

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

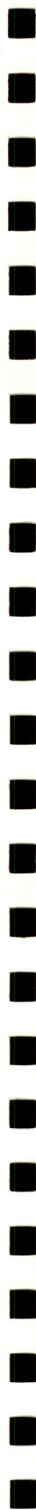
Die 21 Programme des Statistik-Paketes sind verschiedenen Gebieten der allgemeinen Statistik entnommen.

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

10. Chi-Quadrat-Verteilung

Das Programm berechnet die Dichtefunktion der Chi-Quadrat-Verteilung und über eine Reihenentwicklung die Chi-Quadrat-Verteilungsfunktion 60

11. t-Verteilung

Das Programm berechnet die Dichtefunktion der t-Verteilung und die Verteilungsfunktion, wenn x und die Anzahl der Freiheitsgrade v gegeben ist 64

12. F-Verteilung

Das Integral der F-Verteilung wird für gegebene Werte x ($x > 0$) und Anzahl der Freiheitsgrade v_1 und v_2 berechnet, vorausgesetzt, daß entweder v_1 oder v_2 geradzahlig ist 68

Kurvenanpassung

13. Multiple lineare Regression

Lineare Regression nach der Kleinst-Quadrate-Methode für zwei unabhängige Variablen 72

14. Approximation von Funktionen durch Polynome

Wenn die Funktion $f(x)$ in Form der Funktionswerte an Punkten gleichen Abstands gegeben ist, kann das Programm ein Polynom m -ten Grades ($2 \leq m \leq 4$) anpassen..... 76

Statistische Tests

15. t-Test

Der t-Test für gepaarte Stichproben testet die Nullhypothese $H_0: \mu_1 = \mu_2$. Für unabhängige Stichproben testet das Programm die Nullhypothese $H_0: \mu_1 - \mu_2 = d$ 82

16. Chi-Quadrat-Test

Der Wert der χ^2 -Testvariablen wird als Maß für die Güte der Anpassung berechnet 88

17. Kontingenztafel (Unabhängigkeitstest)

$2 \times k$ - und $3 \times k$ -Kontingenztafeln werden zum Testen der Nullhypothese verwendet, daß die Variablen voneinander unabhängig sind 92

18. Spearman'scher Rangkorrelationskoeffizient

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 Herstellungslosgröße 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 langsames 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 Prefix-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^x** und beim HP-67 als **g** **10^x** ausgeführt. In solchen Fällen sind die entsprechenden Prefix-Tasten nicht mit aufgeführt (es heißt hier also einfach **10^x**). Achten Sie beim Rechnen der Beispiele darauf, daß Sie, falls erforderlich, die entsprechende Prefix-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

BASIC STATISTICS FOR TWO VARIABLES

ST1-01A



P?	+ $\bar{x}; \bar{y} + V_x; V_y$	+ $S_x; S_y \dots$	+ $S_{xy} \dots + Y_{xy}$	+ $\Sigma X_i; \dots$
START	$x_i + y_i (\Sigma +)$	$x_k + y_k (\Sigma -)$	$x_i + \dots (\Sigma +)$	$x_k + \dots (\Sigma -)$

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Anmerkung:

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

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

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

A

f a

26 ENTER+ 92 B

100 ENTER+ 100 B

100 ENTER+ 100 C

30 ENTER+ 85 B

44 ENTER+ 78 B

50 ENTER+ 81 B

Anzeige/Ausdruck

0.00 ***

1.00 ***

26.00 ***

92.00 ***

1.00 ***

100.00 ***

100.00 ***

2.00 ***

100.00 ***

100.00 ***

1.00 ***

30.00 ***

85.00 ***

2.00 ***

44.00 ***

78.00 ***

3.00 ***

50.00 ***

81.00 ***

4.00 ***

(x_1)

(y_1)

($i = 1$)

(x_2) (Fehler)

(y_2)

($i = 2$)

(x_2) (Berichtig.)

(y_2)

($i = 1$)

(x_2)

(y_2)

($i = 2$)

(x_3)

(y_3)

($i = 3$)

(x_4)

(y_4)

($i = 4$)

62	ENTER↑	54	B	→	62.00 ***	(x_5)
					54.00 ***	(y_5)
					5.00 ***	($i = 5$)
68	ENTER↑	51	B	→	68.00 ***	(x_6)
					51.00 ***	(y_6)
					6.00 ***	($i = 6$)
74	ENTER↑	40	B	→	74.00 ***	(x_7)
					40.00 ***	(y_7)
					7.00 ***	($i = 7$)
f	b			→	50.57 ***	(\bar{x})
R/S				→	68.71 ***	(\bar{y})
f	b			→	36.58 ***	(V_x)
R/S				→	29.10 ***	(V_y)
f	c			→	18.50 ***	(s_x)
R/S				→	20.00 ***	(s_y)
f	c			→	17.13 ***	(s_x')
R/S				→	18.51 ***	(s_y')
f	d			→	-354.14 ***	(s_{xy})
R/S				→	-303.55 ***	(s_{xy}')
f	d			→	-0.96 ***	(r_{xy})
f	e			→	354.00 ***	($\sum x_i$)
R/S				→	481.00 ***	($\sum y_i$)
R/S				→	22200.00 ***	($\sum x_i y_i$)
f	e			→	19956.00 ***	($\sum x_i^2$)
R/S				→	35451.00 ***	($\sum y_i^2$)

Beispiel 2:

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

x_i	4,8	5,2	3,8	4,4	4,1
y_i	15,1	11,5	14,3	13,6	12,8
f_i	1	3	1	6	2

Drücken Sie**A****Anzeige/Ausdruck**

0.00 ***

f a

1.00 ***

4.8 ENTER↑ 15.1 ENTER↑ 1 D →

4.80 *** (x_1)15.10 *** (y_1)1.00 *** (f_1)1.00 *** ($\sum f_i$)

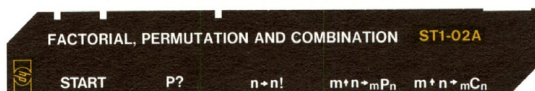
5.2 ENTER↑ 11.5 ENTER↑ 3 D →

5.20 *** (x_2)11.50 *** (y_2)3.00 *** (f_i)4.00 *** ($\sum f_2$)

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

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 Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	der Ergebnisse einschalten*		B <input type="text"/>	1.00
4	Gehen Sie nach Zeile 5, 6 oder 7		<input type="text"/> <input type="text"/>	
5	Berechnen Sie $n!$		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	falls $n \leq 69$	n	C <input type="text"/>	$n!$
	falls $n > 69$	n	A <input type="text"/>	n
			R/S <input type="text"/>	Exponent von 10
			R/S <input type="text"/>	Mantisse
6	Berechnen Sie ${}_mP_n$	m	\uparrow <input type="text"/>	
		n	D <input type="text"/>	${}_mP_n$
7	Berechnen Sie ${}_mC_n$	m	\uparrow <input type="text"/>	
		n	E <input type="text"/>	${}_mC_n$
	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			<input type="text"/> <input type="text"/>	
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	auszuschalten, drücken Sie		CLF 0	

Beispiele:

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

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

A	→	0.00	
B	→	1.00	
5 C	→	5.00 ***	
		120.00 ***	(5!)
69 C	→	69.00 ***	
		1.711224524+98 ***	(69!)
70 C	→	70.00 ***	
		100.00 ***	(10 ¹⁰⁰)
		1.197857069 ***	(Mantisse)
100 C	→	100.00 ***	
		157.00 ***	(10 ¹⁵⁷)
		9.332622518 ***	(Mantisse)
27 ENTER 5 D	→	27.00 ***	
		5.00 ***	
		9687600.00 ***	(₂₇ P ₅)
73 ENTER 4 E	→	73.00 ***	
		4.00 ***	
		1088430.00 ***	(₇₃ C ₄)

Notizen

Momente, Schiefe und Steilheit (Kurtosis)

(für klassifizierte und nicht klassifizierte Daten)

MOMENTS, SKEWNESS AND KURTOSIS					ST1-03A
P?	$\rightarrow \bar{x}$	$\rightarrow m_2; m_3; m_4$	$\rightarrow \gamma_1; \gamma_2$		
START	$x_i (\Sigma +)$	$x_k (\Sigma -)$	$y_j + f_j (\Sigma +)$	$y_h + f_h (\Sigma -)$	

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. Erstes (gewöhnliches) Moment $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
2. Zweites (zentrales) Moment $m_2 = \frac{1}{n} \sum x_i^2 - \bar{x}^2$
3. 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. Viertes (zentrales) Moment $m_4 = \frac{1}{n} \sum x_i^4 - \frac{4}{n} \bar{x} \sum x_i^3 + \frac{6}{n} \bar{x}^2 \sum x_i^2 - 3\bar{x}^4$

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

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	y_2	\dots	y_m
Häufigkeit	f_1	f_2	\dots	f_m

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 Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	der Ergebnisse einschalten*		f a	1.00
4	Gehen Sie für klassifizierte Daten nach		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zeile 12		<input type="text"/> <input type="text"/>	
5	Führen Sie für unklassifizierte Daten die		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zeilen 6–7 für $i = 1, 2, \dots, n$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
6	x_i eingeben	x_i	B <input type="text"/>	i
7	Wenn Sie bei der Eingabe von x_k einen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Fehler gemacht haben, korrigieren Sie wie		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	folgt:	x_k	C <input type="text"/>	$i-1$
8	Berechnen Sie \bar{x}		f b	\bar{x}
9	Berechnen Sie m_2		f c	m_2
	m_3		R/S <input type="text"/>	m_3
	m_4		R/S <input type="text"/>	m_4
10	Berechnen Sie γ_1		f d	γ_1
	γ_2		R/S <input type="text"/>	γ_2
11	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
12	Führen Sie für klassifizierte Daten die Zeilen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	13–14 für $j = 1, 2, \dots, m$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
13	y_j eingeben		↑ <input type="text"/>	y_i
	f_j eingeben		D <input type="text"/>	j
14	Wenn Sie bei der Eingabe von y_h oder f_h		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	einen Fehler gemacht haben, korrigieren Sie		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	wie folgt:	y_h	↑ <input type="text"/>	y_h
		f_h	E <input type="text"/>	$j-1$
15	Gehen Sie nach Zeile 8		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			<input type="text"/> <input type="text"/>	
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	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**

A	→	0.00 ***	
f a	→	1.00 ***	
2.1 B	→	2.10 ***	(x_1)
	→	1.00 ***	$(i = 1)$
4 B	→	4.00 ***	(x_2) (Fehler)
	→	2.00 ***	
4 C	→	4.00 ***	(x_2) (Berichtig.)
	→	1.00 ***	
3.5 B	→	3.50 ***	(x_2)
	→	2.00 ***	
4.2 B	→	4.20 ***	(x_3)
	→	3.00 ***	
6.5 B	→	6.50 ***	(x_4)
	→	4.00 ***	
4.1 B	→	4.10 ***	(x_5)
	→	5.00 ***	
3.6 B	→	3.60 ***	(x_6)
	→	6.00 ***	
5.3 B	→	5.30 ***	(x_7)
	→	7.00 ***	
3.7 B	→	3.70 ***	(x_8)
	→	8.00 ***	
4.9 B	→	4.90 ***	(x_9)
	→	9.00 ***	
f b	→	4.21 ***	(\bar{x})
f c	→	1.39 ***	(m_2)
R/S	→	0.39 ***	(m_3)
R/S	→	5.49 ***	(m_4)
f d	→	0.24 ***	(γ_1)
R/S	→	2.84 ***	(γ_2)

2. Klassifizierte Daten

j	1	2	3	4	5
y_j	3	2	4	6	1
f_j	4	5	3	2	1

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

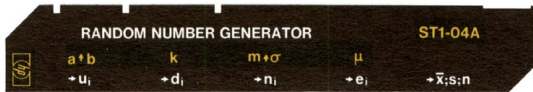
$$\gamma_1 = 0,77, \gamma_2 = 2,81$$

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

A →	0.00 ***	
f a →	1.00 ***	
3 ENTER 4 D →	3.00 ***	(y_1)
	4.00 ***	(f_1)
	1.00 ***	
2 ENTER 5 D →	2.00 ***	(y_2)
	5.00 ***	(f_2)
	2.00 ***	
5 ENTER 5 D →	5.00 ***	(y_3) (Fehler)
	5.00 ***	(f_3)
	3.00 ***	
5 ENTER 5 E →	5.00 ***	(y_3) (Berichtig.)
	5.00 ***	(f_3)
	2.00 ***	
4 ENTER 3 D →	4.00 ***	(y_3)
	3.00 ***	(f_3)
	3.00 ***	
6 ENTER 2 D →	6.00 ***	(y_4)
	2.00 ***	(f_4)
	4.00 ***	
1 ENTER 1 D →	1.00 ***	(y_5)
	1.00 ***	(f_5)
	5.00 ***	
f b →	3.13 ***	(\bar{x})
f c →	1.98 ***	(m_2)
R/S →	2.14 ***	(m_3)
R/S →	11.05 ***	(m_4)
f d →	0.77 ***	(γ_1)
R/S →	2.81 ***	(γ_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: $Z_{i+1} = \text{FRC}(997 z_i)$ $i = 0, 1, 2, \dots$

FRC $\hat{=}$ 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:

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

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 500000. 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 σ .

