		183	P#S											
128	EEX		184	RCL9											
129	3		185	P#S											
130	x		186	GSB8											
131	FRC		187	R/S											
132	EEX		188	x											
133	3		189	GSB8											
134	x		190	R/S											
135	INT		191	S											
136	DSP0		192	GSB8											
137	PRTX		193	GSB7											
138	SPC		194	RTN											
139	DSP2		195	#LBL8											
140	0		196	F0?											
141	ST09		197	PRTX											
142	GSBe		198	RTN											
143	RCLI		199	#LBL7											
144	EEX		200	F0?											
145	6		201	SPC											
146	x		202	RTN											
147	FRC		203	#LBL2											
148	EEX		204	RCLA											
149	3		205	2											
150	x		206	÷											
151	INT		207	-											
152	DSP0		208	RTN											
153	PRTX														
154	SPC														
155	DSP2														
156	RCLI														
157	8														
158	XY?														
159	GT05														
160	RTN														
161	#LBL6														
162	RCLB														
163	·PRTX														
164	RCLC														
165	RCLA														
166	RCLI														
167	3														
168	x														
LABELS															
A	Start	B	Druck	C	x <sub>max</sub> , x <sub>min</sub>	D	Eingabe	E	Korrektur	F	Druck	FLAGS	SET STATUS		
a	Liste	b	n; x; s	c	y	d	10x	e	1	Korrektur	0	ON	OFF	DEG	FIX
0	Fehler	1	Sortieren	2	Kor.f.xmax	3		4	2		1	□	□	GRAD	SCI
5	Liste	6		7	Leerzeile	8	Druck	9	Druckindex	3	2	□	□	RAD	ENG
										3	3	□	□	n	2

## Einfache Varianzanalyse

001 *LBL1 002 CLR6 003 P2S 004 CLR6 005 P2S 006 CFB 007 CF1 008 CF2 009 0 010 RTN 011 *LBL2 012 F20 013 GSB9 014 GSB3 015 Z+ 016 *LBL3 017 P2S 018 RCL4 019 RCL5 020 P2S 021 STOB 022 R4 023 STOA 024 R4 025 GSB3 026 GSB0 027 RTN 028 *LBL4 029 1 030 ST+9 031 SF2 032 RCLA 033 ST+7 034 RCLB 035 ST+4 036 P2S 037 RCL9 038 P2S 039 ST+6 040 RCL6 041 X2 042 P2S 043 RCL9 044 P2S 045 $\div$ 046 ST+5 047 $\bar{x}$ 048 GSB3 049 R-S 050 S 051 GSB3 052 R-S 053 RCLA 054 GSB3 055 GSB0 056 GSB0		Vorbereitungsschritte  x <sub>ij</sub> eingeben  $\bar{x}_i$  s <sub>i</sub>  Sum <sub>i</sub>	057 RTN 058 *LBL9 059 P2S 060 CLR6 061 P2S 062 RTN 063 *LBLD 064 GSB3 065 Z- 066 GSB8 067 RTN 068 *LBL8 069 SF0 070 1 071 RTN 072 *LBL6 073 RCL4 074 RCL7 075 X2 076 RCL6 077 $\div$ 078 STOB 079 - 080 STOB 081 GSB3 082 R-S 083 RCL5 084 RCL8 085 086 STO1 087 GSB3 088 R-S 089 RCL0 090 RCL1 091 - 092 STO2 093 GSB3 094 GSB0 095 RTN 096 *LBL0 097 F02 098 SPC 099 RTN 100 *LBL3 101 F02 102 PRTX 103 RTN 104 *LBL6 105 RCL9 106 1 107 - 108 STO3 109 GSB3 110 R-S 111 RCL6 112 RCL9	Register für neues i löschen  Berichtigung  Flag 0 für AUTO- Modus setzen  TSS  TrSS  ESS  Unterprogramm für Leerzeile  Druck/Anzeige- Routine  df <sub>1</sub>  df <sub>2</sub>
0 TSS	1 TrSS	2 ESS	3 df <sub>1</sub>	4 $\Sigma\Sigma x_{ij}^2$
50	S1	S2	S3	S4
<sup>A</sup> $\Sigma x_{ij}$ , df <sub>2</sub>	<sup>B</sup> $\Sigma x_{ij}^2$ , F	C	D	E
				F

113	-							
114	ST0A							
115	GSB3							
116	R/S							
117	RCLA							
118	RCL3							
119	+	df <sub>3</sub>						
120	GSB3							
121	GSB0							
122	RTN							
123	*LBL0							
124	RCL1							
125	RCL3	TrMS						
126	÷							
127	GSB3							
128	R/S							
129	RCL2							
130	RCLA	EMS						
131	÷							
132	GSB3							
133	R/S							
134	÷							
135	GSB3							
136	GSB0							
137	ST0E							
138	RTN	F						
LABELS								
<sup>a</sup> Start	<sup>b</sup> Druck?	<sup>c</sup> $x_{ij}(\Sigma+) \rightarrow$	<sup>d</sup> $x_{jm}(\Sigma-) \rightarrow$	<sup>e</sup> $\bar{x}, s_i, \text{sum}_i$	<sup>f</sup> Druck	FLAGS	SET STATUS	
<sup>a</sup> TSS, ...	<sup>b</sup> df <sub>1</sub> , ...	<sup>c</sup> TrMS, ...	<sup>d</sup>	<sup>e</sup>	<sup>f</sup> Korrektur	FLAGS	TRIG	DISP
<sup>g</sup> Leerzeile	<sup>1</sup>	<sup>2</sup>	<sup>3</sup> Druck	<sup>4</sup>	<sup>5</sup> Neue Daten	ON OFF	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
<sup>5</sup>	<sup>6</sup>	<sup>7</sup>	<sup>8</sup> $\Sigma x_i, \Sigma x_i^2$	<sup>9</sup> Reg. löschen	<sup>3</sup>	1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
						2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
						3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	n <u>2</u>	

## Doppelte Varianzanalyse

		Vorbereitungsschritte								
001	*LBLA									
002	CLRE									
003	CF8									
004	0									
005	RTN									
006	*LBLC									
007	X <sup>2</sup>									
008	ST05									
009	GSB9									
010	R4									
011	ST06									
012	GSB9									
013	GSB8									
014	RTN									
015	*LBLD									
016	ST+7									
017	GSB9									
018	X <sup>2</sup>									
019	ST+2									
020	RCLA									
021	1									
022	+									
023	ST04									
024	GSB9									
025	RTN									
026	*LBL6									
027	RCL7									
028	ST+1									
029	X <sup>2</sup>									
030	ST+3									
031	*LBL6									
032	RCL7									
033	0									
034	ST0A									
035	ST07									
036	X <sup>2</sup>									
037	GSB9									
038	GSB8									
039	RTN									
040	*LBL4									
041	RCLA									
042	ST0E									
043	0									
044	ST02									
045	ST0A									
046	GSB8									
047	RTN									
048	*LBLC									
049	RCL7									
050	X <sup>2</sup>									
051	ST+4									
052	GT08									
053	*LBLD									
054	RCL1									
055	X <sup>2</sup>									
056	RCL5									
Neues Starten für Spalte										
CS <sub>1</sub>										
F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub>										
REGISTERS										
0	ΣΣx <sub>ij</sub> , TSS	ΣΣx <sub>ij</sub> <sup>2</sup> , RSS	belegt	belegt	r, r - 1	c, c - 1	belegt	belegt	0	
50	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
A	i, j	r	C	O	E	I				

LABELS		FLAGS		SET STATUS		
<sup>A</sup> Start	<sup>B</sup> Druck?	<sup>C</sup> $r \uparrow c \rightarrow$	<sup>D</sup> $x_{ij}(\Sigma+) \rightarrow$	<sup>E</sup> $x_{im}(\Sigma-) \rightarrow$	<sup>F</sup> Druck	<sup>G</sup> FLAGS
<sup>G</sup> → RSj	<sup>H</sup> Wiederstart	<sup>I</sup> → CSj	<sup>J</sup> → F1, F2...	<sup>K</sup> → RSS; ...	<sup>L</sup>	<sup>M</sup> ON OFF
<sup>N</sup> 0 → RA, R7	1	2	3	4	2	1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
5	6	7	8 Leerzeile	9 Druck	3	2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
						3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
						DEG <input checked="" type="checkbox"/>
						GRAD <input type="checkbox"/>
						RAD <input type="checkbox"/>
						SCI <input type="checkbox"/>
						ENG <input type="checkbox"/>
						n <u>2</u>

# Einfache Kovarianzanalyse

## Karte I

		REGISTERS									
0	<sup>1</sup> $\Sigma n_i$	<sup>2</sup> TSS <sub>X</sub>	<sup>3</sup> belegt	<sup>4</sup> WSS <sub>X</sub>	<sup>5</sup> TSP <sub>i</sub>	<sup>6</sup> belegt	<sup>7</sup> WSP	<sup>8</sup> WSS <sub>Y</sub>	<sup>9</sup> 1 oder 0	<sup>10</sup> j	
<sup>50</sup>	<sup>51</sup> $\Sigma n_i$	<sup>52</sup> TSS <sub>Y</sub>	<sup>53</sup> belegt	<sup>54</sup> WSS <sub>Y</sub>	<sup>55</sup> $\Sigma x_{ij}$	<sup>56</sup> $\Sigma x_{ij}^2$	<sup>57</sup> $\Sigma y_{ij}$	<sup>58</sup> $\Sigma y_{ij}^2$	<sup>59</sup> $\Sigma x_{ij}y_{ij}$	<sup>60</sup> $n_j \neq j$	
<sup>A</sup>	<sup>B</sup> $\Sigma x_{ij}$		<sup>C</sup> $\Sigma x_{ij}^2$		<sup>D</sup> $\Sigma y_{ij}$		<sup>E</sup> $\Sigma y_{ij}^2$		<sup>F</sup> $\Sigma x_{ij}y_{ij}$		