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

$$\begin{aligned} V_1 &= (2z_i - 1) & V_2 &= (2z_{i+1} - 1) \\ S &= V_1^2 + V_2^2 & (i = 1, 2, \dots) \end{aligned}$$

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 μ . 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 Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Gehen Sie für gleichverteilte Zufallsziffern		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	nach Zeile 6, für normalverteilte Zufallszahlen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	nach Zeile 9 oder für exponentialverteilte		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zufallszahlen nach Zeile 12		<input type="text"/> <input type="text"/>	
3	Geben Sie die Intervallgrenzen für die		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Erzeugung von gleichförmig verteilten		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zufallszahlen ein	a	<input type="text"/> <input type="text"/>	a
		b	<input type="text"/> <input type="text"/>	b
4	Führen Sie Zeile 4 für $i = 1, 2, \dots$ aus.		<input type="text"/> <input type="text"/>	u_i
5	Gehen Sie für \bar{x} , s und n nach Zeile 14		<input type="text"/> <input type="text"/>	
6	Geben Sie den maximal erwünschten ganz-		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	zahligen Wert ein	k	<input type="text"/> <input type="text"/>	k
7	Führen Sie Zeile 7 für $i = 1, 2, \dots$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	d_i
8	Gehen Sie für \bar{x} , s und n nach Zeile 14		<input type="text"/> <input type="text"/>	
9	Geben Sie für normalverteilte Zufallszahlen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	den Mittelwert und die Standardabweichung		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	ein	m	<input type="text"/> <input type="text"/>	m
		σ	<input type="text"/> <input type="text"/>	σ
10	Führen Sie Zeile 10 für $i = 1, 2, \dots$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	η_i
11	Gehen Sie für \bar{x} , s und n nach Zeile 14		<input type="text"/> <input type="text"/>	
12	Geben Sie für exponentialverteilte Zufalls-		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	zahlen den Mittelwert ein	μ	<input type="text"/> <input type="text"/>	μ
13	Führen Sie Zeile 13 für $i = 1, 2, \dots$ aus.		<input type="text"/> <input type="text"/>	ϵ_i
14	Auf Wunsch: Berechnen Sie		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	den Mittelwert		<input type="text"/> <input type="text"/>	\bar{x}
	die Standardabweichung		<input type="text"/> <input type="text"/>	s
	die laufende Nummer (Zähler)		<input type="text"/> <input type="text"/>	n
15	Gehen Sie zur Fortsetzung der Berechnung		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	nach Zeile 4, 7, 10 oder 13		<input type="text"/> <input type="text"/>	
16	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	

Beispiel 1:

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

Drücken Sie**Anzeige/Ausdruck**

0	ENTER+ 1	f	a	→	0.00 ***	(a)
				→	1.00 ***	(b)
A				→	0.83 ***	(u ₁)
A				→	0.56 ***	(u ₂)
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	f	b	→	6.00 ***	(k)
B			→	5.00 ***	(d ₁)
B			→	4.00 ***	(d ₂)
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 Sie75 **ENTER** 10 **f** **c****Anzeige/Ausdruck**

75.00 *** (m)

10.00 *** (σ)**C** → 87.42 *** (n_1)**C** → 77.17 *** (n_2)**C** → 67.44 *** .**C** → 81.23 *** .**C** → 89.91 *** .**C** → 85.32 *** .

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 Sie5 **f** **d****Anzeige/Ausdruck**5.00 *** (μ)**D** → 0.93 *** (e_1)**D** → 2.92 *** (e_2)**D** → 6.49 *** .**D** → 15.93 *** .**D** → 8.14 *** .**D** → 1.44 *** .

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.

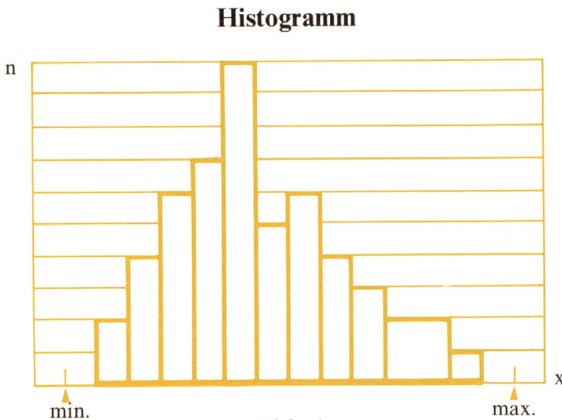


Abb. 1

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:

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

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 Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	NORM-Modus für die automatische Ausgabe		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	der Ergebnisse einschalten*		B <input type="text"/>	1.00
4	Geben Sie ein: unteren Grenzwert	x_{\min}	\uparrow <input type="text"/>	$-x_{\min}$
	oberen Grenzwert	x_{\max}	C <input type="text"/>	x_{\max} .
5	Führen Sie die Zeilen 6–7 für $i = 1, 2, \dots, n$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
6	x_i eingeben	x_i	D <input type="text"/>	i
7	Wenn Sie bei der Eingabe von x_k einen Fehler gemacht haben, korrigieren Sie wie folgt:		<input type="text"/> <input type="text"/>	
		x_k	E <input type="text"/>	$i-1$
8	Histogramm auflisten		f a	Liste
9	n , \bar{x} und s ausgeben		f b	n
			R/S <input type="text"/>	\bar{x}
			R/S <input type="text"/>	s
10	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			<input type="text"/> <input type="text"/>	
			<input type="text"/> <input type="text"/>	
	* 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	→	0.00 ***	
B	→	1.00 ***	
0 [ENTER] 24 C	→	0.00 ***	(x_{\min})
	→	24.00 ***	(x_{\max})
18.1 D	→	18.10 ***	
	→	1. ***	
14.3 D	→	14.30 ***	
	→	2. ***	
8.4 D	→	8.40 ***	
	→	3. ***	

0.7 D	→	0.70 ***	
		4. ***	
9.9 D	→	9.90 ***	(Fehler)
		5. ***	
9.9 E	→	9.90 ***	(Berichtigung)
		4. ***	
20.2 D	→	20.20 ***	
		5. ***	
14 D	→	14.00 ***	
		6. ***	
17.2 D	→	17.20 ***	
		7. ***	
24 D	→	24.00 ***	
		8. ***	
8.8 D	→	8.80 ***	
		9. ***	
5.7 D	→	5.70 ***	
		10. ***	
13.2 D	→	13.20 ***	
		11. ***	
22.1 D	→	22.10 ***	
		12. ***	
15.7 D	→	15.70 ***	
		13. ***	
18.9 D	→	18.90 ***	
		14. ***	
23 D	→	23.00 ***	
		15. ***	
f b	→	15.00 ***	(n)
R/S	→	14.95 ***	(\bar{x})
R/S	→	6.71 ***	(s)
f a	→	0.00 ***	Intervallgrenzen
		1.00 ***	
		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

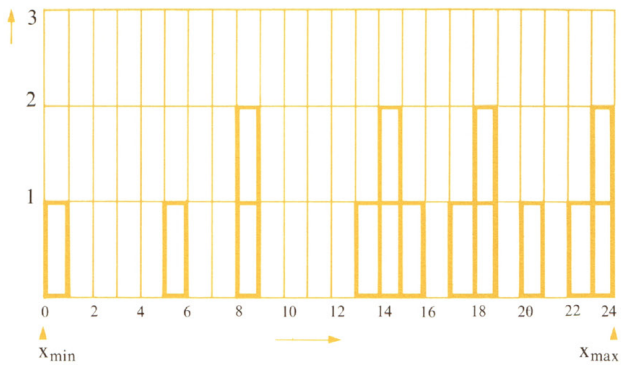


Abb. 2

Einfache Varianzanalyse

ANALYSIS OF VARIANCE (ONE-WAY)					ST1-06A
→TSS;...	→df;...	→T,MS;...			
START	P?	$x_{ij}(\Sigma+)$	$x_{im}(\Sigma-)$	→ $\bar{x}_i; s_i; \text{Sum}_i$	

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 ($i = 1, 2, \dots, k$)

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

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

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

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

$$\text{df}_1 = k - 1$$

8. Anzahl der Freiheitsgrade von ESS

$$\text{df}_2 = \sum_{i=1}^k n_i - k$$

9. Gesamtzahl der Freiheitsgrade

$$\text{df}_3 = \text{df}_1 + \text{df}_2 = \sum_{i=1}^k n_i - 1$$

10. Durchschnittsquadrat zwischen den Klassen

$$\text{TrMS} = \frac{\text{TrSS}}{\text{df}_1}$$

11. Durchschnittsquadrat innerhalb der Klassen

$$\text{EMS} = \frac{\text{ESS}}{\text{df}_2}$$

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

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**

A →	0.00 ***	
B →	1.00 ***	
88 C →	88.00 ***	
	1.00 ***	
99 C →	99.00 ***	
	2.00 ***	
96 C →	96.00 ***	
	3.00 ***	
68 C →	68.00 ***	
	4.00 ***	
85 C →	85.00 ***	
	5.00 ***	
E →	87.20 ***	(\bar{x}_1)
R/S →	12.15 ***	(s_1)
R/S →	436.00 ***	(Sum ₁)
78 C →	78.00 ***	
	1.00 ***	
62 C →	62.00 ***	
	2.00 ***	
98 C →	98.00 ***	
	3.00 ***	
83 C →	83.00 ***	
	4.00 ***	
61 C →	61.00 ***	
	5.00 ***	
88 C →	88.00 ***	
	6.00 ***	
E →	78.33 ***	(\bar{x}_2)

R/S	→	14.62 ***	(\bar{s}_2)
R/S	→	470.00 ***	(Sum ₂)
80 C	→	80.00 ***	
	→	1.00 ***	
61 C	→	61.00 ***	
	→	2.00 ***	
74 C	→	74.00 ***	
	→	3.00 ***	
92 C	→	92.00 ***	
	→	4.00 ***	
78 C	→	78.00 ***	
	→	5.00 ***	
54 C	→	54.00 ***	
	→	6.00 ***	
77 C	→	77.00 ***	
	→	7.00 ***	
E	→	73.71 ***	(\bar{x}_3)
R/S	→	12.61 ***	(s_3)
R/S	→	516.00 ***	(Sum ₃)
71 C	→	71.00 ***	
	→	1.00 ***	
66 C	→	66.00 ***	(Fehler)
	→	2.00 ***	
66 D	→	66.00 ***	(Berichtigung)
	→	1.00 ***	
65 C	→	65.00 ***	
	→	2.00 ***	
90 C	→	90.00 ***	
	→	3.00 ***	
46 C	→	46.00 ***	
	→	4.00 ***	
E	→	68.00 ***	(\bar{x}_4)
R/S	→	18.13 ***	(s_4)
R/S	→	272.00 ***	(Sum ₄)
f a	→	4530.00 ***	(TSS)
R/S	→	930.44 ***	(TrSS)
R/S	→	3599.56 ***	(ESS)
f b	→	3.00 ***	(df ₁)
R/S	→	18.00 ***	(df ₂)
R/S	→	21.00 ***	(df ₃)
f c	→	310.15 ***	(TrMS)
R/S	→	199.98 ***	(EMS)
R/S	→	1.55 ***	(F)

Anova-Tafel

	SS	df	MS	F
Tr (Treatments)	930,44	3	310,15	1,55
E (Error)	3599,56	18	199,98	
Σ (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

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

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

Literatur:

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

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

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	auszuschalten, drücken Sie		CLF <input type="text"/>	
			0 <input type="text"/>	

Beispiel:

Wenden Sie das Programm auf die folgende Datenmenge an.

i \ j	Zeilen			
	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 ENTER 4 C	→	3.00 ***	(r)
	→	4.00 ***	(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 ₁)
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 ₂)
4 D	→	4.00 ***	
	→	1.00 ***	
7 D	→	7.00 ***	(Fehler)
	→	2.00 ***	
7 E	→	7.00 ***	(Berichtigung)
	→	1.00 ***	

6	D	6.00 ***	
		2.00 ***	
5	D	5.00 ***	
		3.00 ***	
3	D	3.00 ***	
		4.00 ***	
f	a	18.00 ***	(RS ₃)
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 ₁)
6	D	6.00 ***	
		1.00 ***	
4	D	4.00 ***	
		2.00 ***	
6	D	6.00 ***	
		3.00 ***	
f	c	16.00 ***	(CS ₂)
8	D	8.00 ***	
		1.00 ***	
4	D	4.00 ***	
		2.00 ***	
5	D	5.00 ***	
		3.00 ***	
f	c	17.00 ***	(CS ₃)
7	D	7.00 ***	
		1.00 ***	
4	D	4.00 ***	
		2.00 ***	
3	D	3.00 ***	
		3.00 ***	
f	c	14.00 ***	(CS ₄)
f	d	11.70 ***	(F ₁)
R/S		1.00 ***	(F ₂)
f	d	2.00 ***	(df ₁)
R/S		3.00 ***	(df ₂)
R/S		6.00 ***	(df ₃)
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
df ₁	→TSS _x ;...→	→F _x ;F _y ;...		P?
START	New i	x _{ij} →y _{ij} (Σ+)	x _{im} →y _{im} (Σ-)	→S _x ;S _y

ANALYSIS OF COVARIANCE (ONE WAY)				ST1-08A2
df ₂	→TSP;...	→TSS _y ;...	→AMS _y ;...	

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

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

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

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

$$WSSx = TSSx - ASSx$$

2. Anzahl der Freiheitsgrade

$$df_1 = k - 1$$

$$df_2 = \sum_i n_i - k$$

3. Durchschnittsquadrat und F-Größe

$$\text{AMS}_x = \frac{\text{ASS}_x}{df_1}$$

$$\text{WMS}_x = \frac{\text{WSS}_x}{df_2}$$

$$F_x = \frac{\text{AMS}_x}{\text{WMS}_x} \text{ mit den Freiheitsgraden } df_1, df_2.$$

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

4. Produktsummen

$$\text{TSP} = \sum_i \sum_j x_{ij} y_{ij} - \frac{(\sum_i \sum_j x_{ij})(\sum_i \sum_j y_{ij})}{\sum_i n_i}$$

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

$$\text{WSP} = \text{TSP} - \text{ASP}$$

5. Residualquadratsummen

$$\text{TSS}\hat{y} = \text{TSS}_y - \frac{(\text{TSP})^2}{\text{TSS}_x}$$

$$\text{WSS}\hat{y} = \text{WSS}_y - \frac{(\text{WSP})^2}{\text{WSS}_x}$$

$$\text{ASS}\hat{y} = \text{TSS}\hat{y} - \text{WSS}\hat{y}$$

6. Residual-Freiheitsgrade

$$df_3 = k - 1$$

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

7. Residual-Durchschnittsquadrat und F-Größe

$$\text{AMS}\hat{y} = \frac{\text{ASS}\hat{y}}{df_3}$$

$$\text{WMS}\hat{y} = \frac{\text{WSS}\hat{y}}{df_4}$$

$F = \frac{AMS_{\hat{y}}}{WMS_{\hat{y}}}$ mit den Freiheitsgraden df_3, df_4 .

Anocov-Tafel

	Freiheits- grade	SSx	SP	SSy	Freiheits- grade	Residualwerte SS \hat{y}	MS \hat{y}	F
Zwischen den Gruppen	df_1	ASSx	ASP	ASSy	df_3	ASS \hat{y}	AMS \hat{y}	F
Innerhalb der Gruppen	df_2	WSSx	WSP	WSSy	df_4	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 Programmkarte 1 einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	der Ergebnisse einschalten*		f e	1.00
4	Führen Sie die Zeilen 5 – 9 für $i = 1, 2, \dots, k$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
5	Vorbereitungsschritt für neues i		B <input type="text"/>	i
6	Führen Sie die Zeilen 7 – 8 für $j = 1, 2, \dots, n_i$		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
7	x_{ij} und y_{ij} eingeben	x_{ij}	<input type="text"/> <input type="text"/>	x_{ij}
		y_{ij}	C <input type="text"/>	j
8	Wenn Ihnen bei der Eingabe von x_{im} oder		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	y_{im} ein Fehler unterlaufen ist, korrigieren Sie		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	wie folgt:	x_{im}	<input type="text"/> <input type="text"/>	x_{im}
		y_{im}	D <input type="text"/>	$j = 1$
9	Berechnen Sie die i -ten Summen S_{xi}		E <input type="text"/>	S_{xi}
	S_{yi}		R/S <input type="text"/>	S_{yi}
10	Berechnen Sie die Summen: TSS_x		f a	TSS_x
	(zwischen den Gruppen) ASS_x		R/S <input type="text"/>	ASS_x
	(innerhalb der Gruppen) WSS_x		R/S <input type="text"/>	WSS_x
11	Berechnen Sie die Summen: TSS_y		f a	TSS_y
	(zwischen den Gruppen) ASS_y		R/S <input type="text"/>	ASS_y
	(innerhalb der Gruppen) WSS_y		R/S <input type="text"/>	WSS_y
12	Berechnen Sie: F_x		f b	F_x
	F_y		R/S <input type="text"/>	F_y
	Freiheitsgrade: df_1		R/S <input type="text"/>	df_1
	df_2		R/S <input type="text"/>	df_2
13	Lesen Sie Seite 1 der Programmkarte 2 ein		<input type="text"/> <input type="text"/>	
14	Berechnen Sie die Produktsummen: TSP		f c	TSP
	(zwischen den Gruppen) ASP		R/S <input type="text"/>	ASP
	(innerhalb der Gruppen) WSP		R/S <input type="text"/>	WSP
15	Berechnen Sie: $TSS\hat{y}$		f d	$TSS\hat{y}$
	$WSS\hat{y}$		R/S <input type="text"/>	$WSS\hat{y}$
	$ASS\hat{y}$		R/S <input type="text"/>	$ASS\hat{y}$

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

Beispiel:

i \ j		Zeile			
		1	2	3	4
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

($k = 3, n_1 = n_2 = n_3 = 4$)

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

Seite 1 und 2 der Programmkarte 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 ***	
1	ENTER↑	8	C	→	1.00 ***	
					8.00 ***	
					3.00 ***	
2	ENTER↑	11	C	→	2.00 ***	
					11.00 ***	
					4.00 ***	
E				→	8.00 ***	(S _{x1})
R/S				→	37.00 ***	(S _{y1})
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 ***	(S _{x2})
R/S				→	47.00 ***	(S _{y2})
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 ***	(S _{x3})
R/S				→	26.00 ***	(S _{y3})
f	a			→	17.00 ***	(TSS _x)
R/S				→	9.50 ***	(ASS _x)
R/S				→	7.50 ***	(WSS _x)
f	a			→	71.67 ***	(TSS _y)
R/S				→	55.17 ***	(ASS _y)

(Berichtigung)

R/S	→	16.50 ***	(WSSy)
f b	→	5.70 ***	(F _x)
R/S	→	15.05 ***	(F _y)
R/S	→	2.00 ***	(df ₁)
R/S	→	9.00 ***	(df ₂)

Seite 1 der Programmkarte 2 einlesen

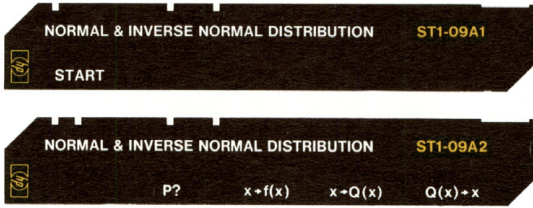
f c	→	27.00 ***	(TSP)
R/S	→	20.75 ***	(ASP)
R/S	→	6.25 ***	(WSP)
f d	→	28.78 ***	(TSSŷ)
R/S	→	11.29 ***	(WSSŷ)
R/S	→	17.49 ***	(ASSŷ)
f e	→	8.75 ***	(AMSŷ)
R/S	→	1.41 ***	(WMSŷ)
R/S	→	6.20 ***	(F)
R/S	→	2.00 ***	(df ₃)
R/S	→	8.00 ***	(df ₄)

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.

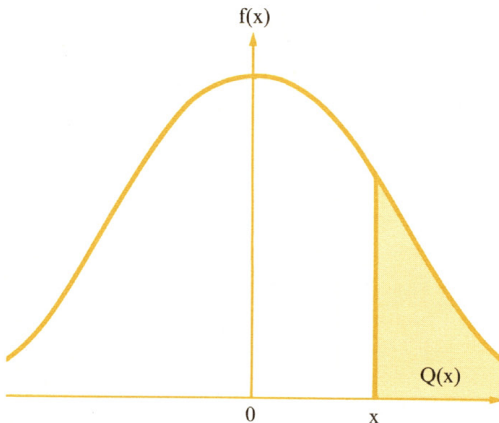
Verwendete Formeln:

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

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

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

$$b_1 = 0,31938153 \quad b_2 = -0,356563782$$

$$b_3 = 1,781477937 \quad b_4 = -1,821255978$$

$$b_5 = 1,330274429$$

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

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:

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

$$\text{wobei } |\epsilon(Q)| < 4.5 \times 10^{-4}$$

$$t = \begin{cases} \sqrt{\ln \frac{1}{Q^2}} & \text{falls } 0 < Q \leq 0.5 \\ \sqrt{\ln \frac{1}{(1-Q)^2}} & \text{falls } 0.5 < Q < 1 \end{cases}$$

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

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

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

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

Literatur:

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

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

Beispiel 1:

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

Lesen Sie Seite 1 und 2 der Programmkarte 1 ein.

Drücken Sie: **A**.

Lesen Sie Seite 1 und 2 der Programmkarte 2 ein.

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

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

Beispiel 2:

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

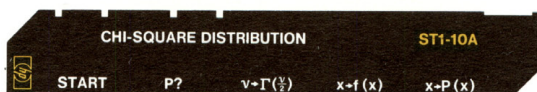
(Wenn Sie das erste Beispiel gerechnet haben, können Sie jetzt fortfahren; anderenfalls sind die Programmkarten, wie in Beispiel 1 beschrieben, einzulesen.)

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

0.12 E →	0.12 ***	
	1.18 ***	(x)
0.95 E →	0.95 ***	
	-1.65 ***	(x)

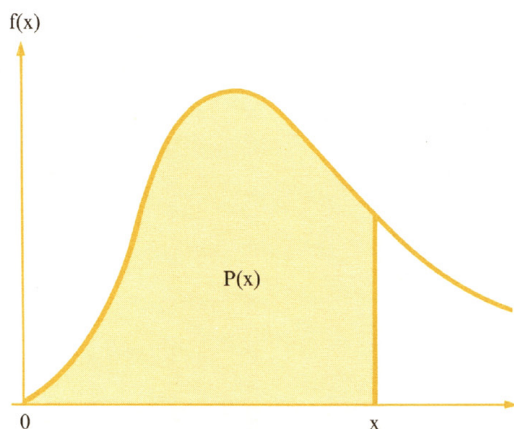
Chi-Quadrat-Verteilung



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 Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe der Ergebnisse einschalten*		B <input type="text"/>	1.00
4	Geben Sie die Anzahl der Freiheitsgrade ν ein	ν	C <input type="text"/>	$\Gamma(\nu/2)$
5	Geben Sie x ein und berechnen Sie $f(x)$	x	D <input type="text"/>	$f(x)$
6	Geben Sie x ein und berechnen Sie $P(x)$	x	E <input type="text"/>	$P(x)$
	(i) Gehen Sie für eine neue Rechnung mit gleichem ν nach Zeile 5 oder 6		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	(ii) Gehen Sie für eine neue Rechnung mit einem geänderten Wert für ν nach Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			<input type="text"/> <input type="text"/>	
	*Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder auszuschalten, drücken Sie		CLF <input type="text"/>	
			0 <input type="text"/>	

Beispiel 1:

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

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

A	→	0.00 ***	
B	→	1.00 ***	AUTO-Modus
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**Anzeige/Ausdruck**

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

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:

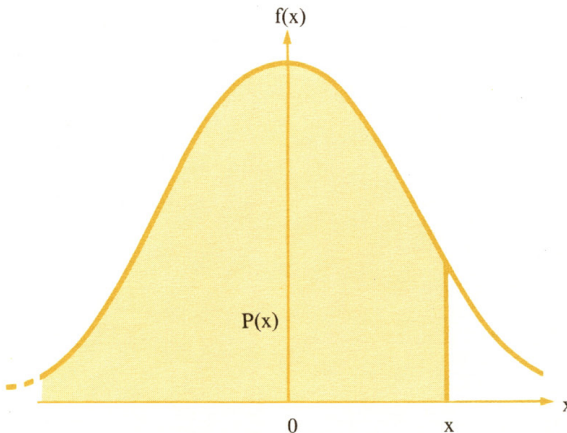
1. Dichtefunktion

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

2. Verteilungsfunktion

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

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



(a) ν geradzahlig:

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

(b) ν ungerade:

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

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

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 Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	der Ergebnisse einschalten *		B <input type="text"/>	1.00
4	Geben Sie die Anzahl der Freiheitsgrade ν		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	ein	ν	C <input type="text"/>	ν
5	Geben Sie x ein und berechnen Sie $f(x)$	x	D <input type="text"/>	$f(x)$
6	Geben Sie x ein und berechnen Sie $P(x)$	x	E <input type="text"/>	$P(x)$
	(i) Gehen Sie für eine neue Rechnung mit		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	der gleichen Anzahl von Freiheits-		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	graden ν nach Zeile 5 oder 6		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	(ii) Gehen Sie für eine neue Rechnung mit		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	einem neuen Wert für ν nach Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			<input type="text"/> <input type="text"/>	
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	auszuschalten, drücken Sie		CLF <input type="text"/>	
			0 <input type="text"/>	

Beispiel 1:

Berechnen Sie $f(x)$ und $P(x)$ für $x = -2,2$ und $\nu = 11$.

Drücken Sie

A	→	0.00 ***
B	→	1.00 ***
11 C	→	11.00 ***
2.2 E	→	2.20 ***
		0.97 ***
2.2 D	→	2.20 ***
		0.04 ***

Anzeige/Ausdruck

AUTO-Modus
(ν)
(x)
($P(2,2)$)
(x)
($f(2,2)$)

Beispiel 2:

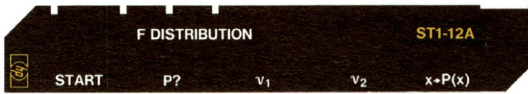
Berechnen Sie $f(x)$ und $P(x)$ für $x = -1,75$ und $v = 30$.

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

A →	0.00 ***	
B →	1.00 ***	AUTO-Modus
30 C →	30.00 ***	(v)
1.75 CHS D →	-1.75 ***	(x)
	0.09 ***	($f(-1,75)$)
1.75 CHS E →	-1.75 ***	(x)
	0.05 ***	($P(-1,75)$)

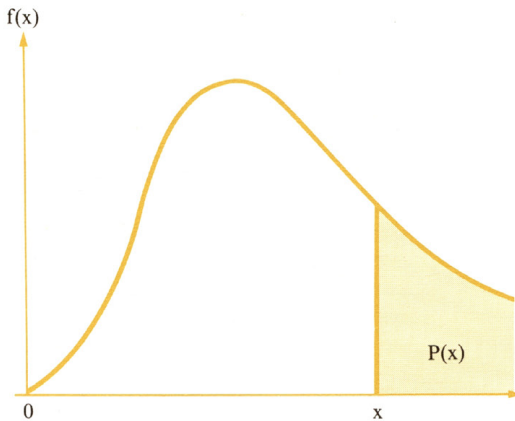
F-Verteilung



Dieses Programm berechnet das Integral der F-Verteilung

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

für gegebene Werte x ($x > 0$) und gegebene Anzahl der Freiheitsgrade ν_1 und ν_2 , wobei vorausgesetzt wird, daß entweder ν_1 oder ν_2 geradzahlig ist.



Das Integral wird über die folgende Reihenentwicklung berechnet:

1. ν_1 geradzahlig:

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

2. ν_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 ν_1 und die des Nenners mit ν_2 bezeichnet.