# Einfache Kovarianzanalyse

## Karte II

001 *LBL0 002 GSB2 003 PCL0 004 PCLA 005 RCLC 006 $\chi^2$ 007 RCL0 008 $\div$ 009 - 010 ST04 011 GSP0 012 R S 013 RCL5 014 PCLA 015 PCLC 016 $\chi^2$ 017 RCL0 018 $\div$ 019 - 020 GSB0 021 R S 022 - 023 ST06 024 GSB0 025 GSB1 026 RTN 027 *LBL0 028 PZS 029 RCL1 030 PZS 031 PCL4 032 $\chi^2$ 033 RCL1 034 $\div$ 035 - 036 GSB0 037 R S 038 PZS 039 RCL3 040 PZS 041 RCL6 042 $\chi^2$ 043 RCL3 044 $\div$ 045 - 046 ST07 047 GSB0 048 R S 049 - 050 GSB0 051 GSB1 052 R S 053 *LBL0 054 PCLI 055 1 056 -		TSP	WSP	TSS <sub>y</sub>	WSS <sub>y</sub>	ASS <sub>y</sub>	057 $\div$ 058 GSB0 059 R S 060 RCL7 061 PCL0 062 RCL1 063 - 064 1 065 - 066 $\div$ 067 GSB0 068 R S 069 $\div$ 070 GSB0 071 R S 072 PCLI 073 1 074 - 075 GSB0 076 R S 077 RCL0 078 RCL1 079 - 080 1 081 - 082 GSB0 083 GSB1 084 RTN 085 *LBL0 086 F02 087 PRTX 088 RTN 089 *LBL1 090 F02 091 SPC 092 RTN 093 *LBL2 094 CF0 095 RCL8 096 1 097 $\chi^2$ 098 SF0 099 RTN	AMS <sub>y</sub> WMS <sub>y</sub> F df <sub>3</sub> df <sub>4</sub> Druck/Anzeige-Routine Unterprogramm für Leerzeile Flag 0 für AUTO-Modus setzen	
0 $\Sigma n_j$	1 TSS <sub>x</sub>	2 belegt	3 WSS <sub>x</sub>	4 TSP <sub>i</sub>	5 belegt	6 WSP	7 WSS <sub>y</sub>	8 1 oder 0	9 j
S0 $\Sigma n_j$	S1 TSS <sub>y</sub>	S2 belegt	S3 WSS <sub>y</sub>	S4 $\Sigma x_{ij}$	S5 $\Sigma x_{ij}^2$	S6 $\Sigma y_{ij}$	S7 $\Sigma y_{ij}^2$	S8 $\Sigma x_{ij} y_{ij}$	S9 $n_i \neq j$
A $\Sigma \Sigma x_{ij}$	B $\Sigma \Sigma x_{ij}^2$	C $\Sigma \Sigma y_{ij}$	D $\Sigma \Sigma y_{ij}^2$	E $\Sigma \Sigma x_{ij} y_{ij}$	I i = 1, 2, ..., k				

LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A	B	C	D	E	0 Druck	FLAGS	TRIG	DISP
a	b	c TSP; ...	d TSS $\ddot{y}$ ; ...	e AMS $\ddot{y}$ ; ...	1	0 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
0 Druck	1 Leerzeile	2 Druck	3	4	2	1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
5	6	7	8	9	3	2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
						3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	r <u>2</u>	

# Normalverteilung und invertiertes Normalverteilungsintegral

## Karte I

001 *LBLA					057 2				
002 *					058 CHS				
003 2					059 ST07				
004 3			r		060 *				
005 1					061 3				
006 6					062 1				
007 4					063 9				
008 1					064 7				
009 9					065 8			b1	
010 ST03					066 1				
011 1					067 5				
012 *				b5	068 3				
013 3					069 ST08				
014 2					070 F2S				
015 0					071 2				
016 2					072 *				
017 1					073 5			c0	
018 4					074 1				
019 4					075 5				
020 2					076 5				
021 9					077 1				
022 ST04					078 7				
023 1					079 ST01				
024 *					080 *				
025 8					081 8				
026 12					082 0				
027 1				b4	083 2			c1	
028 2					084 8				
029 5					085 5				
030 5					086 3				
031 9					087 ST02				
032 7					088 *				
033 8					089 0				
034 CHS					090 1			c2	
035 ST05					091 0				
036 1					092 3				
037 *					093 2				
038 7				b3	094 8				
039 8					095 ST03				
040 1					096 1				
041 4					097 *				
042 7					098 4				
043 7					099 3				
044 9					100 2				
045 3					101 1			d1	
046 7					102 8				
047 ST06					103 9				
048 *				b2	104 ST04				
049 3					105 *				
050 5					106 1				
051 6					107 8			d2	
052 5					108 9				
053 6					109 2				
054 3					110 6				
055 7					111 9				
056 8					112 ST05				
REGISTERS									
0	1	2	3	r	4	b5	5	b4	6
S0	S1	S2	S3		S4	d1	S5	d2	S6
A	B	C			D		E		F

```

113
114
115
116
117
118
119
120 ST06
121 P2S
122
123 ST0A
124 ST0B
125 RTN

```

4

LABELS					FLAGS		SET STATUS		
A	Start	B	C	D	E	F	FLAGS	TRIG	DISP
a		b	c	d	e	1	ON <input type="checkbox"/> OFF <input checked="" type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
0		1	2	3	4	2	1 <input type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
5		6	7	8	9	3	2 <input type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
							3 <input type="checkbox"/>		n <u>2</u>

# Normalverteilung und invertiertes Normalverteilungsintegral

## Karte II

001 *LBL1 002 1 003 STO4 004 RTN 005 *LBL2 006 GS89 007 STO1 008 ENT† 009 x 010 2 011 ÷ 012 CHS 013 e <sup>x</sup> 014 F1 015 2 016 x <sup>y</sup> 017 x <sup>z</sup> 018 ÷ 019 STO1 020 GS89 021 GS86 022 GS83 023 RCL2 024 RTN 025 *LBL3 026 GS89 027 STO1 028 GS85 029 GS86 030 RCL1 031 x <sup>y</sup> 032 GT01 033 SF0 034 *LBL4 035 1 036 RCL1 037 RCL3 038 x 039 + 040 1 x 041 ENT† 042 ENT† 043 ENT† 044 RCL4 045 x 046 RCL5 047 + 048 x 049 RCL6 050 + 051 x 052 RCL7 053 + 054 x 055 RCL8 056 +	Für Druck/Anzeige 1 nach RA speichern  x eingeben und f(x) berechnen  x eingeben und Q(x) berechnen  t	057 x 058 RCL2 059 x 060 F0 <sup>0</sup> 061 GS89 062 F0 <sup>0</sup> 063 GS86 064 RTN 065 *LBL1 066 CF0 067 RCL1 068 CHS 069 STO1 070 GS85 071 1 072 x <sup>y</sup> 073 074 STO9 075 GS89 076 GS86 077 RCL9 078 RTN 079 *LBL4 080 GS86 081 x <sup>y</sup> 082 GT00 083 1 084 x <sup>y</sup> 085 GT00 086 R4 087 . 088 5 089 x <sup>y</sup> 090 x <sup>y</sup> 091 GS86 092 ENT† 093 x 094 1/x 095 LN 096 JX 097 PI <sup>0</sup> 098 STO7 099 RCL3 100 x 101 RCL2 102 + 103 RCL7 104 x 105 RCL1 106 + 107 RCL7 108 RCL6 109 x 110 RCL5 111 + 112 RCL7	Q(x) eingeben und x berechnen
REGISTERS			
0	1 x	2 f(x)	3 r
S0	S1 C <sub>0</sub>	S2 C <sub>1</sub>	S3 C <sub>2</sub>
A 1 für Druck 0 für kein Druck	B 1 für RA <sup>1</sup> 0 für RA <sup>0</sup>	C	D
E			I

113	x				169	RTN		
114	RCL4				170	*LBL2		
115	+				171	1		
116	RCL7				172	ST0A		
117	x				173	RTN		
118	1							
119	+							
120	+							
121	RCL7							
122	X <sup>Y</sup>							
123	-							
124	P <sup>ZS</sup>							
125	F1 <sup>10</sup>							
126	CHS							
127	GSB9							
128	GSB6							
129	CF1							
130	RTN							
131	*LBL8							
132	SP1							
133	1							
134	-							
135	CHS							
136	RTN							
137	*LBL9							
138	RCL4							
139	X <sup>Y0</sup>							
140	GSB7							
141	R4							
142	RTN							
143	*LBL7							
144	R4							
145	PRTX							
146	R <sup>4</sup>							
147	RTN							
148	*LBL6							
149	RCL4							
150	X <sup>Y0</sup>							
151	SPC							
152	R4							
153	RTN							
154	*LBL5							
155	RCL4							
156	X <sup>Y0</sup>							
157	GSB4							
158	R4							
159	RTN							
160	*LBL4							
161	ST0B							
162	CLX							
163	ST0A							
164	RTN							
165	*LBL3							
166	RCLB							
167	X <sup>Y0</sup>							
168	GSB2							
		LABELS			FLAGS		SET STATUS	
6	Druck?	C x → f(x)	D x → Q(x)	E Q(x) → x	0 x positiv			
9	b	C Q(x)	d	e	1 Q(x) > 0,5	FLAGS	TRIG	DISP
0	Fehler	1 x < 0	2 1 → R <sub>A</sub>	3 R <sub>B</sub> ?	4 0 → R <sub>A</sub>	2	ON OFF	DEG <input checked="" type="checkbox"/>
5	R <sub>A</sub> → R <sub>B</sub>	6 Leerzeile	7 Druck	8	9 Druck	3	1 <input type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>
							2 <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
							3 <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
								n <input type="checkbox"/>