Nr.	Anweisung	Werte	Tasten	Anzeige
1	Seite 1 und 2 der Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	der Ergebnisse einschalten*		B <input type="text"/>	1.00
4	ν_1 eingeben	ν_1	C <input type="text"/>	ν_1
5	ν_2 eingeben	ν_2	D <input type="text"/>	ν_2
6	Geben Sie x ein und berechnen Sie P(x)	x	E <input type="text"/>	P(x)
7	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			<input type="text"/> <input type="text"/>	
	*Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	auszuschalten, drücken Sie		CLF <input type="text"/>	
			0 <input type="text"/>	

Beispiele:

1. $v_1 = 7, v_2 = 6$
 $P(4,21) = 0,05$
2. $v_1 = 4, v_2 = 20$
 $P(2,25) = 0,10$

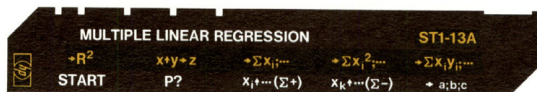
Drücken Sie

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



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:

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

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

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

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

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

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

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

Literatur:

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

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

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

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

A →

Anzeige/Ausdruck

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 ***

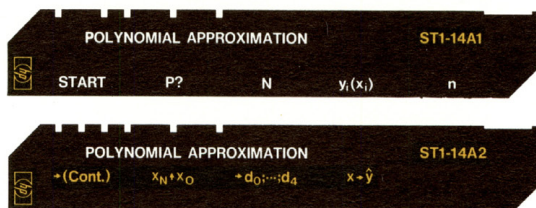
2.00 ***

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 ²)
DSP	9	PRINT	X			→	0.998411259 ***	
DSP	2							
2	ENTER	3	f	b		→	2.00 ***	
							3.00 ***	
							6.37 ***	(z)
f	c					→	6.55 ***	($\sum x_i$)
R/S						→	9.10 ***	($\sum y_i$)
R/S						→	19.60 ***	($\sum z_i$)
f	d					→	13.53 ***	($\sum x_i^2$)
R/S						→	28.59 ***	($\sum y_i^2$)
R/S						→	125.58 ***	($\sum z_i^2$)
f	e					→	17.57 ***	($\sum x_i y_i$)
R/S						→	38.65 ***	($\sum x_i z_i$)
R/S						→	59.53 ***	($\sum y_i z_i$)

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-Quadrate-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

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

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

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

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

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

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

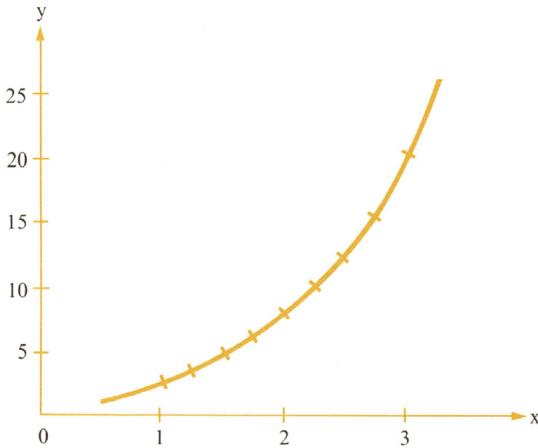
Lesen Sie Seite 1 und 2 der Programmkarte 1 ein

A	→	0.00 ***	
B	→	1.00 ***	
8 C	→	8.00 ***	(N)
2.72 D	→	2.72 ***	(x ₀)
		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 Programmkarte 2 ein


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

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



Notizen

t-Test

t STATISTICS					ST1-15A
	$x_i \text{ or } y_i (\Sigma +)$	$x_k \text{ or } y_k (\Sigma -)$	d	$+t_2; df_2$	
START	P?	$x_i + y_i (\Sigma +)$	$x_k + y_k (\Sigma -)$	$+D; sD; \dots$	

I. t-Test (gepaarte Stichproben)

Gegeben ist eine Menge von Beobachtungspaaren zweier normalverteilter Grundgesamtheiten mit den (unbekannten) Mittelwerten μ_1 und μ_2 .

x_i		x_1	x_2	\dots	x_n
y_i		y_1	y_2	\dots	y_n

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, $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ und $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ sind unabhängige Stichproben zweier normalverteilter Grundgesamtheiten mit den (unbekannten) Mittelwerten μ_1 und μ_2 und der gleichen unbekannten Varianz σ^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 Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe der Ergebnisse einschalten *		<input type="text"/> <input type="text"/>	1.00
4	Gehen Sie für gepaarte Stichproben nach Zeile 6		<input type="text"/> <input type="text"/>	
5	Gehen Sie für unabhängige Stichproben nach Zeile 11		<input type="text"/> <input type="text"/>	
6	Führen Sie die Zeilen 7–8 für $i = 1, 2, \dots, n$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
7	Geben Sie ein: x_i y_i	x_i y_i	<input type="text"/> <input type="text"/>	x_i i
8	Wenn Sie bei der Eingabe von x_k, y_k einen Fehler gemacht haben, korrigieren Sie wie folgt:	x_k y_k	<input type="text"/> <input type="text"/>	x_k $i-1$
9	Berechnen Sie: \bar{D} S_D Testvariable t Anzahl der Freiheitsgrade		<input type="text"/> <input type="text"/>	\bar{D} S_D t df
10	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
11	Führen Sie die Zeilen 12–13 für $i = 1, 2, \dots, n_1$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
12	Geben Sie x_i ein	x_i	f <input type="text"/> a	i
13	Wenn Ihnen bei der Eingabe von x_k ein Fehler unterlaufen ist, korrigieren Sie wie folgt:	x_k	<input type="text"/> <input type="text"/>	$i-1$
14	Geben Sie d ein	d	f <input type="text"/> c	d
15	Führen Sie die Zeilen 16–17 für $j = 1, 2, \dots, n_2$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
16	Geben Sie y_j ein	y_j	f <input type="text"/> a	j
17	Wenn Ihnen bei der Eingabe von y_k ein Fehler unterlaufen ist, korrigieren Sie wie folgt:	y_k	<input type="text"/> <input type="text"/>	$i-1$

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

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

17	ENTER+ 21.6 C	17.00 *** 21.60 *** 3.00 ***	
17.5	ENTER+ 20.9 C	17.50 *** 20.90 *** 4.00 ***	
15.4	ENTER+ 17.2 C	15.40 *** 17.20 *** 5.00 ***	
E		-3.20 ***	(\bar{D})
R/S		1.00 ***	(s_D)
R/S		-7.16 ***	(t_1)
R/S		4.00 ***	(df_1)

Beispiel 2:

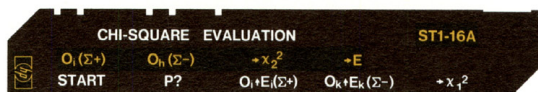
x: 79, 84, 108, 114, 120, 103, 122, 120
y: 91, 103, 90, 113, 108, 87, 100, 80, 99, 54
 $n_1 = 8$
 $n_2 = 10$

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

Chi-Quadrat-Test



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

$$\chi_1^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

wobei: O_i = beobachtete (absolute) Häufigkeit
 E_i = erwartete (theoretische) Häufigkeit

Die χ^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:

$$\chi_2^2 = \frac{n \sum O_i^2}{\sum O_i} - \sum O_i$$

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 Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	der Ergebnisse einschalten *		B <input type="text"/>	1.00
4	Gehen Sie für gleiche Erwartungswerte		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	nach Zeile 10		<input type="text"/> <input type="text"/>	
5	Führen Sie die Zeilen 6–7 für $i = 1, 2, \dots, n$		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
6	Geben Sie ein: O_i	O_i	\uparrow <input type="text"/>	O_i
	E_i	E_i	C <input type="text"/>	i
7	Wenn Sie bei der Eingabe von O_k bzw. E_k		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	einen Fehler gemacht haben, korrigieren Sie		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	wie folgt:	O_k	\uparrow <input type="text"/>	O_k
		E_k	D <input type="text"/>	$i - 1$
8	Berechnen Sie χ_1^2		E <input type="text"/>	χ_1^2
9	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
10	Führen Sie für gleiche Erwartungswerte die		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zeilen 11–12 für $i = 1, 2, \dots, n$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
11	Geben Sie O_i ein	O_i	f a <input type="text"/>	i
12	Wenn Ihnen bei der Eingabe von O_k ein		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Fehler unterlaufen ist, korrigieren Sie wie		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	folgt:	O_k	f b <input type="text"/>	$i - 1$
13	Berechnen Sie χ_2^2		f c <input type="text"/>	χ_2^2
	E		f d <input type="text"/>	E
14	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			<input type="text"/> <input type="text"/>	
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	auszuschalten, drücken Sie		CLF <input type="text"/>	
			0 <input type="text"/>	

Beispiel 1:

Berechnen Sie χ^2 als Maß für die Güte der Anpassung für folgende Daten:

O_i	8	50	47	56	5	14
E_i	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 ***	(Fehler)
		100.00 ***	
		6.00 ***	
100 ENTER 100 D	→	100.00 ***	(Berichtigung)
		100.00 ***	
		5.00 ***	
14 ENTER 9.15 C	→	14.00 ***	
		9.15 ***	
		6.00 ***	
E	→	4.84 ***	(χ^2)

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 χ^2 die Qualität des Würfels prüfen.

Augenzahl	1	2	3	4	5	6
Häufigkeit O_i	25	17	15	23	24	16

$$\chi^2 = 5,00$$

$$E = 20,00$$

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

A	→	0.00 ***	
B	→	1.00 ***	
25 f a	→	25.00 ***	AUTO-Modus
		1.00 ***	
17 f a	→	17.00 ***	
		2.00 ***	
19 f a	→	19.00 ***	(Fehler)
		3.00 ***	
19 f b	→	19.00 ***	(Berichtigung)
		2.00 ***	
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 ***	(χ^2_2)
f d	→	20.00 ***	(E)

Kontingenztafel (Unabhängigkeitstest)

CONTINGENCY TABLE					STI-17A
P?	3xk: $x_{11}, \dots, (C_1)$	$x_{11}, \dots, (\Sigma-)$	$+ \chi^2 \cdot C_c$	$+ R_{11} R_{21} \dots$	
START	2xk: $x_{11}, \dots, (C_1)$	$x_{11}, \dots, (\Sigma-)$	$+ \chi^2 \cdot C_c$	$+ R_{11} R_{21} T$	

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 χ^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
$$C_i = \sum_{j=1}^3 x_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, k$$

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

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

$$= T \left(\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^k \frac{x_{ij}^2}{R_i C_i} \right) - T$$

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

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 Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	der Ergebnisse einschalten*		f <input type="text"/> a <input type="text"/>	1.00
4	Gehen Sie für $2 \times k$ nach Zeile 5 oder für $3 \times k$ nach Zeile 11		<input type="text"/> <input type="text"/>	
5	Führen Sie die Zeilen 6–7 für $j = 1, 2, \dots, k$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
6	Geben Sie ein x_{1j}	x_{1j}	\uparrow <input type="text"/>	x_{1j}
	x_{2j}	x_{2j}	B <input type="text"/>	j
	Auf Wunsch: Berechnen Sie die Spaltensumme C_j		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			R/S <input type="text"/>	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 <input type="text"/>	x_{1k}
		x_{2k}	C <input type="text"/>	$i-1$
	Auf Wunsch: Berechnen Sie die Spaltensumme C_k (Berichtigung)		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			R/S <input type="text"/>	C_k
8	Berechnen Sie χ^2		D <input type="text"/>	χ^2
	C_c		R/S <input type="text"/>	C_c
9	Berechnen Sie Zeilensumme R_1		E <input type="text"/>	R_1
	R_2		R/S <input type="text"/>	R_2
	Gesamtsumme T		R/S <input type="text"/>	T
10	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
11	Führen Sie die Zeilen 12–13 für $j = 1, 2, \dots, k$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
12	Geben Sie ein x_{1j}	x_{1j}	\uparrow <input type="text"/>	x_{1j}
	x_{2j}	x_{2j}	\uparrow <input type="text"/>	x_{2j}
	x_{3j}	x_{3j}	f <input type="text"/> b <input type="text"/>	j
	Auf Wunsch: Berechnen Sie die Spaltensumme C_j		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			R/S <input type="text"/>	C_j

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

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**Anzeige/Ausdruck**

A → 0.00 ***
f **a** → 1.00 ***
80 **ENTER** 170 **B** → 80.00 ***
170.00 ***
1.00 ***

AUTO-Modus

120 **ENTER↑** 130 **B** → 120.00 ***
 130.00 ***
 2.00 ***
D → 13.33 *** (χ^2)

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

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 χ^2 und den Kontingenz-Koeffizienten C_c .

	1	2	3
A	2	5	4
B	3	8	7

Drücken Sie

Anzeige/Ausdruck

A → 0.00 ***
f **a** → 1.00 *** AUTO-Modus
 2 **ENTER↑** 3 **B** → 2.00 ***
 → 3.00 ***
R/S → 1.00 ***
 → 5.00 *** (C_1)
 5 **ENTER↑** 8 **B** → 5.00 ***
 → 8.00 ***
 → 2.00 ***
R/S → 13.00 *** (C_2)
 6 **ENTER↑** 9 **B** → 6.00 *** (Fehler)
 → 9.00 ***
 → 3.00 ***
R/S → 15.00 *** (C_3)
 6 **ENTER↑** 9 **C** → 6.00 *** (Berichtigung)
 → 9.00 ***
 → 2.00 ***
R/S → -15.00 *** ($-C_3$)
 4 **ENTER↑** 7 **B** → 4.00 ***
 → 7.00 ***
 → 3.00 ***
R/S → 11.00 *** (C_3)
D → 0.02 *** (χ^2)
R/S → 0.03 *** (C_c)
E → 11.00 *** (R_1)
R/S → 18.00 *** (R_2)
R/S → 29.00 *** (T)

Beispiel 3:

Gegeben sind die folgenden Daten; berechnen Sie χ^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 ₁)
67 ENTER 60 ENTER 87 f b →	67.00 ***	
	60.00 ***	
	87.00 ***	
	2.00 ***	
R/S →	214.00 ***	(C ₂)
4 ENTER 49 ENTER 80 f b →	4.00 ***	
	49.00 ***	(Fehler)
	80.00 ***	
	3.00 ***	
R/S →	133.00 ***	(C ₃)
4 ENTER 49 ENTER 80 f c →	4.00 ***	
	49.00 ***	(Berichtigung)
	80.00 ***	
	2.00 ***	
R/S →	-133.00 ***	(-C ₃)
49 ENTER 49 ENTER 80 f b →	49.00 ***	
	49.00 ***	
	80.00 ***	
	3.00 ***	
R/S →	178.00 ***	(C ₃)
58 ENTER 54 ENTER 68 f b →	58.00 ***	
	54.00 ***	
	68.00 ***	
	4.00 ***	
R/S →	180.00 ***	(C ₄)
f d →	3.36 ***	(χ^2)
R/S →	0.07 ***	(C _c)
f e →	210.00 ***	(R ₁)

R/S	→	194.00 ***	(R ₂)
R/S	→	293.00 ***	(R ₃)
R/S	→	697.00 ***	(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 Paares (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 Programmkarte einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Vorbereitungsschritt		A <input type="text"/>	0.00
3	AUTO-Modus für die automatische Ausgabe der Ergebnisse einschalten *		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			B <input type="text"/>	1.00
4	Führen Sie die Zeilen 5–6 für $i = 1, 2, \dots, n$ aus		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			<input type="text"/> <input type="text"/>	
5	Geben Sie ein: R_i	R_i	<input type="text"/> <input type="text"/>	R_i
	S_i	S_i	C <input type="text"/>	i
6	Wenn Sie bei der Eingabe von R_k oder S_k einen Fehler gemacht haben, korrigieren Sie wie folgt:		<input type="text"/> <input type="text"/>	
		R_k	<input type="text"/> <input type="text"/>	R_k
		S_k	D <input type="text"/>	$i - 1$
7	Berechnen Sie: r_s		E <input type="text"/>	r_s
	z		R/S <input type="text"/>	z
8	Gehen Sie für eine neue Rechnung nach Zeile 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			<input type="text"/> <input type="text"/>	
	* Anmerkung: Um den AUTO-Modus wieder auszuschalten, drücken Sie		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			CLF <input type="text"/>	
			0 <input type="text"/>	

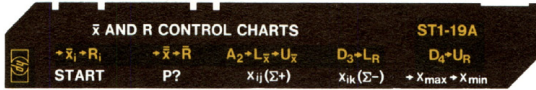
(Berichtigung)

5	ENTER↑	5	D	→	5.00 ***
					5.00 ***
					5.00 ***
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/S				→	2.85 **

(r_s)

(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 befassen 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 $\bar{\bar{x}}$ 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.

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

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

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

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

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

Beispiel:

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

	i \ j	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 ***	AUTO-Modus
B	→	1.00 ***	
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 ***	(Fehler)
		4.00 ***	
11.11 D	→	11.11 ***	(Berichtigung)
		3.00 ***	
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_1)
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 ***	

E	→	10.03 ***	($x_{2 \max}$)
E	→	10.00 ***	($x_{2 \min}$)
f a	→	10.01 ***	(\bar{x}_2)
f a	→	0.03 ***	(R_2)
10.02 c	→	10.02 ***	
		1.00 ***	
10.02 c	→	10.02 ***	
		2.00 ***	
10.04 c	→	10.04 ***	(Fehler)
		3.00 ***	
10.04 D	→	10.04 ***	(Berichtigung)
		2.00 ***	
10.02 c	→	10.02 ***	
		3.00 ***	
10.04 c	→	10.04 ***	
		4.00 ***	
10.01 c	→	10.01 ***	
		5.00 ***	
E	→	10.04 ***	($x_{3 \max}$)
E	→	10.01 ***	($x_{3 \min}$)
f a	→	10.02 ***	(\bar{x}_3)
f a	→	0.03 ***	(R_3)
f b	→	10.02 ***	(\bar{x})
f b	→	0.03 ***	(\bar{R})
0.58 f c	→	10.00 ***	($L_{\bar{x}}$)
f c	→	10.04 ***	($U_{\bar{x}}$)
0 f d	→	0.00 ***	(L_R)
2.11 f d	→	0.07 ***	(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

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

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

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

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

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

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

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

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:

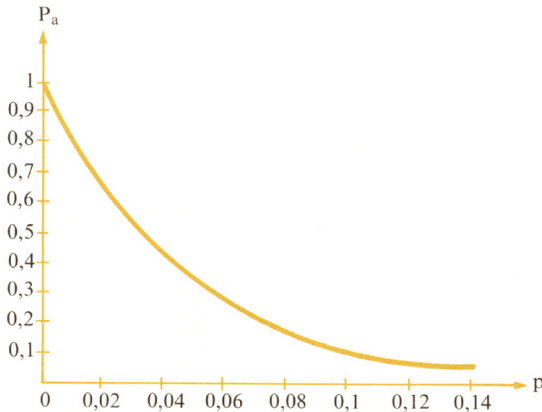
1. Dodge and Romig, *Sampling Inspection Tables*, John Wiley and Sons, 1959.
2. Grand and Leavenworth, *Statistical Quality Control*, McGraw-Hill, 1972.

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

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 ***	
200 C →	200.00 ***	AUTO-Modus (N) (n) (c)
20 ENTER 0 D →	20.00 ***	
	0.00 ***	
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 ***	

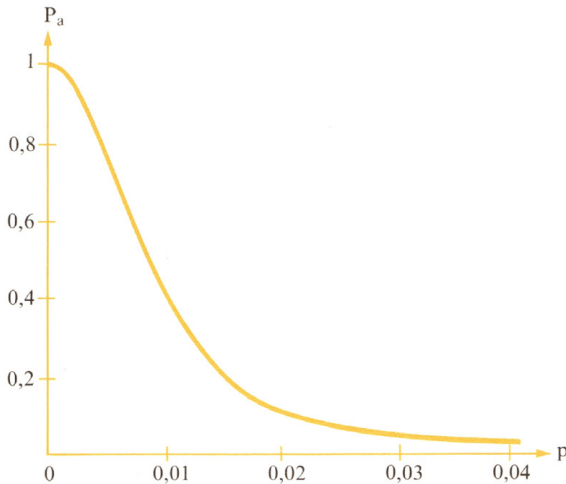


Beispiel 2:

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 ***	
B _____	→	1.00 ***	AUTO-Modus
200 ENTER 1 f d _____	→	200.00 ***	(n)
		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 ***	
		2.656338303-03 ***	



Warteschlangen (eine oder mehrere Abfertigungsstellen)

SINGLE- AND MULTI-SERVER QUEUES				ST1-21A
$m \geq n$	$s \geq a \geq 0$	$\rightarrow L \cdot T$	$\rightarrow L_q + T_q$	$\rightarrow F$
$\mu \cdot \lambda \cdot n \geq 0$	$\rightarrow P_0 \cdot P_b$	$\rightarrow L_q \cdot L$	$\rightarrow T_q \cdot T$	$t \rightarrow P(t)$

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. λ sei die (poissonverteilte) Ankunftsrate der Kunden und μ 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 , λ und μ bekannt sind.

Verwendete Formeln:

1. Intensität

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

(ρ 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. λ und μ 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 $Q_0 = 1$

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

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 ρ kann bei der Berechnung von Q_k (unter Marke **f** ☐) 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 9.99999999 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** ☐) läßt sich durch den Ausdruck $m/30$ Minuten abschätzen.
4. Angenommen, statt s und a sind die Abfertigungsrate μ jedes Bedienungsschalters und die Ankunftsrate λ 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 Queuing Tables*, John Wiley and Sons, 1958.

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

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 ρ , 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_0)
B						→	0.65 ***	(P_b)
C						→	2.59 ***	(L_q)
C						→	4.99 ***	(L)
D						→	2.16 ***	(T_q)
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 ρ , 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_q)
f	d				→	57.24 ***	(T_q)
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

001 *LBLA		057 STOR	
002 CLRG		058 PZS	
003 CF6	Vorbereitungsschritte	059 GSB9	
004 CF1		060 GSB8	
005 CF2		061 RTN	
006 PZS		062 *LBL5	
007 CLRG		063 SF1	Berichtigung von
008 PZS		064 GSB0	x_k, y_k, f_k
009 Z		065 CF1	
010 RTN		066 RTN	
011 *LBL3	Flag 0 für AUTO-	067 *LBL3	
012 SFO	Modus setzen	068 F10	
013 1		069 GT04	
014 RTN		070 Z+	
015 *LBL0	Berichtigung von	071 RTN	
016 F00	x_k, y_k	072 *LBL4	
017 GSB0		073 Z-	
018 SF1		074 RTN	
019 NZY		075 *LBL1	
020 Z-		076 Z	\bar{x}, \bar{y}
021 GSB9		077 GSB9	
022 GSB8		078 RZS	
023 CF1		079 NZY	
024 RTN		080 GSB9	
025 *LBL5	x_i, y_i eingeben	081 GSB8	
026 F00		082 RTN	
027 GSB0		083 *LBL6	
028 NZY		084 Z	
029 Z+		085 ST06	
030 GSB9		086 NZY	
031 GSB8		087 PZS	
032 RTN		088 ST06	
033 *LBL0	x_i, y_i, f_i eingeben	089 PZS	V_x, V_y
034 ST00		090 S	
035 F10		091 EEX	
036 CHS		092 Z	
037 ST+9		093 Z	
038 R4		094 NZY	
039 ST06		095 LSTN	
040 R4		096 Z	
041 ST06		097 NZY	
042 F1		098 RCL0	
043 F00		099 Z	
044 GSB0		100 GSB9	
045 R1		101 RZS	
046 ABS		102 NZY	
047 GSB9		103 PZS	
048 ST01		104 RCL0	
049 *LBL2		105 PZS	
050 RCL0		106 Z	
051 RCL4		107 GSB9	
052 GSB3		108 GSB8	
053 DSZ1		109 RTN	
054 GT00		110 *LBL0	
055 RCL9		111 S	
056 PZS		112 GSB9	

REGISTERS									
0 X	1	2	3	4	5	6	7	8	9 Σf_i
S0 \bar{y}	S1	S2	S3	S4 Σx_i	S5 Σx_i^2	S6 Σy_i	S7 Σy_i^2	S8 $\Sigma x_i y_i$	S9 n
A x_i	B y_i	C f_i	D	E	F	G	H	I	

113	R/S	s_x, s_y	169	GSB9	γ_{xy}			
114	X \div Y		170	RTN				
115	GSB9		171	*LBLd				
116	GSB8		172	S				
117	RTN		173	RCLE				
118	*LBLc		174	\div				
119	S		175	X				
120	*LBL1		176	1/X				
121	P \div S		177	GSB9				
122	RCL9		178	GSB8				
123	P \div S	s_x', s_y'	179	RTN	$\Sigma x_i, \Sigma y_i$			
124	ENT \uparrow		180	*LBLc				
125	X \div Y		181	RCL Σ				
126	1		182	GSB9				
127	-		183	R/S				
128	\div		184	X \div Y				
129	XN		185	GSB9				
130	\div		186	R/S				
131	GSB9		187	P \div S				
132	F \div 0		188	RCL8				
133	GSB8	s_{xy}, s_{xy}'	189	P \div S	$\Sigma x_i^2, \Sigma y_i^2$			
134	CF2		190	GSB9				
135	R/S		191	GSB8				
136	LSTN		192	RTN				
137	S		193	*LBLc				
138	X \div Y		194	P \div S				
139	SF2		195	RCL7				
140	GT01		196	RCL5				
141	RTN		197	P \div S				
142	*LBLd		198	GSB9		Druck/Anzeige x_i, y_i		
143	\div	s_{xy}, s_{xy}'	199	R/S				
144	X \div Y		200	X \div Y				
145	P \div S		201	GSB9				
146	ST00		202	GSB8				
147	RCL8		203	RTN				
148	RCL4		204	*LBL0				
149	RCL0		205	X \div Y				
150	\div		206	PRTX				
151	-		207	X \div Y				
152	RCL9		208	PRTX	Druck/Anzeige- Routine			
153	1	s_{xy}, s_{xy}'	209	RTN				
154	-		210	*LBL9				
155	\div		211	F0 \div				
156	P \div S		212	PRTX				
157	ST0E		213	RTN				
158	GSB9		214	*LBL8				
159	R/S		215	F0 \div				
160	P \div S		216	SPC				
161	RCL9		217	RTN				
162	P \div S	Unterprogramm für Leerzeile						
163	ENT \uparrow							
164	X \div Y							
165	1							
166	-							
167	\div							
168	\div							
LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A Start	B $x_i \uparrow y_i (\Sigma +)$	C $x_k \uparrow y_k (\Sigma -)$	D x_i, y_i, f_i	E x_k, y_k, f_k	0 Druck	FLAGS	TRIG	DISP
1 Druck	1 belegt	2 belegt	3 belegt	4 $\Sigma x_i, \dots$	1 $\Sigma -$	ON OFF	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
0 Anz. x_i, y_i	1	2	3	4 s_y'	2 s_y'	0 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
5	6	7	8 Leerzeile	9 Druck	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"/>		n <u>2</u>

Fakultät, Kombinationen ohne Wiederholung mit/ohne Berücksichtigung der Anordnung

001 *LBL4	Vorbereitungsschritte	057 LSTX	mP ₁ = m						
002 CLRG		058 X<Y?							
003 CF0		059 GSB6							
004 0		060 ST07							
005 RTN		061 1							
006 *LBL5		062 ST01							
007 SF0		063 +							
008 1		064 ST06							
009 RTN		065 CLN							
010 *LBLD		066 X=Y?							
011 X=Z		067 GT03							
012 GSB6		068 *LBL0							
013 X=Z		069 R4							
014 GSB6		070 1							
015 X>Y?		071 RCL1							
016 GT02		072 +							
017 ENT?		073 ST01							
018 0		074 X>Y?							
019 X=Y?		075 GT05							
020 GT03		076 RCL7							
021 CLN	077 X=Z								
022 1	078 +								
023 X=Y?	079 LSTX								
024 GT04	080 ÷								
025 -	081 RCL6								
026 ST01	082 x								
027 R4	083 ST06								
028 ST07	084 GT00								
029 *LBL1	085 *LBL4								
030 RCL7	086 R4								
031 1	087 R4								
032 -	088 GSB6								
033 ST07	089 GSB6								
034 x	090 RTN								
035 DSZ1	091 *LBL6								
036 ST01	092 ST06								
037 GSB6	093 X=Z								
038 GSB6	094 RTN								
039 RTN	095 *LBL5								
040 *LBL2	096 RCL6								
041 0	097 GSB6								
042 ÷	098 GSB6								
043 *LBL3	099 RTN								
044 ENT?	100 *LBL0								
045 1	101 GSB6								
046 GSB6	102 ST01								
047 GSB6	103 ST03								
048 RTN	104 6								
049 *LBL5	105 9								
050 X=Z	106 X=Z								
051 GSB6	107 X<Y?								
052 X=Z	108 GT09								
053 GSB6	109 X=Z								
054 X>Y?	110 -								
055 GT02	111 ST01								
056 -	112 LSTX								
REGISTERS									
0	1 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	F	G	H	I	m - 69

Momente, Schiefe und Steilheit (Kurtosis) **(für klassifizierte und nicht klassifizierte Daten)**