# Chi-Quadrat-Verteilung

001	#LBLA		057	Y <sup>x</sup>		
002	CLRC		058	RCL2		
003	CF0		059	2		
004	CF1		060	÷		
005	0		061	CHS		
006	RTN		062	e <sup>x</sup>		
007	*LBLB		063	x		
008	SF0		064	2		
009	1		065	RCL1		
010	RTN		066	Y <sup>x</sup>		
011	*LBLC		067	÷		
012	GSB9		068	RCL3		
013	1		069	÷		
014	STO3		070	STO5		
015	X <sup>Y</sup>		071	F1?		
016	2		072	GSB9		
017	÷		073	F1?		
018	STO1		074	GSB8		
019	INT		075	CF1		
020	LSTX		076	RTN		
021	X <sup>Y</sup> ?		077	*LBLB		
022	GTO1		078	GSB8		
023	1		079	RCL2	x eingeben, P(x) berechnen	
024	-		080	RCL1		
025	N!		081	÷		
026	GSB9		082	ST <sup>x</sup> 5		
027	GSB8		083	2		
028	STO3		084	RCL1		
029	R/S		085	x		
030	*LBL1		086	STO6		
031	.		087	1		
032	5		088	STO4		
033	X=Y?		089	*LBL3		
034	GTO2		090	RCL2		
035	X <sup>Y</sup>		091	RCL6		
036	1		092	2		
037	-		093	+		
038	ST <sup>x</sup> 3		094	STO6		
039	GTO1		095	÷		
040	*LBL2		096	RCL4		
041	Pi		097	×		
042	JX		098	STO4		
043	RCL3		099	+		
044	x		100	X <sup>Y</sup> ?		
045	STO3		101	GTO3		
046	GSB9		102	RCL5		
047	GSB8		103	x		
048	R/S		104	GSB9		
049	*LBLD		105	GSB8		
050	SF1		106	RTN		
051	*LBL8		107	*LBL9		
052	GSB9		108	F0?		
053	STO2		109	PRTX		
054	RCL1		110	RTN		
055	1		111	*LBL8		
056	-		112	F0?		
REGISTERS						
0	1 u/2	2 x	3 1, $\Gamma(u/2)$	4 belegt	5 f(x)	6 belegt
50	S1	S2	S3	S4	S5	S6
A	B	C	D	E	F	G



## t-Verteilung

<pre> 001 *LBLA 002 CLRG 003 CF0 004 CF1 005 0 006 RTN 007 *LBLB 008 SF0 009 1 010 RTN 011 *LBLC 012 ST00 013 GSB7 014 GSB5 015 RTN 016 *LBLD 017 GSB7 018 ST0A 019 RCL0 020 GSB6 021 ST0E 022 RCL0 023 1 024 + 025 GSB6 026 ST0C 027 RCLA 028 RCLC 029 RCLB 030 = 031 PI 032 RCL0 033 X 034 JX 035 = 036 1 037 RCLA 038 X^2 039 RCL0 040 = 041 + 042 RCL0 043 1 044 + 045 2 046 = 047 CHS 048 Y^ 049 X 050 ST0D 051 GSB7 052 GSB5 053 RTN 054 *LBLC 055 1 056 ST03 </pre>		<p>Vorbereitungsschritte</p> <p>Flag 0 für AUTO-Modus setzen</p> <p>V eingeben</p> <p>x eingeben, f(x) berechnen</p>	<pre> 057 X#Y 058 2 059 ÷ 060 ST01 061 INT 062 LSTX 063 X#Y? 064 GT01 065 1 066 - 067 N! 068 ST03 069 RTN 070 *LBL1 071 . 072 5 073 X=1? 074 GT02 075 X#Y 076 1 077 - 078 ST03 079 GT01 080 *LBL2 081 PI 082 JX 083 RCL3 084 X 085 ST03 086 RTN 087 *LBLB 088 ST0A 089 GSB7 090 ABS 091 RCL0 092 RAD 093 JX 094 ÷ 095 TAN^-1 096 ST02 097 RCL0 098 2 099 = 100 INT 101 LSTX 102 X#Y? 103 GT04 104 0 105 ST05 106 *LBLb 107 RCL2 108 COS 109 X^2 110 ST03 111 RCL2 112 SIN </pre>		
REGISTERS					
0	v	1	2 $\theta$	3 belegt	
S0	S1	S2	S3	S4	
A	x	B	$\Gamma(v/2)$	C $\Gamma(v+1/2)$	
		D	E	F	



## F-Verteilung

001 *LBLA 002 CLRG 003 CF0 004 CF1 005 0 006 RTN 007 *LBLB 008 SF0 009 1 010 RTN 011 *LBLC 012 ST01 013 GSB9 014 RTN 015 *LBLD 016 ST02 017 GSB9 018 RTN 019 *LBLB 020 GSB9 021 ST06 022 ENT 023 RCL1 024 x 025 RCL2 026 + 027 RCL2 028 x <sup>y</sup> 029 ÷ 030 ST03 031 RCL1 032 2 033 ÷ 034 FRC 035 0 036 X=Y? 037 GTOd 038 GTOe 039 RTN 040 *LBLa 041 RCL3 042 RCL2 043 2 044 ST07 045 ÷ 046 y <sup>x</sup> 047 ST04 048 RCL1 049 2 050 - 051 2 052 ÷ 053 ST01 054 0 055 X#Y? 056 GTO5	Vorbereitungsschritte  Flag 0 für AUTO-Modus setzen  V <sub>1</sub> eingeben  V <sub>2</sub> eingeben  x eingeben	057 RCL4 058 GSB9 059 RTN 060 *LBL5 061 1 062 ST05 063 RCL3 064 - 065 ST03 066 RCL2 067 2 068 4 069 3 070 ST+5 071 DSZ1 072 GT03 073 GT02 074 *LBL3 075 RCL2 076 2 077 + 078 ST02 079 RCL7 080 2 081 + 082 ST07 083 ÷ 084 RCL3 085 x 086 x 087 ST+5 088 DSZ1 089 GT03 090 *LBL2 091 RCL5 092 RCL4 093 x 094 F1? 095 GSB9 096 F1? 097 GSB8 098 RTN 099 *LBL4 100 CF1 101 RCL1 102 RCL2 103 ST01 104 x <sup>y</sup> 105 ST02 106 1 107 RCL3 108 - 109 ST03 110 GSBd 111 SF1 112 1	V <sub>1</sub> gerade  V <sub>1</sub> ungerade	
Falls V geradzahlig → GTO d, sonst GTO e				
0	1 V <sub>1</sub> oder V <sub>2</sub>	2 V <sub>2</sub> oder V <sub>1</sub>	3 t, 1-t	
S0	S1	S2	S3	
A	B	C	D	
			E	
				belegt

113 X#Y 114 - 115 GSB9 116 GSB8 117 R/S 118 *LBL9 119 F0 120 PRTX 121 RTN 122 *LBL8 123 F0 124 SPC 125 RTN					Druck/Anzeige-Routine	Unterprogramm für Leerzeile			
LABELS									
A Start	B Druck?	C V1 →	D V2 →	E x → P(x)	F0 Druck	FLAGS	SET STATUS		
a	b	c	d	e V1 gerade	f V1 ungerade	0	ON OFF	TRIG	DISP
0	1	2 Ausgabe	3 für P(x)	4	5	1	<input type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
6 für P(x)	7	8 Leerzeile	9 Druck	10	11	2	<input type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
						3	<input type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
							<input type="checkbox"/>	n <u>2</u>	

# Multiple lineare Regression

Vorbereitungsschritte										
001	*LBLA			057	X <sup>2</sup>					
002	CLRG			058	GSB2					
003	CF0			059	ST+1					
004	CF1			060	RTN					
005	0			061	*LBL1					
006	RTN			062	RCL0					
007	*LBLC			063	RCL4					
008	STOC			064	X					
009	R4			065	RCL7					
010	STOB			066	X <sup>2</sup>					
011	R4			067	-					
012	STO4			068	STOB					
013	GSB7			069	RCL0					
014	7			070	RCL3					
015	STO1			071	X					
016	R4	x <sub>i</sub> , y <sub>i</sub> , z <sub>i</sub> eingeben		072	RCL8					
017	GSB1			073	RCL9					
018	8			074	X					
019	STO1			075	-					
020	RCL8	$\Sigma x_i$ , $\Sigma y_i$ , $\Sigma z_i$ , $\Sigma x_i^2$ ,		076	X					
021	GSB9	$\Sigma y_i^2$ , $\Sigma z_i^2$ , $\Sigma x_i y_i$ ,		077	STOC					
022	GSB1	$\Sigma y_i z_i$ , $\Sigma z_i x_i$ berechnen		078	RCL0					
023	9			079	RCL1					
024	STO1			080	X					
025	RCL0			081	RCL7					
026	GSB9			082	RCL8					
027	GSB1			083	X					
028	RCLA			084	-					
029	RCL0			085	STOB					
030	X			086	RCL8					
031	GSB2			087	RCL2					
032	ST+1			088	X					
033	RCLA			089	RCL7					
034	RCL0			090	RCL9					
035	X			091	X					
036	GSB2			092	-					
037	ST+2			093	STOB					
038	RCL0			094	X					
039	RCL0			095	RCL0					
040	X			096	X <sup>2</sup> Y					
041	GSB2			097	-					
042	ST+3			098	RCLD					
043	1			099	RCL0					
044	GSB2			100	RCL5					
045	ST+0			101	X					
046	RCL0			102	RCL8					
047	GSB9			103	X <sup>2</sup>					
048	RTN			104	-					
049	*LBL1			105	X					
050	GSB2			106	RCLA					
051	ST+1			107	X <sup>2</sup>					
052	RCL1			108	-					
053	3			109	÷					
054	-			110	STOC					
055	STO1			111	RCL0					
056	R4			112	RCLA					
Unterprogramm für $\Sigma x_i$ , $\Sigma x_i^2$ ...										
REGISTERS										
0	n	<sup>1</sup> $\Sigma x_i y_i$	<sup>2</sup> $\Sigma x_i z_i$	<sup>3</sup> $\Sigma y_i z_i$	<sup>4</sup> $\Sigma x_i^2$	<sup>5</sup> $\Sigma y_i^2$	<sup>6</sup> $\Sigma z_i^2$	<sup>7</sup> $\Sigma z_i^2$	<sup>8</sup> $\Sigma y_i$	<sup>9</sup> $\Sigma z_i$
S0		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	belegt, a	B	belegt, b	C	$z_i$ , B in b, c	D	$[n \Sigma x_j^2 - (\Sigma x_j)^2]$	E	$n \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_{ij})^2$	F

LABELS					FLAGS			SET STATUS		
A	B	C	D	E	0	FLAGS	TRIG	DISP		
a → R <sup>2</sup>	b x <sup>1</sup> y → z	c → $\Sigma x_j, \dots$	d → $\Sigma x_j^2, \dots$	e → a; b; c	0	Druck				
0	1 $\Sigma x_j, \Sigma x_j^2$	2 CHS	3	4	1	Korrektur	ON OFF	DEG	FIX	
5	6	7 Leerzeile	8 Druck	9 Druck	2		1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD	SCI	
					3		2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	RAD	ENG	
							3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	n	2	

# Approximation von Funktionen durch Polynome

## Karte I

001 *LBLH 002 CLRG 003 CF0 004 CF1 005 0 006 RTN 007 *LBLC 008 F0^ 009 PRTX 010 ST07 011 F0^ 012 SPC 013 RTN 014 *LBLD 015 F1^ 016 GT07 017 SF1 018 F0^ 019 PRTX 020 ST01 021 ST02 022 ST03 023 ST04 024 ST05 025 2 026 ST06 027 *LBL0 028 1 029 ST08 030 RCL6 031 2 032 $\div$ 033 F0^ 034 PRTX 035 F0^ 036 SPC 037 R S 038 *LBL7 039 F0^ 040 PRTX 041 ST+1 042 1 043 RCL6 044 RCL7 045 $\div$ 046 $-$ 047 $\times$ 048 ST+2 049 ST09 050 GSBe 051 ST+3 052 GSBe 053 ST+4 054 GSBe 055 ST+5 056 2	Vorbereitungsschritte  N eingeben  y <sub>i</sub> eingeben	057 ST+6 058 GT08 059 *LBL6 060 RCL8 061 ENT $\uparrow$ 062 $+$ 063 1 064 $+$ 065 $\times$ 066 RCL7 067 RCL6 068 $-$ 069 $\times$ 070 X $\times$ Y 071 RCL7 072 RCL8 073 $+$ 074 1 075 $+$ 076 $\times$ 077 RCL8 078 $\times$ 079 $-$ 080 RCL7 081 RCL8 082 $-$ 083 $\div$ 084 RCL8 085 1 086 $+$ 087 ST08 088 $\div$ 089 RCL9 090 X $\times$ Y 091 ST09 092 RTN 093 *LBL6 094 F0^ 095 PRTX 096 ENT $\uparrow$ 097 2 098 X $\times$ Y $\div$ 099 GT02 100 CLX 101 3 102 X $\times$ Y $\div$ 103 GT03 104 CLX 105 4 106 X $\times$ Y $\div$ 107 GT04 108 CLX 109 0 110 $\div$ 111 *LBL2 112 CLX	f <sub>n</sub> (i), f(x <sub>i</sub> ) berechnen  Grad des Polynoms eingeben
REGISTERS			
0	1 (f, f <sub>0</sub> ), a <sub>0</sub>	2 (f, f <sub>1</sub> ), a <sub>1</sub>	3 (f, f <sub>2</sub> ), a <sub>2</sub>
4 S0	5 S1	6 S2	7 S3
8 S4	9 S5	10 S6	11 S7
12 S8	13 S9		
A 1 für Druck/Anz.	B	C	D E F

113	ST04			169	X <sup>2</sup> Y									
114	*LBL3			170	X									
115	CLX			171	ST09									
116	ST05			172	LSTX									
117	*LBL4			173	RCL6									
118	RCL1			174	X									
119	RCL7			175	ST07									
120	1			176	CLX									
121	ST08			177	R'S									
122	+			178	*LBL6									
123	÷			179	RCL7									
124	ST01			180	RCL8									
125	GSBd			181	1									
126	ST=2			182	+									
127	GSBd			183	+									
128	ST=3			184	N!									
129	GSBd			185	RCL7									
130	ST=4			186	RCL8									
131	GSBd			187	-									
132	ST=5			188	N!									
133	RCL7			189	X									
134	RCL7			190	RCL8									
135	RCL7			191	RCLS									
136	1			192	1									
137	-			193	+									
138	2			194	ST08									
139	X			195	+									
140	ST06			196	÷									
141	÷			197	RCL7									
142	3			198	N!									
143	X			199	ENT <sup>†</sup>									
144	ST08			200	X									
145	R4			201	÷									
146	2			202	RTN									
147	+			203	*LBL8									
148	RCL6			204	SF0									
149	÷			205	1									
150	ST06			206	ST0A									
151	RCL3			207	RTN									
152	X													
153	ST=1													
154	RCL8													
155	RCL3													
156	X													
157	ST03													
158	RCL7													
159	RCL7													
160	RCL7													
161	2													
162	-													
163	÷													
164	5													
165	X													
166	3													
167	÷													
168	RCL8													
LABELS						FLAGS	SET STATUS							
A	Start	B	Druck?	C	N →	D	y <sub>i</sub> →	E	n →	F	Druck	FLAGS	TRIG	DISP
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	(f <sub>n</sub> , f <sub>n</sub> )	0	ON	OFF
0	Druck i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	(f, f <sub>4</sub> )	1	□	□
5	6	7	i > 1	8	9	f <sub>n</sub> (i) f(x <sub>i</sub> )	3					2	□	□

(f, f<sub>i</sub>)

Flag 0 für AUTO-Modus setzen

# Approximation von Funktionen durch Polynome

## Karte II

001 *LBLa		057 RCL7							
002 R↑		058 X#Y							
003 R↑		059 %							
004 ∙		060 ST+8							
005 +		061 LSTX							
006 ENT↑		062 RCL9							
007 ENT↑		063 x							
008 ∙		064 RCL5							
009 -		065 x							
010 ∙		066 ST05							
011 ∙		067 LSTX							
012 ∙		068 STX8							
013 ∙		069 RCL6							
014 ∙		070 x							
015 RCL7	Fortsetzung	071 ST+1							
016 +		072 RCL8							
017 ST07		073 ST-3							
018 RCL4		074 *LBLB							
019 ∙		075 RCL8							
020 ST-2		076 X#B0							
021 LSTX		077 SF0							
022 RCL9		078 1							
023		079 R/S							
024 ST04		080 *LBLB							
025 R↑		081 X#Y							
026 R↑		082 GS89	xN, x0 eingeben						
027 ∙		083 X#Y							
028 +		084 GS88							
029 ENT↑		085 -							
030 ENT↑		086 ST08							
031 ∙		087 LSTX							
032 -		088 ∙							
033 ∙		089 x							
034 ∙		090 +							
035 ∙		091 RCL8							
036 ∙		092 ∙							
037 ∙		093 ST06							
038 RCL6		094 ∙							
039 X#1		095 RCL8							
040 ∙		096 ∙							
041 ST08		097 ST08							
042 LSTX		098 RCL1							
043 RCL8		099 RCL6							
044 ∙		100 RCL2							
045 ST08		101 x							
046 R↑		102 +							
047 ENT↑		103 RCL6							
048 ENT↑		104 ENT↑							
049 ENT↑		105 x							
050 ∙		106 RCL3							
051 -		107 x							
052 ∙		108 +							
053 ∙		109 ST01							
054 ∙		110 RCL2							
055 ∙		111 RCL6							
056 ∙		112 RCL3							
REGISTERS									
0	1 b <sub>0</sub> ,c <sub>0</sub> ,d <sub>0</sub>	2 b <sub>1</sub> ,c <sub>1</sub> ,d <sub>1</sub>	3 b <sub>2</sub> ,c <sub>2</sub> ,d <sub>2</sub>	4 b <sub>3</sub> ,c <sub>3</sub> ,d <sub>3</sub>	5 b <sub>4</sub> ,c <sub>4</sub> ,d <sub>4</sub>	6 .β	7 ..	8 .α	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A I für Druck/Anz.	B	C	D	E					