001 *LBL4	Vorbereitungsschritte	057 F10	Berichtigung von $y_h \cdot f_h$						
002 CLRG		058 CHS							
003 P2S		059 ST+1							
004 CLRG		060 X2Y							
005 P2S		061 X							
006 CF1		062 ST+2							
007 CF0		063 LSTN							
008 0		064 X							
009 RTN		065 ST+3							
010 *LBL6		066 LSTN							
011 SF0	Flag 0 für AUTO- Modus setzen	067 X	\bar{x}						
012 1		068 ST+4							
013 RTN		069 LSTN							
014 *LBL8		070 X							
015 ST06		071 ST+5							
016 GSB9		072 RCL0							
017 Z+		073 1							
018 *LBL1		074 F10							
019 P2S		075 CHS							
020 RCL4	x_j für nicht klassifizierte Daten eingeben	076 +							
021 RCL5		077 ST00							
022 RCL9		078 GSB9							
023 P2S		079 GSB8							
024 ST01		080 RTN							
025 R4		081 *LBL6							
026 ST03		082 SF1							
027 R4		083 GSB0							
028 ST02		084 CF1							
029 RCL4		085 RTN							
030 3	Berichtigung von x_k	086 *LBL4	m_2						
031 Y*		087 RCL2							
032 F10		088 RCL1							
033 CHS		089 +							
034 ST+4		090 ST06							
035 RCL4		091 GSB9							
036 4		092 GSB8							
037 X*		093 RTN							
038 F10		094 *LBL6							
039 CHS		095 RCL3							
040 ST+5	y_j, f_j für klassifizierte Daten eingeben	096 RCL1	m_3						
041 RCL1		097 +							
042 GSB9		098 RCL6							
043 GSB8		099 X2							
044 RTN		100 ST08							
045 *LBL0		101 -							
046 GSB9		102 ST07							
047 SF1		103 GSB9							
048 Z-		104 R/S							
049 GSB1		105 RCL4							
050 CF1	106 RCL3								
051 RTN	107 RCL6								
052 *LBL0	108 X								
053 X2Y	109 3								
054 PRTO	110 X								
055 X2Y	111 -								
056 GSB9	112 RCL1								
REGISTERS									
0	1 n od. Σf_j	2	3	4	5	6 \bar{x}, m_4	7 m_2	8 \bar{x}^2	9 m_3
S0	S1	S2	S3	S4 Σx_j	S5 Σx_j^2	S6 Σy_j	S7 Σy_j^2	S8 Σxy	S9 n
A x_j	B	C n	D	E	F	G	H	I	J

113	÷		169	F0°	Unterprogramm für Leerzeile
114	RCL6		170	SPC	
115	RCL8		171	RTN	
116	×				
117	2				
118	×				
119	+				
120	ST09				
121	GSB9				
122	R/S				
123	RCL5				
124	RCL6				
125	RCL4				
126	×	m ₄			
127	4				
128	×				
129	-				
130	RCL8				
131	RCL3				
132	×				
133	6				
134	×				
135	+				
136	RCL1				
137	÷				
138	RCL8				
139	Y ²				
140	3				
141	×				
142	-				
143	ST06				
144	GSB9				
145	GSB8				
146	RTN				
147	*LBLd				
148	RCL9	γ ₁			
149	RCL7				
150	!				
151	.				
152	5				
153	Y*				
154	÷				
155	GSB9				
156	R/S				
157	RCL6				
158	RCL7				
159	Y ²	γ ₂			
160	÷				
161	GSB9				
162	GSB8				
163	RTN				
164	*LBL9	Druck/Anzeige- Routine			
165	F0°				
166	PRTX				
167	RTN				
168	*LBL8				

LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A Start	B $x_i(\Sigma+)$	C $x_k(\Sigma-)$	D $y_i \uparrow f_i(\Sigma+)$	E $y_k \uparrow f_k(\Sigma-)$	0 Druck	FLAGS	TRIG	DISP
a Druck?	b $\rightarrow \bar{x}$	c $\rightarrow m_2, m_3, m_4$	d $\rightarrow \gamma_1; \gamma_2$	e	1 Korrektur	ON OFF		
0	1	2	3	4	2	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"/>
5	6	7	8 Leerzeile	9 Druck	3	3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		n—2

Erzeugung von Zufallszahlen

001 #LBL0	Eingabe von a, b, Sekundär-Register löschen	057 #LBL5	Generator für normal- verteilte Zufallszahlen n_i
002 P=S		058 #LBL0	z_i
003 CLR0		059 GSB7	$z_i + 1$
004 P=S		060 ST07	
005 GT00		061 GSB7	
006 #LBL0	Generator für gleichförmig verteilte Zufallszahlen u_i	062 2	
007 GSB7		063 x	
008 RCL0		064 1	
009 RCL0		065 -	V_2
010 -		066 ST02	
011		067 RCL7	
012 RCL0		068 2	
013 +	u_i	069 x	
014 #LBL2		070 1	
015 PPTM		071 -	V_1
016 ST09		072 ST01	
017 S+		073 +P	S
018 RCLA		074 x2	
019 +		075 1	$1 \geq S$
020 ST0A		076 x2Y0	Nächste Zufallszahlen
021 RCL9		077 GT05	
022 x2		078 P4	
023 RCL8		079 ENT+	
024 +		080 LN	
025 ST0B		081 2	
026 1		082 x	
027 RCL1		083 CHS	
028 +		084 x2Y	
029 ST01		085 +	$\sqrt{-2 \ln S/S}$
030 RCL9		086 JX	
031 RTN		087 ST08	
032 #LBL0	k eingeben	088 RCL1	n_i
033 ST00		089 GSB6	
034 GSB0		090 RTN	
035 RCL0		091 #LBL0	$n_i + 1$
036 #LBL3	Druck/Anzeige- und Leerzeilenroutine	092 RCL8	
037 PRM		093 RCL2	
038 SPC		094 #LBL6	
039 RTN		095 x	
040 #LBL8	Generator für gleichförmig verteilte Zufallszahlen d_i	096 RCL0	
041 GSB7		097 x	
042 RCL0		098 RCL0	
043 x		099 +	
044 INT		100 GT02	
045 1		101 #LBL4	μ eingeben
046 +		102 GT06	
047 GT02		103 #LBL0	
048 #LBL0	m, σ eingeben	104 GSB7	
049 ST00		105 LN	
050 x2Y		106 CHS	Generator für exponentialverteilte Zufallszahlen e_i
051 ST00		107 RCL0	
052 GSB0		108 x	
053 RCL0		109 GT02	
054 GSB4		110 #LBL0	
055 RCL0		111 SPC	\bar{x}
056 GT03		112 1	

REGISTERS									
0	1 V_1	2 V_2	3	4	5	6	7 z_i	8 $\sqrt{-2 \ln S/S}$	9 x_i
S0	S1	S2	S3	S4 Σx_i	S5 Σx_i^2	S6	S7	S8	S9 n
A belegt	B belegt	C b oder σ	D a od. k od. m od. μ	E FRC (997 u_i)	F	G	H	I Index n	

113	GSB4				
114	R/S				
115	S	s			
116	GSB4				
117	R/S				
118	P/S				
119	RCL9	n			
120	P/S				
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_0			
133	1				
134	6				
135	3	$rE = z_0$			
136	STOE				
137	0				
138	STOA				
139	STOB				
140	STOI				
141	SPC				
142	RTN				
143	*LBL7				
144	RCL5				
145	9				
146	9	Zufallszahlen-Generator			
147	7	$z_i + 1 = \text{FRC}(997z_i)$			
148	x				
149	FRC				
150	STOE				
151	RTN				

LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A $\rightarrow u_i$	B $\rightarrow d_i$	C $\rightarrow n_i$	D $\rightarrow e_i$	E $\rightarrow \bar{x}; s; n$	0	FLAGS	TRIG	DISP
a $\uparrow b \rightarrow$	b $k \rightarrow$	c $m \uparrow \sigma \rightarrow$	d $\mu \rightarrow$	e	1	ON OFF	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
0 $z_0 \rightarrow RE$	1	2	3 Druck Leerz.	4 Druck	2	0 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
5	6 $n_i, n_i + 1$	7 $\text{FRC}(997 \times z_i)$	8	9	3	1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
						2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		n <u>2</u>
						3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		

Histogramm

001 *LBL4	Vorbereitungsschritte	057 RCLD	x _i eingeben						
002 CLRG		058 XZY							
003 PZS		059 X=YO							
004 CLRG		060 GSB2							
005 PZS		061 RCLC							
006 CF0		062 -							
007 CF1		063 RCLA							
008 0		064 I·X							
009 RTN		065 X							
010 *LBLC		066 INT							
011 R4		067 1							
012 GSB8		068 XZY							
013 STOC		069 +							
014 F+		070 LSTX							
015 STOD		071 3							
016 GSB8		072 +							
017 GSB7		073 INT							
018 GSB7		074 1							
019 XZY		075 +							
020 -		076 STOI							
021 2		077 1							
022 4		078 -							
023 STOE		079 3							
024 +		080 0							
025 STOA	081 -								
026 RTN	082 GTOI								
027 *LBL5	083 *LBL9								
028 0	084 RCL9								
029 STOI	085 DSP8								
030 XZY	086 GSB8								
031 GSB8	087 GSB7								
032 -	088 DSP2								
033 SF1	089 CF1								
034 GSB8	090 R/S								
035 CF1	091 RTN								
036 RTN	092 *LBL1								
037 *LBLD	093 GSBd								
038 STOB	094 F10								
039 0	095 CHS								
040 STOI	096 ST+i								
041 R4	097 GTOS								
042 GSB8	098 *LBLd								
043 RCLC	099 3								
044 X>Y0	100 CHS								
045 GTOB	101 3								
046 R4	102 10*								
047 RCLD	103 RTN								
048 XZY	104 *LBL0								
049 X>Y0	105 SPC								
050 GTOB	106 0								
051 0	107 STOI								
052 XZY	108 RCLC								
053 -	109 STOB								
054 *LBLc	110 *LBL5								
055 STOS	111 ISZ1								
056 RCL0	112 2								
REGISTERS									
0 x _i	1 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 Σx _i	S5 Σx _i ²	S6 Σy _i	S7 Σy _i ²	S8 Σx _i y _i	S9 n
A (xmax-xmin)/24		B xmin		C xmin		D xmax		E 24	
Zähler 1-8									

x_i eingeben

xmin·xmax eingeben

Berichtigung

x_i eingeben

Auflisten

113	ST09		169	RCL9	
114	GSBe		170	-	
115	RCL i		171	x	
116	EEX		172	+	
117	3		173	PRTX	
118	x		174	ST08	
119	INT		175	RTN	
120	DSP0		176	*LBL8	Flag 0 für AUTO-Modus setzen
121	PRTX		177	SF0	
122	SPC		178	1	
123	DSP2		179	RTN	
124	1		180	*LBL6	
125	ST09		181	GSB7	Für n, x, s
126	GSBe		182	GSB7	
127	RCL i		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	Auflisten	193	GSB7	
138	SPC		194	RTN	
139	DSP2		195	*LBL8	Druck-/Anzeige-Routine
140	0		196	F0?	
141	ST09		197	PRTX	
142	GSBe		198	RTN	
143	RCL i		199	*LBL7	Unterprogramm für Leerzeile
144	EEX		200	F0?	
145	6		201	SPC	
146	x		202	RTN	
147	FRC		203	*LBL2	
148	EEX		204	RCLA	Korrektur für Eingaben = x _{max}
149	3		205	2	
150	x		206	÷	
151	INT		207	-	
152	DSP0		208	RTN	
153	PRTX				
154	SPC				
155	DSP2				
156	RCL I				
157	8				
158	X↔Y?				
159	ST05				
160	RTN				
161	*LBL8				
162	RCL8				
163	PRTX				
164	RCL0				
165	RCLA				
166	RCL1				
167	3				
168	x				

LABELS					FLAGS		SET STATUS			
A Start	B Druck	C x _{max} , x _{min}	D Eingabe	E Korrektur	0 Druck					
a Liste	d n; x; s	y	d 10x	e	1 Korrektur					
0 Fehler	1 Sortieren	2 Kor. f. x _{max}	3	4	2					
5 Liste	6	7 Leerzeile	8 Druck	9 Druckindex	3					

FLAGS		SET STATUS		
ON OFF				
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>

Einfache Varianzanalyse

001 *LBLA		057 RTN	
002 CLRG		058 *LBL9	Register für neues i löschen
003 P+S		059 P+S	
004 CLRG	Vorbereitungsschritte	060 CLRG	
005 P+S		061 P+S	
006 CF0		062 RTN	
007 CF1		063 *LBLD	Berichtigung
008 CF2		064 GSB3	
009 0		065 Z-	
010 RTN		066 GSB8	
011 *LBLC	xij eingeben	067 RTN	
012 F20		068 *LBLB	Flag 0 für AUTO-Modus setzen
013 GSB9		069 SF0	
014 GSB3		070 1	
015 Z+		071 RTN	
016 *LBL8		072 *LBL6	
017 P+S		073 RCL4	
018 RCL4		074 RCL7	
019 RCL5		075 XZ	
020 P+S		076 RCL6	TSS
021 ST08		077 ÷	
022 R4		078 ST08	
023 ST0A		079 -	
024 R4		080 ST00	TrSS
025 GSB3		081 GSB3	
026 GSB0		082 R/S	
027 RTN		083 RCL5	
028 *LBLB		084 RCL8	
029 1		085 -	
030 ST+9		086 ST01	
031 SF2		087 GSB3	
032 RCLA		088 R/S	
033 ST+7		089 RCL0	ESS
034 RCLB		090 RCL1	
035 ST+4		091 -	
036 P+S		092 ST02	
037 RCL9	\bar{x}_i	093 GSB3	
038 P+S		094 GSB0	
039 ST+6		095 RTN	
040 RCL4		096 *LBL0	Unterprogramm für Leerzeile
041 XZ		097 F0?	
042 P+S		098 SPC	
043 RCL9		099 RTN	
044 P+S		100 *LBL3	Druck-/Anzeige-Routine
045 ÷		101 F0?	
046 ST+5		102 PRTX	
047 X		103 RTN	
048 GSB3		104 *LBL6	
049 R/S		105 RCL9	
050 S	s_i	106 1	df_1
051 GSB3		107 -	
052 R/S		108 ST03	
053 RCLA		109 GSB3	
054 GSB3		110 R/S	
055 GSB0	Sum _i	111 RCL6	df_2
056 GSB0		112 RCL9	