113	x		169	RCL1				
114	2		170	GSB9				
115	x		171	R/S				
116	+		172	RCL2				
117	ST02		173	GSB9				
118	RCL4		174	R/S				
119	RCL6		175	RCL3				
120	x		176	GSB9				
121	3		177	R/S				
122	x		178	RCL4				
123	ST+3		179	GSB9				
124	RCL6		180	R/S				
125	x		181	RCL5				
126	ST+2		182	GSB9				
127	3		183	R/S				
128	+		184	RTN				
129	RCL6		185	*LBL4				
130	x		186	GSB9				
131	ST+1		187	ST07				
132	RCL5		188	RCL2				
133	RCL6		189	x				
134	x		190	RCL7				
135	4		191	x2				
136	x		192	RCL3				
137	ST+4		193	x				
138	RCL6		194	+				
139	y		195	RCL7				
140	1		196	3				
141	*		197	y*				
142	5		198	RCL4				
143	x		199	x				
144	ST+2		200	+				
145	LSTX		201	RCL7				
146	÷		202	x2				
147	RCL6		203	x2				
148	x		204	RCL5				
149	ST+2		205	x				
150	4		206	+				
151	÷		207	RCL1				
152	RCL6		208	+				
153	x		209	GSB8				
154	ST+1		210	RTN				
155	RCL8		211	*LBL9				
156	CHS		212	F0°				
157	ENT↑		213	SPC				
158	ENT↑		214	*LBL8				
159	ENT↑		215	F0°				
160	STx2		216	PRTX				
161	x		217	RTN				
162	STx3							
163	x							
164	STx4							
165	x							
166	STx5							
167	R/S							
168	*LBL6							
LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A	B Flag 0 setzen	C	D	E	0 Druck	FLAGS	TRIG	DISP
a	Fortsetzung	b $x_N \uparrow x_0$	c $\rightarrow d_0; d_1$	d $x \rightarrow \hat{y}$	e 1	ON OFF	DEG	FIX
0						0 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1		1	2	3	4	1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD	<input type="checkbox"/>
2					2	2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	RAD	<input type="checkbox"/>
3					3	3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	SCI	<input type="checkbox"/>
4							ENG	<input type="checkbox"/>
5		6	7	8 Druck	9 belegt		n 2	

## t-Test

001 *LBLA 002 CFB 003 0 004 ST01 005 ST02 006 ST03 007 RTN 008 *LBLC 009 F00 010 GSB9 011 - 012 ST+2 013 X2 014 ST+3 015 RCL1 016 1 017 + 018 ST01 019 GSB0 020 RTN 021 *LBLD 022 RCL2 023 RCL1 024 ÷ 025 GSB1 026 GSB0 027 R-S 028 RCL3 029 RCL2 030 X2 031 RCL1 032 ÷ 033 - 034 RCL1 035 1 036 - 037 ÷ 038 JX 039 GSB0 040 R-S 041 RCL1 042 JX 043 ÷ 044 ÷ 045 GSB0 046 R-S 047 RCL1 048 1 049 - 050 GSB0 051 GSB1 052 RTN 053 *LBLD 054 F00 055 GSB0 056 -	Vorbereitungsschritte  x <sub>j</sub> , y <sub>j</sub> für gepaarte Stichproben eingeben  D, Sp, t <sub>1</sub> , df <sub>j</sub>  Berichtigung von x <sub>k</sub> , y <sub>k</sub>	057 ST-2 058 X2 059 ST-3 060 RCL1 061 1 062 - 063 ST01 064 GSB0 065 RTN 066 *LBLB 067 SF0 068 1 069 RTN 070 *LBL9 071 X2Y 072 SPC 073 PRTR 074 X2Y 075 PRTR 076 RTN 077 *LBLa 078 GSB0 079 ST+2 080 X2 081 ST+3 082 RCL1 083 1 084 + 085 ST01 086 GSB0 087 GSB1 088 RTN 089 *LBLc 090 ST07 091 RCL1 092 ST04 093 RCL2 094 ST05 095 RCL3 096 ST06 097 0 098 ST01 099 ST02 100 ST03 101 RCL7 102 GSB0 103 GSB1 104 RTN 105 *LBLd 106 RCL6 107 RCL5 108 X2 109 RCL4 110 ÷ 111 - 112 RCL3	Flag 0 für AUTO-Modus setzen  x <sub>j</sub> , y <sub>j</sub> ausgeben  x <sub>j</sub> oder y <sub>j</sub> eingeben (unabhängige Stichproben)  d eingeben						
Registers									
<sup>0</sup> belegt	<sup>1</sup> n, n <sub>1</sub> , n <sub>2</sub>	<sup>2</sup> belegt	<sup>3</sup> belegt	<sup>4</sup> n <sub>1</sub>	<sup>5</sup> $\Sigma x_j$	<sup>6</sup> $\Sigma x_j^2$	<sup>7</sup> d	<sup>8</sup> n <sub>1</sub> + n <sub>2</sub> - 2	<sup>9</sup> S <sub>9</sub>
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J

113	+				169	<b>*LBL1</b>		
114	RCL2				170	<b>F0?</b>		
115	$X^2$				171	<b>SPC</b>		
116	RCL1				172	<b>RTN</b>		
117	$\div$							
118	-							
119	RCL1							
120	RCL4							
121	+							
122	$^2$							
123	-							
124	ST08							
125	$\div$							
126	$\sqrt{X}$							
127	1							
128	RCL1							
129	$\div$							
130	1							
131	RCL4							
132	$\div$							
133	+							
134	$\sqrt{X}$							
135	X							
136	RCL5							
137	RCL4							
138	$\div$							
139	RCL2							
140	RCL1							
141	$\div$							
142	-							
143	RCL7							
144	-							
145	$X \neq Y$							
146	$\div$							
147	GSB0							
148	R/S							
149	RCL8							
150	GSB0							
151	GSB1							
152	RTN							
153	<b>*LBL6</b>							
154	GSB0							
155	ST-2							
156	$X^2$							
157	ST-3							
158	RCL1							
159	1							
160	-							
161	ST01							
162	GSB0							
163	GSB1							
164	RTN							
165	<b>*LBL8</b>							
166	F0?							
167	PRTX							
168	RTN							
LABELS								
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
Start	Druck	$x_i \uparrow y_i$	$x_k \uparrow y_k \rightarrow$	$\rightarrow \bar{D}, S_D \dots$	Druck	FLAGS	SET	STATUS
<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>FLAGS</b>	<b>TRIG</b>	<b>DISP</b>
$x_i \text{ oder } y_i$	$x_k \text{ oder } y_k$	$d \rightarrow$	$t_2; df_2$			ON <input type="checkbox"/> OFF <input checked="" type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
0	Druck	1	2	3	4	1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
5	Leerzeile	6	7	8	9	2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
						3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		n <u>2</u>

# Chi-Quadrat-Test

001 *LBLA 002 CF0 003 CF1 004 0 005 ST01 006 ST02 007 ST03 008 RTN 009 *LBLC 010 F0? 011 GSB8 012 ST03 013 - 014 X? 015 RCL3 016 - 017 ST+2 018 RCL1 019 1 020 + 021 ST01 022 GSB8 023 RTN 024 *LBLD 025 F1? 026 GT01 027 RCL2 028 GSB7 029 GSB8 030 GSB7 031 RTN 032 *LBL1 033 1 034 RCL1 035 RCL3 036 X 037 RCL2 038 - 039 RCL2 040 - 041 GSB7 042 GSB8 043 RTN 044 *LBL4 045 RCL2 046 RCL1 047 - 048 GSB8 049 GSB7 050 RTN 051 *LBLD 052 F0? 053 GSB9 054 ST03 055 - 056 X?	Vorbereitungsschritte  $\Sigma +$  $\chi^2$  $\chi^2$  E	Berichtigung von Oj, Ej  Berichtigung von Oj, Ej	057 RCL3 058 - 059 ST-2 060 RCL1 061 1 062 - 063 ST01 064 GSB8 065 RTN 066 *LBLc 067 GSB8 068 ST+2 069 X? 070 ST+3 071 RCL1 072 1 073 + 074 ST01 075 GSB8 076 GSB7 077 SF1 078 RTN 079 *LBLd 080 GSB8 081 ST-2 082 X? 083 ST-3 084 RCL1 085 1 086 - 087 ST01 088 GSB8 089 GSB7 090 RTN 091 *LBLB 092 SF0 093 1 094 RTN 095 *LBL9 096 SPC 097 X?Y 098 PRTX 099 X?Y 100 PRTX 101 RTN 102 *LBLc 103 SF1 104 GT0E 105 RTN 106 *LBL8 107 F0? 108 PRTX 109 RTN 110 *LBL7 111 F0? 112 SPC	Für gleiche erwartete Häufigkeiten
			Berichtigung von Oj	
			Flag 0 für AUTO-Modus setzen	
			Oj, Ej ausgeben	
			Flag 1 für gleiche erhöhte Frequenzen	
			Druck/Anzeige-Routine	
			Unterprogramm für Leerzeile	

## REGISTERS

0	1 n	2 belegt	3 belegt	4	5	6	7	8	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	B	C	D	E		I			



# Kontingenztafel (Unabhängigkeitstest)

001 *LBLA 002 CLR6 003 CF6 004 CF1 005 0 006 RTN 007 *LBLB 008 F0? 009 GSBB 010 0 011 ST07 012 R4 013 GSBB 014 RTN 015 *LBLD 016 RCL6 017 RCL4 018 x 019 RCL1 020 $\div$ 021 RCL0 022 RCL5 023 RCL2 024 $\div$ 025 $\times$ 026 + 027 RCL6 028 - 029 ST00 030 GSBB 031 R/S 032 RCLD 033 RCL6 034 RCLD 035 + 036 : 037 FN 038 GSBB 039 GSBB 040 RTN 041 *LBLB 042 RCL1 043 GSBB 044 R/S 045 RCL2 046 GSBB 047 R/S 048 + 049 GSBB 050 GSBB 051 RTN 052 *LBLC 053 SF1 054 GSBB 055 CF1 056 RTN	Vorbereitungsschritte  x <sub>1j</sub> , x <sub>2j</sub> für 2 × k eingeben  2 × k $\chi^2$  2 × k C <sub>c</sub>  2 × k R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> , T  2 × k Berichtigung	057 *LBLA 058 SF0 059 1 060 RTN 061 *LBLB 062 x <sub>2j</sub> 063 PRTX 064 x <sub>2j</sub> 065 PRTX 066 RTN 067 *LBLB 068 F0? 069 GSBB 070 ST00 071 F1? 072 CHS 073 ST+3 074 ST00 075 ST07 076 ENT1 077 x 078 ST00 079 R4 080 *LBLB 081 ST00 082 F1? 083 CHS 084 ST+2 085 ST+0 086 ST+7 087 ENT1 088 x 089 ST00 090 R4 091 ST00 092 F1? 093 CHS 094 ST+1 095 ST+0 096 ST+7 097 ENT1 098 x 099 RCL7 100 $\div$ 101 ST+4 102 RCL9 103 RCL7 104 $\div$ 105 ST+5 106 RCL8 107 RCL7 108 $\div$ 109 ST+6 110 1 111 F1? 112 CHS	Flag 0 für AUTO-Modus setzen x <sub>1j</sub> , x <sub>2j</sub> ausgeben  3 × k  x <sub>1j</sub> , x <sub>2j</sub> , x <sub>3j</sub> eingeben  Eingabe von x <sub>1j</sub> , x <sub>2j</sub> für 3 × k und 2 × k						
<b>REGISTERS</b>									
<sup>0</sup> T	<sup>1</sup> R <sub>1</sub>	<sup>2</sup> R <sub>2</sub>	<sup>3</sup> R <sub>3</sub>	<sup>4</sup> $\Sigma x_{2j}/C_j$	<sup>5</sup> $\Sigma x_{2j}/C_j$	<sup>6</sup> $\Sigma x_{3j}/C_j$	<sup>7</sup> C <sub>j</sub>	<sup>8</sup> x <sub>1j</sub> <sup>2</sup>	<sup>9</sup> x <sub>2j</sub> <sup>2</sup>
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A x <sub>1j</sub>	B x <sub>2j</sub>	C x <sub>3j</sub>		D $\chi^2$	E k				

113	RCL <sub>E</sub>		169	RCL <sub>0</sub>		
114	+		170	GSB <sub>7</sub>		
115	STO <sub>E</sub>		171	RTN		
116	GSB <sub>7</sub>		172	*LBL <sub>C</sub>		3 x k Berichtigung
117	GSB <sub>6</sub>		173	SF1		
118	CF1		174	GSB <sub>6</sub>		
119	R/S		175	CF1		
120	RCL <sub>7</sub>		176	RTN		
121	GSB <sub>7</sub>		177	*LBL <sub>E</sub>		
122	GSB <sub>6</sub>		178	R↓		
123	RTN		179	R↑		
124	*LBL <sub>D</sub>		180	PRTX		
125	RCL <sub>1</sub>		181	R↑		
126	RCL <sub>2</sub>		182	PRTX		
127	RCL <sub>3</sub>		183	R↑		
128	+		184	PRTX		
129	+		185	RTN		
130	STO <sub>0</sub>	3 x k $\chi^2$	186	*LBL <sub>7</sub>		
131	RCL <sub>4</sub>		187	F0?		Druck/Anzeige-Modus
132	RCL <sub>1</sub>		188	PRTX		
133	÷		189	RTN		
134	STO <sub>9</sub>		190	*LBL <sub>6</sub>		Unterprogramm für Leerzeile
135	RCL <sub>5</sub>		191	F0?		
136	RCL <sub>2</sub>		192	SPC		
137	÷		193	RTN		
138	ST+9					
139	RCL <sub>6</sub>					
140	RCL <sub>3</sub>					
141	÷					
142	ST+9					
143	RCL <sub>9</sub>					
144	1					
145	-					
146	RCL <sub>0</sub>					
147	x					
148	GSB <sub>7</sub>					
149	R/S					
150	ENT↑	3 x k C <sub>C</sub>				
151	ENT↑					
152	RCL <sub>0</sub>					
153	+					
154	÷					
155	JX					
156	GSB <sub>7</sub>					
157	GSB <sub>6</sub>					
158	R/S					
159	*LBL <sub>E</sub>	3 x k R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> , R <sub>3</sub> , T				
160	RCL <sub>1</sub>					
161	GSB <sub>7</sub>					
162	R/S					
163	RCL <sub>2</sub>					
164	GSB <sub>7</sub>					
165	R/S					
166	RCL <sub>3</sub>					
167	GSB <sub>7</sub>					
168	R/S					
LABELS						
<sup>A</sup> Start	<sup>B</sup> x <sub>1j</sub> , x <sub>2j</sub>	<sup>C</sup> Korrektur	<sup>D</sup> $\chi^2$ ; C <sub>C</sub>	<sup>E</sup> R <sub>1</sub> ; R <sub>2</sub> ; T	<sup>F</sup> Druck	<sup>G</sup> SET STATUS
<sup>3</sup> Druck	<sup>B</sup> 3 x k eingeb.	<sup>C</sup> Korrektur	<sup>D</sup> $\chi^2$ ; C <sub>C</sub>	<sup>E</sup> R <sub>1</sub> ; R <sub>2</sub>	<sup>F</sup> Korrektur	<sup>G</sup> FLAGS TRIG DISP
<sup>0</sup>	<sup>2</sup>	<sup>3</sup>	<sup>4</sup>	<sup>5</sup>	<sup>6</sup>	<sup>7</sup> ON OFF DEG FIX 1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> GRAD <input type="checkbox"/> SCI <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> RAD <input type="checkbox"/> ENG <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> n <u>2</u>
<sup>5</sup>	<sup>6</sup> Eingabe	<sup>7</sup> Druck	<sup>8</sup> Druck	<sup>9</sup> Druck	<sup>3</sup>	
	Leerzeile					

# Spearman'scher Rangkorrelationskoeffizient

001 *LBLA	Vorbereitungsschritte	057 XZY	Rj, Sj drucken			
002 CLRG		058 PRTX				
003 CF0		059 XZY				
004 CF1		060 PRTX				
005 0		061 RTN				
006 RTN		062 *LBLB				
007 *LBLC		063 FB0				
008 FB0		064 PRTX				
009 GSE9		065 RTN				
010 -	Rj, Sj eingeben	066 *LBL1	Druck/Anzeige-Routine			
011 XZ		067 FB0				
012 F10		068 SPC				
013 CHS		069 RTN				
014 ST+2						
015 RCL1						
016 1						
017 F10						
018 CHS						
019 +	RS, Z		Unterprogramm für Leerzeile			
020 ST01						
021 GSE0						
022 GSE1						
023 RTN						
024 *LBLD						
025 1						
026 RCL2						
027 6						
028 \						
029 RCL1	Berichtigung					
030 X2						
031 1						
032 -						
033 RCL1						
034 \						
035 +						
036 -						
037 GSE0						
038 R'S						
039 RCL1	Flag 0 für AUTO-Modus setzen					
040 1						
041 -						
042 IX						
043 \						
044 GSE0						
045 GSE1						
046 RTN						
047 *LBLD						
048 SF1						
049 GSE0						
050 CF1						
051 RTN						
052 *LBLB						
053 SF0						
054 1						
055 RTN						
056 *LBL9						
REGISTERS						
0	1 n	2 $\Sigma D_1^2$	3 4 5 6 7 8 9			
S0	S1	S2	S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9			
A	B	C	D	E	I	

LABELS					FLAGS		SET STATUS		
A	B	C	D	E	0	Druck	FLAGS	TRIG	DISP
a	b	c	d	e	1	$(\Sigma -)$	ON OFF	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	2			GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
5	6	7	8	9	3			RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
								3 <input type="checkbox"/>	n <u>2</u>

# Statistische Qualitätskontrolle mit Kontrollkarten

001 #LBLA 002 CLR6 003 CF0 004 CF1 005 0 006 RTN 007 #LBLB 008 1 009 ST0E 010 RTN 011 #LBLC 012 ST0E 013 RCL4 014 ST0A 015 RCL5 016 ST0E 017 RCL0 018 GSB9 019 F1^ 020 GTO1 021 0 022 ST01 023 ST02 024 ST03 025 X?Y 026 ST04 027 ST05 028 SF1 029 #LBL1 030 RCL4 031 X?^ 032 X? Y? 033 ST04 034 RCL5 035 X?Y 036 X?Y? 037 ST05 038 F0? 039 CHS 040 ST+2 041 X? 042 F0? 043 CHS 044 ST+3 045 RCL1 046 1 047 F0? 048 CHS 049 + 050 ST01 051 GSB9 052 RTN 053 #LBLE 054 GSB7 055 RCL4 056 GSB9	Vorbereitungsschritte  Für Druck/Anzeige, 1 in RE speichern  x <sub>ij</sub> eingeben  x <sub>max</sub> , x <sub>min</sub>	857 R:S 058 #LBLE 059 RCL5 060 GSB9 061 RTN 062 #LBLA 063 CF1 064 RCL6 065 1 066 + 067 ST0E 068 RCL2 069 RCL1 070 $\bar{x}$ 071 GSB9 072 ST+7 073 R:S 074 #LBLA 075 RCL4 076 RCL5 077 - 078 ST+6 079 GSB9 080 GSE7 081 R:S 082 #LBLB 083 RCL7 084 RCL6 085 $\bar{x}$ 086 GSB9 087 RTN 088 #LBLB 089 RCL8 090 RCL6 091 4 092 ST03 093 GSB9 094 GSE7 095 R:S 096 #LBLC 097 RCL3 098 x 099 RCL7 100 RCL6 101 $\bar{x}$ 102 X?Y 103 - 104 GSB9 105 R:S 106 #LBLC 107 LSTX 108 2 109 x 110 + 111 GSB9 112 GSB7	$\bar{x}_i$  R <sub>i</sub>  $\bar{x}$  R						
		$\bar{x}$  L $\bar{x}$  U $\bar{x}$							
REGISTERS									
0 x <sub>ij</sub>	1 n	2 $\Sigma x_{ij}$	3 $\Sigma x_{ij}^2$ , $\bar{R}$	4 x <sub>max</sub>	5 x <sub>min</sub>	6 m	7 $\Sigma \bar{x}_j$	8 $\Sigma R_j$	9 belegt
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A letztes x <sub>max</sub>	B letztes x <sub>min</sub>	C	D	E	I für Druck/Anz.				I