REGISTERS								
0 TSS	1 TrSS	2 ESS	3 df_1	4 $\sum \sum x_{ij}^2$	5 $\sum (\sum x_{ij})^2 / n_i$	6 $\sum n_i$	7 $\sum \sum x_{ij}$	8 $\sum x_{ij}$
9 k								
S0	S1	S2	S3	S4 $\sum x_i$	S5 $\sum x_i^2$	S6 $\sum y_i$	S7 $\sum y_i^2$	S8 $\sum x_i y_i$
S9 n								
A $\sum x_{ij}, df_2$	B $\sum x_{ij}^2, F$	C	D	E	F	G	H	I

113	-				
114	STOA				
115	GSB3				
116	R/S				
117	RCLA				
118	RCL3				
119	+				
120	GSB3	df ₃			
121	GSB0				
122	RTN				
123	*LBLc				
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	STOB	F			
138	RTN				

LABELS					FLAGS	SET STATUS			
A Start	B Druck?	C x _{ij} (Σ+) →	D x _{im} (Σ-) →	E x̄, s _j , sum _i	0 Druck	FLAGS	TRIG	DISP	
^a TSS, ...	^b df ₁ , ...	^c TrMS, ...	^d	^e	¹ Korrektur	ON OFF 0 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>	
⁰ Leerzeile	¹	²	³ Druck	⁴	² Neue Daten	1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>	
⁵	⁶	⁷	⁸ Σx _j , Σx _j ²	⁹ Reg. löschen	³	2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>	n <u>2</u>

Doppelte Varianzanalyse

001 *LBLA		057 RCL6	
002 CLRG	Vorbereitungsschritte	058 x	
003 CF0		059 +	
004 0		060 ST07	
005 RTN		061 CHS	
006 *LBLC		062 RCL2	
007 X ² Y	r, c eingeben	063 +	
008 ST05		064 ST01	
009 GSB9		065 RCL3	
010 R4		066 RCL6	
011 ST06		067 +	
012 GSB9		068 RCL7	
013 GSB8		069 -	
014 RTN		070 ST02	
015 *LBLD		071 RCL4	
016 ST+7	x _{ij} eingeben	072 RCL5	
017 GSB9		073 +	
018 X ²		074 RCL7	
019 ST+2		075 -	
020 RCLA		076 ST03	
021 1		077 RCL2	
022 +		078 +	
023 ST04		079 CHS	
024 GSB9		080 RCL1	
025 RTN		081 +	
026 *LBLA		082 ST04	
027 RCL7		083 RCL5	
028 ST+1		084 1	
029 X ²	RS _j berechnen	085 -	
030 ST+2		086 ST05	
031 *LBLB		087 RCL6	
032 RCL7		088 1	
033 0		089 -	
034 ST06		090 ST06	
035 ST07		091 x	
036 X ² Y		092 ST07	
037 GSB9		093 +	
038 GSB8		094 ST08	
039 RTN		095 RCL2	
040 *LBLA		096 RCL5	
041 RCLA	Neues Starten für Spalte	097 +	
042 ST08		098 RCL8	
043 0		099 +	
044 ST02		100 GSB8	
045 ST06		101 GSB9	
046 GSB8		102 R4S	
047 RTN		103 RCL3	
048 *LBLC		104 RCL6	
049 RCL7	CS _i	105 +	
050 X ²		106 RCL8	
051 ST+4		107 +	
052 ST08		108 GSB9	
053 *LBLD	F ₁ , F ₂	109 GSB8	
054 RCL1		110 RTN	
055 X ²		111 *LBLA	
056 RCL5		112 RCL5	

REGISTERS									
0	1 $\sum \sum x_{ij}$, TSS	2 $\sum \sum x_{ij}^2$, RSS	3 belegt	4 belegt	5 r, r - 1	6 c, c - 1	7 belegt	8 belegt	9 0
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	i, j	B	r	C	D	E		F	

Einfache Kovarianzanalyse

Karte I

001 *LBLA			057 RCLA	
002 CLRG			058 +	
003 P+S	Vorbereitungsschritte		059 STOA	
004 CLRG			060 RCL5	
005 P+S			061 RCLB	
006 CF0			062 +	
007 0			063 STOB	
008 STOB			064 RCL6	
009 RTN			065 RCLC	
010 *LBLB			066 +	
011 P+S			067 STOC	
012 0	Für neues i		068 RCL7	
013 STOA			069 RCLD	
014 STOB			070 +	
015 STOB			071 STOD	
016 STOB			072 RCLB	
017 STOB			073 RCLC	
018 STOB			074 +	
019 P+S			075 STOE	
020 ISZ1			076 P+S	Σn_i
021 RCL1			077 RCL9	
022 GSB0			078 ST+0	
023 GSB1			079 P+S	
024 RTN			080 ST+0	
025 *LBL9			081 RCL4	$\Sigma \frac{(\Sigma x_{ij})^2}{n_i}$
026 R1			082 P+S	
027 PRTM	Unterprogramm =		083 GSB8	
028 R1	xij, yij drücken		084 P+S	
029 PRTM			085 RCL6	$\Sigma \frac{(\Sigma y_{ij})^2}{n_i}$
030 RTN			086 GSB8	
031 *LBL6			087 RCL4	
032 SF0	Flag 0 für AUTO-		088 RCL6	
033 1	Modus setzen		089 +	
034 STOB			090 RCL9	
035 RTN			091 +	
036 *LBLD			092 P+S	
037 F07	Berichtigung für Σ_{im}		093 ST+5	
038 GSB9	Σ_{im}		094 P+S	
039 X+Y			095 RCL6	
040 Z-			096 RCL4	
041 STOB			097 P+S	s_{xi}
042 GSB0			098 GSB0	
043 GSB1			099 R/S	
044 RTN			100 R1	
045 *LBLC			101 GSB0	
046 F07	Eingabe für xij, yij		102 GSB1	s_{yi}
047 GSB9			103 R/S	
048 X+Y			104 *LBL6	
049 S+			105 X2	
050 STOB			106 RCL9	
051 GSB0			107 +	
052 GSB1			108 ST+2	
053 RTN			109 RTN	
054 *LBLA			110 *LBLA	TSS_x
055 P+S			111 RCLB	
056 RCL4			112 RCLA	

REGISTERS								
0 Σn_i	1 TSS_x	2 belegt	3 WSS_x	4 TSP_i	5 belegt	6 WSP	7 WSS_y	8 1 oder 0
S0 Σn_i	S1 TSS_y	S2 belegt	S3 WSS_y	S4 Σx_{ij}	S5 Σx_{ij}^2	S6 Σy_{ij}	S7 Σy_{ij}^2	S8 $\Sigma x_{ij}y_{ij}$
A $\Sigma \Sigma x_{ij}$	B $\Sigma \Sigma x_{ij}^2$	C $\Sigma \Sigma y_{ij}$	D $\Sigma \Sigma y_{ij}^2$	E $\Sigma \Sigma x_{ij}y_{ij}$	F	G	H	I $i = 1, 2, \dots, k$
								J $n_i \neq j$

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

Normalverteilung und invertiertes Normalverteilungsintegral

Karte I

001: *LBLA		057	2						
002	.	058	CHS						
003	2	059	ST07						
004	3	060	.						
005	1	061	3						
006	6	062	1						
007	4	063	9						
008	1	064	3		b ₁				
009	9	065	8						
010	ST03	066	1						
011	1	067	5						
012	.	068	3						
013	3	069	ST08						
014	2	070	F25						
015	8	071	2						
016	2	072	.						
017	7	073	5						
018	4	074	1		c ₀				
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	2	082	8						
027	1	083	2		c ₁				
028	13	084	8						
029	5	085	5						
030	5	086	3						
031	9	087	ST02						
032	7	088	.						
033	8	089	8						
034	CHS	090	1		c ₂				
035	ST05	091	8						
036	1	092	3						
037	.	093	2						
038	7	094	8						
039	8	095	ST03		Konstanten für inverse Normalverteilung speichern				
040	1	096	1						
041	4	097	.						
042	7	098	4						
043	7	099	3						
044	9	100	2						
045	3	101	7		d ₁				
046	7	102	8						
047	ST06	103	8						
048	.	104	ST04						
049	3	105	.						
050	5	106	1						
051	6	107	8						
052	5	108	9		d ₂				
053	6	109	2						
054	3	110	6						
055	7	111	9						
056	8	112	ST05						
REGISTERS									
0	1	2	3 r	4 b ₅	5 b ₄	6 b ₃	7 b ₂	8 b ₁	9
S0	S1 c ₀	S2 c ₁	S3 c ₂	S4 d ₁	S5 d ₂	S6 d ₃	S7	S8	S9
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J

113	.				
114	0				
115	0				
116	1				
117	3				
118	0				
119	8				
120	ST06				
121	PSS				
122	0				
123	ST06				
124	ST08				
125	RTN				

d₃

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

Normalverteilung und invertiertes Normalverteilungsintegral

Karte II

001 *LBLB		057 x	
002 1		058 RCL3	
003 ST0A	Für Druck/Anzeige	059 x	
004 RTN	1 nach RA speichern	060 F00	
005 *LBLC		061 GSB9	
006 GSB9		062 F00	
007 ST01		063 GSB6	
008 ENT†		064 RTN	
009 x	x eingeben und f(x)	065 *LBL1	
010 2	berechnen	066 CF0	
011 +		067 RCL1	
012 CHS		068 CHS	
013 e*		069 ST01	
014 F1		070 GSB3	
015 2		071 1	
016 x		072 X=Y	
017 1		073 -	
018 +		074 ST09	
019 ST01		075 GSB9	
020 GSB9		076 GSB6	
021 GSB6		077 RCL9	
022 GSB3		078 RTN	
023 RCL2		079 *LBLB	
024 RTN		080 GSB9	
025 *LBLD		081 X<00	Q(x) eingeben und x
026 GSB9		082 GT00	berechnen
027 ST01		083 1	
028 GSB5		084 X≥Y0	
029 GSB0		085 GT00	
030 RCL1		086 R4	
031 X<00		087 .	
032 GT01	x eingeben und Q(x)	088 5	
033 SF0	berechnen	089 X=Y	
034 *LBLC		090 X<Y0	
035 1		091 GSB8	
036 RCL1		092 ENT†	
037 RCL3		093 x	
038 x		094 1/X	
039 +		095 LN	
040 1/X		096 1/X	
041 ENT†		097 F18	
042 ENT†		098 ST07	
043 ENT†		099 RCL3	
044 RCL4		100 x	
045 x		101 RCL2	
046 RCL5		102 +	
047 +		103 RCL7	
048 x		104 x	
049 RCL6		105 RCL1	
050 +		106 +	
051 x		107 RCL7	
052 RCL7		108 RCL6	
053 +		109 x	
054 x		110 RCL5	
055 RCL8		111 +	
056 +		112 RCL7	

REGISTERS									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	x	f(x)	r	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
	C ₀	C ₁	C ₂	d ₁	d ₂	d ₃	t		
A 1 für Druck 0 für kein Druck		B 1 für RA ¹ 0 für RA ⁰		C		D		E	

113	x			169	RTN		
114	RCL4			170	*LBL2		1 wieder nach R _A
115	+			171	1		speichern
116	RCL7			172	STOA		
117	x			173	RTN		
118	1						
119	+						
120	÷						
121	RCL7						
122	X←Y						
123	-						
124	P←S						
125	F10						
126	CHS						
127	GSB9						
128	GSB6						
129	CF1						
130	RTN						
131	*LBL8		Für (1 - Q)				
132	SF1						
133	1						
134	-						
135	CHS						
136	RTN						
137	*LBL9		Druck/Anzeige- Routine				
138	RCL4						
139	X>0?						
140	GSB7						
141	RJ						
142	RTN						
143	*LBL7						
144	RJ						
145	PRTX						
146	R↑						
147	RTN						
148	*LBL6		Unterprogramm für Leerzeile				
149	RCL4						
150	X>0?						
151	SPC						
152	RJ						
153	RTN						
154	*LBL5		R _A für die Berechnung von Q(x) löschen				
155	RCL4						
156	X>0?						
157	GSB4						
158	RJ						
159	RTN						
160	*LBL4						
161	STOB						
162	CLX						
163	STOA						
164	RTN						
165	*LBL3						
166	RCLB						
167	X>0?						
168	GSB2						

LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A	B Druck?	C $x \rightarrow f(x)$	D $x \rightarrow Q(x)$	E $Q(x) \rightarrow x$	0 x positiv	FLAGS	TRIG	DISP
a	b	c $Q(x)$	d	e	1 $Q(x) > 0,5$	ON OFF 0 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
0 Fehler	1 $x < 0$	2 $1 \rightarrow R_A$	3 $R_B?$	4 $0 \rightarrow R_A$	2	1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
5 $R_A \rightarrow R_B$	6 Leerzeile	7 Druck	8	9 Druck	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"/>		n <u>2</u>

Chi-Quadrat-Verteilung

001 #LBLA		057 Y*	
002 CLRC	Vorbereitungsschritte	058 RCL2	
003 CF0		059 2	
004 CF1		060 ÷	
005 0		061 CHS	
006 RTN	Flag 0 für AUTO-Modus setzen	062 e*	
007 #LBLB		063 x	
008 SF0		064 2	
009 1		065 RCL1	
010 RTN		066 Y*	
011 #LBLC		067 ÷	
012 GSB9	Veingegeben	068 RCL3	
013 1		069 ÷	
014 ST03	$P\left(\frac{v}{2}\right)$ berechnen	070 ST05	
015 X=Y		071 FI?	
016 2		072 GSB9	
017 ÷		073 FI?	
018 ST01		074 GSB8	
019 INT		075 CF1	
020 LSTX		076 RTN	
021 X*Y?		077 #LBLB	
022 GT01		078 GSB8	x eingeben, P(x) berechnen
023 1		079 RCL2	
024 -		080 RCL1	
025 N!		081 ÷	
026 GSB9		082 STx5	
027 GSB8		083 2	
028 ST03		084 RCL1	
029 R/S		085 x	
030 #LBL1		086 ST06	
031 .		087 1	
032 5		088 ST04	
033 X=Y?		089 #LBL3	
034 GT02		090 RCL2	
035 X=Y		091 RCL6	
036 1		092 2	
037 -		093 +	
038 STx3		094 ST06	
039 GT01		095 ÷	
040 #LBL2		096 RCL4	
041 P!		097 x	
042 JX		098 ST04	
043 RCL3		099 +	
044 x		100 X*Y?	
045 ST03		101 GT03	
046 GSB9		102 RCL5	
047 GSB8		103 x	
048 R/S		104 GSB9	
049 #LBLD		105 GSB8	
050 SF1		106 RTN	
051 #LBLB	x eingeben, f(x) berechnen	107 #LBL9	Druck-/Anzeige-Routine
052 GSB9		108 F0?	
053 ST02		109 PRTX	
054 RCL1		110 RTN	
055 1		111 #LBLB	
056 -		112 F0?	