113 R/S 114 #LBLd 115 RCL3 116 x 117 GSB9 118 GSB7 119 R/S 120 #LBLe 121 RCL3 122 x 123 GSB9 124 GSB7 125 RTN 126 #LBLD 127 ST08 128 RCLA 129 ST04 130 RCLB 131 ST05 132 RCL0 133 SF0 134 GSBC 135 RCLA 136 ST04 137 RCLB 138 ST05 139 CF0 140 RCL1 141 RTN 142 #LBL9 143 RCLE 144 X>0? 145 GT08 146 R↓ 147 RTN 148 #LBL8 149 R↓ 150 PRTX 151 RTN 152 #LBL7 153 RCLE 154 X>0? 155 SPC 156 R↓ 157 RTN		LR	Berichtigung von $x_{ik}$	
		Druck/Anzeige-Routine		
		Unterprogramm für Leerzeile		

LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A	B	C	D	E	0	FLAGS	TRIG	DISP
A Start	Druck	$x_{ij}(\Sigma +)$	$x_{ik}(\Sigma -)$	$x_{\max}, x_{\min}$	Korrektur	ON 0	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
$\bar{x}_{ij}, R_i$	$\bar{x}, \bar{R}$	$L_{\bar{x}}, U_{\bar{x}}$	L-R	U-R	1. Erg.	OFF 1	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
0	$j > 1$	2	3	4	2	OFF 2	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
5	6	7 Leerzeile	8 Druck	9 Druck?	3	OFF 3	<u>n</u> 2	

## Operations-Charakteristik

001 *LBLA 002 CFE 003 CLR6 004 ß 005 RTN 006 *LBL6 007 SFE 008 ; 009 RTN 010 *LBLC 011 GS63 012 ST01 013 RTN 014 *LBLD 015 ST03 016 X2Y 017 ST02 018 GS63 019 X2Y 020 GS63 021 RTN 022 *LBL6 023 GS64 024 GS63 025 RCL1 026 ß 027 INT 028 ST04 029 RCL1 030 RCL2 031 GS63 032 RCL1 033 RCL4 034 - 035 RCL2 036 GS63 037 P1 038 + 039 ST05 040 ST06 041 ST07 042 RCL3 043 6 044 ST08 045 X=Y 046 GS65 047 *LBL6 048 RCL4 049 - 050 RCL8 051 RCL2 052 - 053 ß 054 RCL8 055 1 056 +	Vorbereitungsschritte Flag 0 für AUTO-Modus setzen N speichern n, c für endliche Losgröße speichern	057 ÷ 058 LSTX 059 RCL1 060 RCL4 061 - 062 RCL2 063 - 064 + 065 ÷ 066 RCL6 067 X 068 ST06 069 ST+7 070 RCL3 071 1 072 RCL8 073 + 074 ST08 075 X=Y 076 GT08 077 1 078 RCL7 079 X=Y 080 X2Y 081 GS63 082 R-S 083 *LBL6 084 - 085 LSTX 086 X=Y 087 GS69 088 ST05 089 1 090 ST07 091 + 092 ST06 093 CLX 094 X=Y 095 GT08 096 *LBL1 097 R+ 098 1 099 RCL7 100 + 101 ST07 102 X=Y 103 GT07 104 RCL5 105 X2Y 106 + 107 LSTX 108 ÷ 109 RCL6 110 X 111 ST06 112 GT01		
REGISTERS				
0	1 N, n	2 n, p	3 c, f(0)	4 M
50	S1	S2	S3	S4
A	B	C	D	E
				I

113	RTN		169	RCL8														
114	*LBL7		170	X														
115	RCL6		171	RCL4														
116	RTN		172	X														
117	*LBL8		173	ST04														
118	1		174	ST45														
119	GSB3		175	RCL7														
120	RTN		176	1														
121	*LBL9		177	+														
122	ST06		178	ST07														
123	X <sup>2</sup> Y		179	RCL6														
124	RTN		180	X <sup>2</sup> Y														
125	*LBLd		181	GT02														
126	ST06		182	1														
127	X <sup>2</sup> Y		183	RCL5														
128	ST01		184	X <sup>2</sup> Y														
129	GSB3		185	X <sup>2</sup> Y														
130	X <sup>2</sup> Y		186	GSB3														
131	GSB3		187	R <sup>2</sup> S														
132	RTN		188	*LBL6														
133	*LBLe		189	RCL3														
134	ST02		190	GSB3														
135	GSB4		191	R <sup>2</sup> S														
136	GSB3		192	RTN														
137	ST02		193	*LBL5														
138	RCL2		194	RCL5														
139	1	Unendliche Losgröße		195	GSB3													
140	-		196	R <sup>2</sup> S														
141	CHS		197	RTN														
142	÷		198	*LBL3														
143	ST08		199	F00														
144	LSTX		200	PRTX														
145	RCL1		201	RTN														
146	Y <sup>2</sup>		202	*LBL4														
147	ST03		203	F00														
148	RCL6		204	SPC														
149	0		205	RTN														
150	ST07																	
151	X <sup>2</sup> Y?																	
152	GSB6																	
153	CLX																	
154	RCL1																	
155	X <sup>2</sup> Y																	
156	X <sup>2</sup> Y?																	
157	GT06																	
158	RCL3																	
159	ST04																	
160	ST05																	
161	*LBL2																	
162	RCL1																	
163	RCL7																	
164	-																	
165	RCL7																	
166	1																	
167	+																	
168	÷																	
LABELS																		
A	Start	B	Druck	C	N	D	n†c →	E	p → P <sub>a</sub>	F	Druck	FLAGS	SET	STATUS				
a	f(x)	b		c		d	n†c →	e	p → P <sub>a</sub>	f	1	FLAGS	TRIG	DISP				
0	P <sub>a</sub>	1	f(x + 1)	2	Leerzeile	3	Druck	4		2		0	ON	OFF	DEG	K	FIX	☒
5	c, f(0)	6	f(0)	7	c	8	1	9	STO 6	3		1	□	☒	GRAD	□	SCI	□
												2	□	☒	RAD	□	ENG	□
												3	□	☒	n	—	2	

## Warteschlangen (eine oder mehrere Abfertigungsstellen)

001 *LBLA 002 GSB9 003 ST01 004 ST01 005 R4 006 ST02 007 X>Y 008 ST05 009 ÷ 010 ST03 011 PRTX 012 R/S 013 *LBLB 014 1 015 ST04 016 0 017 *LBL1 018 RCL4 019 + 020 LSTX 021 RCL3 022 × 023 RCL1 024 RCL1 025 - 026 1 027 + 028 ÷ 029 ST04 030 R4 031 DS2I 032 GT01 033 1 034 RCL3 035 RCL1 036 ÷ 037 - 038 RCL4 039 X>Y 040 ÷ 041 ST01 042 + 043 1>X 044 SPC 045 PRTX 046 R/S 047 *LBLB 048 RCL1 049 × 050 ST01 051 PRTX 052 R/S 053 *LBLC 054 RCL1 055 RCL3 056 X		P	057 RCL1 058 RCL3 059 - 060 ÷ 061 ST04 062 SPC 063 PRTX 064 R/S 065 *LBLC 066 RCL3 067 + 068 ST06 069 PRTX 070 R/S 071 *LBLD 072 RCL4 073 RCL2 074 ÷ 075 SPC 076 PRTX 077 R/S 078 *LBLD 079 RCL6 080 RCL2 081 ÷ 082 PRTX 083 R/S 084 *LBLE 085 SPC 086 PRTX 087 RCL1 088 RCL5 089 × 090 RCL2 091 - 092 × 093 CHS 094 e <sup>x</sup> 095 RCLI 096 × 097 PRTX 098 SPC 099 R/S 100 *LBL9 101 R4 102 R4 103 SPC 104 PRTX 105 R4 106 PRTX 107 R4 108 PRTX 109 RTN 110 *LBLa 111 GSB8 112 ST02						
001 *LBLA 002 GSB9 003 ST01 004 ST01 005 R4 006 ST02 007 X>Y 008 ST05 009 ÷ 010 ST03 011 PRTX 012 R/S 013 *LBLB 014 1 015 ST04 016 0 017 *LBL1 018 RCL4 019 + 020 LSTX 021 RCL3 022 × 023 RCL1 024 RCL1 025 - 026 1 027 + 028 ÷ 029 ST04 030 R4 031 DS2I 032 GT01 033 1 034 RCL3 035 RCL1 036 ÷ 037 - 038 RCL4 039 X>Y 040 ÷ 041 ST01 042 + 043 1>X 044 SPC 045 PRTX 046 R/S 047 *LBLB 048 RCL1 049 × 050 ST01 051 PRTX 052 R/S 053 *LBLC 054 RCL1 055 RCL3 056 X		P <sub>0</sub> , P <sub>b</sub>	057 RCL1 058 RCL3 059 - 060 ÷ 061 ST04 062 SPC 063 PRTX 064 R/S 065 *LBLC 066 RCL3 067 + 068 ST06 069 PRTX 070 R/S 071 *LBLD 072 RCL4 073 RCL2 074 ÷ 075 SPC 076 PRTX 077 R/S 078 *LBLD 079 RCL6 080 RCL2 081 ÷ 082 PRTX 083 R/S 084 *LBLE 085 SPC 086 PRTX 087 RCL1 088 RCL5 089 × 090 RCL2 091 - 092 × 093 CHS 094 e <sup>x</sup> 095 RCLI 096 × 097 PRTX 098 SPC 099 R/S 100 *LBL9 101 R4 102 R4 103 SPC 104 PRTX 105 R4 106 PRTX 107 R4 108 PRTX 109 RTN 110 *LBLa 111 GSB8 112 ST02						
<b>REGISTERS</b>									
0	1 n, m	2 λ, n	3 P	4 Lq, k	5 μ, Q <sub>k</sub> , L	6 L, ΣQ <sub>k</sub>	7 ΣkQ <sub>k</sub> , -F	8 a	9 belegt
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	B	C	D	E					I belegt, P <sub>b</sub>

113	R4		169	ST05			
114	ST01		170	SPC			
115	R/S		171	PRTX			
116	*LBL6	P	172	R/S			
117	GSB8		173	*LBL6			
118	ST08		174	RCL8			
119	÷		175	x			
120	ST03		176	PRTX			
121	PRTX		177	R/S			
122	R/S		178	*LBLd			
123	*LBL6		179	RCL5			
124	CLX		180	RCL1			
125	ST07		181	÷			
126	1		182	1			
127	ST04		183	-			
128	ST05		184	RCL3			
129	ST06		185	1			
130	*LBL3		186	+			
131	RCL2		187	x			
132	RCL4		188	ST07			
133	X>Y		189	1			
134	X<Y		190	+			
135	RCL3		191	RCL1			
136	X>Y		192	x			
137	÷		193	SPC			
138	RCL1		194	PRTX			
139	RCL4		195	R/S			
140	-		196	*LBLd			
141	1	L, T	197	RCL8			
142	+		198	x			
143	x		199	PRTX			
144	RCL5		200	R/S			
145	x		201	*LBL6			
146	ST05		202	RCL7			
147	EEX		203	CHS			
148	CHS		204	SPC			
149	9		205	PRTX			
150	0		206	SPC			
151	X>Y		207	R/S			
152	GT02		208	*LBL8			
153	R4		209	R4			
154	ST+6		210	SPC			
155	RCL4		211	PRTX			
156	x		212	R4			
157	ST+7		213	PRTX			
158	RCL1		214	RTN			
159	RCL4						
160	1						
161	+						
162	ST04						
163	X<Y						
164	GT03						
165	*LBL2						
166	RCL7						
167	RCL6						
168	÷						
LABELS					FLAGS	SET STATUS	
A ... → p	B → P <sub>0</sub> , → P <sub>b</sub>	C → L <sub>q</sub> , → L	D → T <sub>q</sub> , → T	E t → P(t)	0		
<sup>a</sup> m↑n →	<sup>b</sup> S↑a → p	<sup>c</sup> → L, → T	<sup>d</sup> → L <sub>q</sub> , → T <sub>q</sub>	<sup>e</sup> → F	1		
0	<sup>f</sup> P <sub>0</sub> , P <sub>b</sub>	<sup>g</sup> L	<sup>h</sup> K	<sup>i</sup>	2		
5	6	7	8 Druck	9 Druck	3		
					FLAGS	TRIG	DISP
					0 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
					1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
					2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
					3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		n <u>2</u>

## Anhang

# Beschriftungshinweise auf Magnetkarten

## Zeichen und Symbole

Symbol bzw. Schreibweise	Bedeutung
Weiße Zeichen: x <b>A</b>	Die Funktion der Programmtasten wird durch die weißen Symbole gekennzeichnet, die jeweils über diesen Tasten stehen, wenn Sie die Programmcarte in den dafür vorgesehenen Fensterausschnitt geschoben haben. In diesem Fall besagt die Beschriftung, daß der Wert x eingegeben wird, wenn Sie nach Eintasten des Zahlenwertes die Taste <b>A</b> drücken.
Goldfarbene Zeichen: y x <b>E</b>	Für goldfarbene Zeichen gilt das gleiche, das bereits für weiße Zeichen gesagt wurde, nur daß jetzt die entsprechende Programmtaste im Anschluß an die Präfixtaste <b>f</b> zu drücken ist. Das Beispiel gibt an, daß der Wert y durch Drücken von <b>f e</b> und der Wert x durch Drücken von <b>E</b> eingegeben wird.
x <sup>↑</sup> y <b>A</b>	Das Zeichen $\uparrow$ steht für die <b>ENTER↑</b> -Taste. Im angegebenen Beispiel wird <b>ENTER↑</b> zur Trennung der Zahlenwerte für die Variablen x und y verwendet. Zur Eingabe beider Werte ist zuerst x einzutasten, <b>ENTER↑</b> zu drücken, y einzutasten und dann <b>A</b> zu drücken.
[x] <b>A</b>	Ist das Symbol der Variablen von einem viereckigen Kästchen umgeben, ist der Wert einzugeben, indem zuerst <b>STO</b> und anschließend die entsprechende Programmtaste <b>A</b> bis <b>E</b> gedrückt wird. Im Beispiel erfolgt die Eingabe von x mit <b>STO A</b> .
(x) <b>A</b>	Runde Klammern deuten an, daß der entsprechende Bedienungsschritt auf Wunsch ausgeführt werden kann. Im Beispiel hier bleibt es Ihnen überlassen, ob Sie x durch Drücken von <b>A</b> eingeben, oder nicht.

---

Symbol bzw. Schreibweise	Bedeutung
$\rightarrow x$ <b>A</b>	Ein Pfeil besagt, daß die derart gekennzeichnete Variable nach Drücken der zugehörigen Programmataste berechnet wird. Im hier gezeigten Beispiel ist zur Berechnung von x die Taste <b>A</b> zu drücken.
$\rightarrow x, y, z$ <b>A</b>	Diese Bezeichnung besagt, daß die durch Kommas getrennten Variablen auf einmaliges Drücken der zugehörigen Programmtaste nacheinander berechnet werden. Sie werden in der Reihenfolge x, y, z angezeigt.
$\rightarrow x; y; z$ <b>A</b>	Diese Schreibweise bedeutet, daß nach Berechnung von x durch Drücken der Taste <b>A</b> die weiteren Variablen durch jeweiliges Drücken von <b>R/S</b> berechnet werden können.
$\langle\langle x \rangle\rangle, y$ <b>A</b>	Die Anführungszeichen bedeuten, daß x während einer Programmpause (ca. 1 Sekunde lang) angezeigt wird. Anschließend wird die Rechnung fortgesetzt und dann y angezeigt.
$\leftrightarrow x$ <b>A</b>	Der Doppelpfeil zeigt an, daß dieser Wert wahlweise eingegeben, oder berechnet werden kann. Falls zwischen den Programmtasten Zifferntasten gedrückt wurden (Eintasten einer Zahl), wird x mit Drücken von <b>A</b> gespeichert; falls nicht, wird x berechnet, wenn Sie <b>A</b> drücken.

---

---

<b>Symbol bzw. Schreibweise</b>	<b>Bedeutung</b>
P? <b>A</b>	Ein Fragezeichen besagt, daß ein bestimmter Modus gewählt wird, während das davor stehende Symbol angibt, um welchen Modus es sich handelt. Hier geht es um das Ein- bzw. Ausschalten des automatischen Anzeige-/Druck-Modus («AUTO»-Modus). Grundsätzlich erscheint nach Ausführung dieser Operationen in der Anzeige entweder 0.00 oder 1.00; damit wird angezeigt, ob der betreffende Modus nun ein- (1.00) oder ausgeschaltet (0.00) ist.
START <b>A</b>	Das Wort START bedeutet, daß die zugehörige Programmtaste zum Starten des Programms zu drücken ist; es taucht da auf, wo ein Programm einen Vorbereitungsschritt erfordert.
DEL <b>A</b>	DEL (delete – entfernen) besagt, daß der zuletzt eingegebene Wert oder die zuletzt eingegebene Gruppe von Werten durch Drücken dieser Programmtaste entfernt werden kann.

---





**Hewlett-Packard GmbH/Vertrieb:**

**1000 Berlin 30**, Keith Straße 2-4, Telefon (030) 24 90 86

**7030 Böblingen**, Herrenbergerstraße 110, Telefon (07031) 667-1

**4000 Düsseldorf**, Emanuel-Leutze-Straße 1 (Seestern), Telefon (0211) 59 71-1

**6000 Frankfurt 56**, Berner Straße 117, Postfach 560140, Telefon (0611) 50 04-1

**2000 Hamburg 1**, Wendenstraße 23, Telefon (040) 24 13 93

**3000 Hannover-Kleefeld**, Mellendorfer Straße 3, Telefon (0511) 55 60 46

**8500 Nürnberg**, Neumeyer Straße 90, Telefon (0911) 56 30 83/85

**8012 Ottobrunn**, Isar Center, Unterhachinger Straße 28,

Telefon (089) 601 30 61/67

**Für die Schweiz:** Hewlett-Packard (Schweiz) AG, Zürcherstraße 20,  
Postfach 307, 8952 Schlieren-Zürich, Telefon (01) 730 52 40

**Für Österreich/Für sozialistische Staaten:**

Hewlett-Packard Ges.m.b.H., Handelskai 52, Postfach 7, A-1205 Wien,  
Österreich, Telefon (0222) 3516 21 bis 27

**Für die UdSSR:**

Hewlett-Packard Representative Office USSR, Pokrovsky Boulevard 4/17, KV12,  
Moscow 101000, Telefon 294-2024

**Europa-Zentrale:**

Hewlett-Packard S.A., 7, rue du Bois-du-Lan, Postfach, CH-1217 Meyrin 2-Genf,  
Schweiz, Telefon (022) 41 54 00, ab März 1977 Telefon (022) 82 70 00

Scan Copyright ©  
The Museum of HP Calculators  
[www.hpmuseum.org](http://www.hpmuseum.org)

Original content used with permission.

Thank you for supporting the Museum of HP  
Calculators by purchasing this Scan!

Please do not make copies of this scan or  
make it available on file sharing services.