REGISTERS									
0	1 v/2	2 x	3 1, $\Gamma(v/2)$	4 belegt	5 f(x)	6 belegt	7	8	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J

113	SPC	Unterprogramm für							
114	RTN	Leerzeile							

t-Verteilung

001 *LBLA		057 XZY		Vorbereitungsschritte																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
-----------	--	---------	--	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 $\Gamma\left(\frac{V}{2}\right)$ berechnen

R(x) berechnen

P(x) berechnen

Für v geradzahlig

113	ST04		169	Pi	
114	RCL0		170	÷	
115	2		171	RCL7	
116	X=Y?		172	+	
117	GT08		173	RCL4	
118	÷		174	GT06	
119	1		175	RTN	
120	-		176	*LBL9	
121	ST01		177	RCL7	
122	1		178	RCL4	
123	ST06		179	GT06	
124	*LBL3		180	RTN	
125	RCL3		181	*LBL8	
126	x		182	RCL4	
127	RCL5		183	RCL4	
128	1		184	GT06	
129	+		185	RTN	
130	x		186	*LBL6	
131	LSTX		187	X>0?	Für x ≤ 0
132	1		188	GT08	P(x) aus R(x) berechnen
133	+		189	X≠Y	
134	ST05		190	1	
135	÷		191	-	
136	ST+6		192	CHS	
137	DSZ1		193	2	
138	GT03		194	÷	
139	RCL6		195	GSB7	
140	RCL4		196	GSB5	
141	x		197	RTN	
142	F1?		198	*LBL0	P(x) für x > 0 berechnen
143	GT0e		199	X≠Y	
144	RCL4		200	1	
145	GT06		201	+	
146	*LBLe		202	2	
147	RTN		203	÷	
148	*LBL4		204	GSB7	
149	RCL2		205	GSB5	
150	2		206	RTN	
151	x		207	*LBL7	Druck-/Anzeige- Routine
152	Pi		208	F0?	
153	÷		209	PRTX	
154	ST07		210	RTN	
155	RCL0		211	*LBL5	
156	1		212	F0?	
157	ST05		213	SPC	Unterprogramm für Leerzeile
158	ST-0		214	RTN	
159	X=Y?				
160	GT09				
161	SF1				
162	GSB6				
163	CF1				
164	RCL2				
165	COS				
166	x				
167	2				
168	x				

LABELS					SET STATUS			
A Start	B Druck	C V→	D x → f(x)	E x → f(x)	0 Druck	FLAGS	TRIG	DISP
^a V/2 g'zahlig	^d vgerade	c	d	e	¹ v ungerade	ON OFF		
⁰ P(x), x > 0	¹ V/2 n. g'zahl	² √πx	³ vgerade	⁴ vungerade	²	0 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
⁵ Leerzeile	⁶ P(x), x ≤ 0	⁷ Druck	⁸ f. Vgerade	⁹ f. Vungerade	³	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 für
						3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		n <u>2</u>

113	X=Y			
114	-			
115	GSB9			
116	GSB8			
117	R/S			
118	*LBL9	Druck/Anzeige- Routine		
119	F00			
120	PRTX			
121	RTN			
122	*LBL8	Unterprogramm für Leerzeile		
123	F00			
124	SPC			
125	RTN			

LABELS					FLAGS	SET STATUS			
A Start	B Druck?	C $V_1 \rightarrow$	D $V_2 \rightarrow$	E $x \rightarrow P(x)$	0 Druck	FLAGS		TRIG	DISP
a	b	c	d V_1 gerade	e V_1 ungerade	1 V_1 gerade	ON	OFF		
0	1	2 Ausgabe	3 für P(x)	4	2	0	<input type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
						1	<input type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
						2	<input type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>	ENG <input type="checkbox"/>
s für P(x)	6	7	8 Leerzeile	9 Druck	3	3	<input checked="" type="checkbox"/>		n <u>2</u>

Multiple lineare Regression

001 #LBLA		057 X²	
002 CLRG	Vorbereitungsschritte	058 GSB2	
003 CF0		059 ST+1	
004 CF1		060 RTN	
005 0		061 #LBLB	
006 RTN		062 RCL0	
007 #LBLC		063 RCL4	
008 STOC		064 X	
009 R4		065 RCL7	
010 STOB		066 X²	
011 R4		067 -	
012 STOA		068 STOD	
013 GSB7		069 RCL0	
014 7		070 RCL3	
015 STOI		071 X	
016 R4	x_i, y_i, z_i eingeben	072 RCL8	
017 GSB1		073 RCL9	
018 8		074 X	
019 STOI		075 -	
020 RCLB	$\Sigma x_i, \Sigma y_i, \Sigma z_i, \Sigma x_i^2,$	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	a, b, c berechnen
024 STOI		080 X	
025 RCLC		081 RCL7	
026 GSB9		082 RCL8	
027 GSB1		083 X	
028 RCLA		084 -	
029 RCLB		085 STOA	
030 X		086 RCL0	
031 GSB2		087 RCL2	
032 ST+1		088 X	
033 RCLA		089 RCL7	
034 RCLC		090 RCL9	
035 X		091 X	
036 GSB2		092 -	
037 ST+2		093 STOB	
038 RCLB		094 X	
039 RCLC		095 RCLC	
040 X		096 X²Y	
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 X²	
048 RTN		104 -	
049 #LBL1		105 X	
050 GSB2		106 RCLA	
051 ST+1	Unterprogramm für $\Sigma x_i, \Sigma x_i^2, \dots$	107 X²	
052 RCL1		108 -	
053 3		109 ÷	
054 -		110 STOC	
055 STOI		111 RCLB	
056 R4		112 RCLA	

REGISTERS									
0 n	1 $\Sigma x_i y_i$	2 $\Sigma x_i z_i$	3 $\Sigma y_i z_i$	4 Σx_i^2	5 Σy_i^2	6 Σz_i^2	7 $\Sigma z_i x_i$	8 Σy_i	9 Σz_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 $[n \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2]$	E $n \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_{ij})^2$					

001 *LBL4		Vorbereitungsschritte		057 ST+6			
002 CLF6				058 GT08			
003 CF0				059 *LBL6			
004 CF1				060 RCL8			
005 0				061 ENT+			
006 RTN				062 +			
007 *LBL0		N eingeben		063 1			$f_n(i), f(x_i)$ berechnen
008 F0^				064 +			
009 PRTX				065 x			
010 ST07				066 RCL7			
011 F0^				067 RCL6			
012 SPC				068 -			
013 RTN				069 x			
014 *LBL0		y_i eingeben		070 X=Y			
015 F1^				071 RCL7			
016 GT07				072 RCL8			
017 SF1				073 +			
018 F0^				074 1			
019 PRTX				075 +			
020 ST01				076 x			
021 ST02				077 RCL8			
022 ST03				078 x			
023 ST04				079 -			
024 ST05				080 RCL7			
025 2				081 RCL8			
026 ST06				082 -			
027 *LBL0				083 ÷			
028 1				084 RCL8			
029 ST08				085 1			
030 RCL6				086 +			
031 2				087 ST08			
032 ÷				088 ÷			
033 F0^				089 RCL9			
034 PRTX				090 X=Y			
035 F0^				091 ST09			
036 SPC				092 RTN			
037 R S				093 *LBL6			Grad des Polynoms eingeben
038 *LBL7				094 F0^			
039 F0^				095 PRTX			
040 PRTX				096 ENT+			
041 ST+1				097 2			
042 1				098 X=Y^			
043 RCL6				099 GT02			
044 RCL7				100 CLX			
045 ÷				101 3			
046 -				102 X=Y^			
047 x				103 GT03			
048 ST+2				104 CLX			
049 ST09				105 4			
050 GSB6				106 X=Y^			
051 ST+3				107 GT04			
052 GSB6				108 CLX			
053 ST+4				109 0			
054 GSB6				110 ÷			
055 ST+5				111 *LBL2			
056 2				112 CLX			

REGISTERS									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	(f, f ₀), a ₀	(f, f ₁), a ₁	(f, f ₂), a ₂	(f, f ₃), a ₃	(f, f ₄), a ₄	2j	N	n	f _n (i) f(x _i)
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1 für Druck/Anz.									

113	ST04			169	X≠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	*LBLd	(f, f _i)	
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	RCL8		
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†		
144	ST08			200	x		
145	R4			201	÷		
146	2			202	RTN		
147	+			203	*LBLB		
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						

LABESL				FLAGS		SET STATUS		
A Start	B Druck?	C N →	D y _i →	E n →	F Druck	FLAGS	TRIG	DISP
a	b	c	d	e (f _n , f _n)	1 y _i , i > 1	ON OFF	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
0 Druck i	1	2	3	4 (f, f ₄)	2	1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
5	6	7 i > 1	8	9 f _n (i) f(x _i)	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"/>		n <u>2</u>

Flag 0 für AUTO-
Modus setzen

Approximation von Funktionen durch Polynome

Karte II

001 *LBL6 002 R↑ 003 R↑ 004 3 005 + 006 ENT↑ 007 ENT↑ 008 5 009 - 010 ÷ 011 2 012 × 013 3 014 ÷ 015 RCL7 016 + 017 ST07 018 RCL4 019 × 020 ST-2 021 LSTX 022 RCL9 023 × 024 ST04 025 R↑ 026 R↑ 027 4 028 + 029 ENT↑ 030 ENT↑ 031 7 032 - 033 ÷ 034 3 035 × 036 4 037 ÷ 038 RCL6 039 XZ1 040 × 041 ST06 042 LSTX 043 RCL8 044 × 045 ST08 046 R↑ 047 ENT↑ 048 ENT↑ 049 ENT↑ 050 3 051 - 052 ÷ 053 7 054 × 055 4 056 ÷	Fortsetzung	057 RCL7 058 XZ1 059 × 060 ST+8 061 LSTX 062 RCL9 063 × 064 RCL5 065 × 066 ST05 067 LSTX 068 ST×8 069 RCL6 070 × 071 ST+1 072 RCL8 073 ST-3 074 *LBL6 075 RCL4 076 XZ0 077 SF0 078 1 079 R/S 080 *LBL6 081 XZ1 082 GSB9 083 XZ1 084 GSB8 085 - 086 ST08 087 LSTX 088 2 089 × 090 + 091 RCL8 092 ÷ 093 ST06 094 2 095 RCL8 096 + 097 ST08 098 RCL1 099 RCL6 100 RCL2 101 × 102 + 103 RCL6 104 ENT↑ 105 × 106 RCL3 107 × 108 + 109 ST01 110 RCL2 111 RCL6 112 RCL3	XN, X0 eingeben					
REGISTERS								
0	1 b ₀ , c ₀ , d ₀	2 b ₁ , c ₁ , d ₁	3 b ₂ , c ₂ , d ₂	4 b ₃ , c ₃ , d ₃	5 b ₄ , c ₄ , d ₄	6 .β	7 .α	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
A	B	C	D	E	I			
I für Druck/Anz.								

t-Test

001 *LBLA		057 ST-2	
002 CF0		058 X²	
003 0	Vorbereitungsschritte	059 ST-3	
004 ST01		060 RCL1	
005 ST02		061 1	
006 ST03		062 -	
007 RTN		063 ST01	
008 *LBLC		064 GSB0	
009 F0°	x_i, y_j für gepaarte Stichproben eingeben	065 RTN	
010 GSB9		066 *LBLB	Flag 0 für AUTO-Modus setzen
011 -		067 SF0	
012 ST+2		068 1	
013 X²		069 RTN	
014 ST+3		070 *LBL9	x_i, y_j ausgeben
015 RCL1		071 XZY	
016 1		072 SPC	
017 +		073 PRTX	
018 ST01		074 XZY	
019 GSB0		075 PRTX	
020 RTN		076 RTN	
021 *LBLD		077 *LBLA	x_i oder y_j eingeben (unabhängige Stichproben)
022 RCL2	D, SD, t_1 , df_1	078 GSB0	
023 RCL1		079 ST+2	
024 +		080 X²	
025 GSB1		081 ST+3	
026 GSB0		082 RCL1	
027 R S		083 1	
028 RCL3		084 +	
029 RCL2		085 ST01	
030 X²		086 GSB0	
031 RCL1		087 GSB1	
032 +		088 RTN	
033 -		089 *LBLC	
034 RCL1		090 ST07	d eingeben
035 1		091 RCL1	
036 -		092 ST04	
037 +		093 RCL2	
038 JX		094 ST05	
039 GSB0		095 RCL3	
040 R S		096 ST06	
041 RCL1		097 0	
042 JX		098 ST01	
043 +		099 ST02	
044 +		100 ST03	
045 GSB0		101 RCL7	
046 R S		102 GSB0	
047 RCL1		103 GSB1	
048 1		104 RTN	
049 -		105 *LBLD	
050 GSB0		106 RCL6	
051 GSB1		107 RCL5	
052 RTN		108 X²	
053 *LBLD		109 RCL4	
054 F0°	Berichtigung von x_k, y_k	110 +	
055 GSB9		111 -	
056 -		112 RCL3	
REGISTERS			
0 belegt	1 n, n_1, n_2	2 belegt	3 belegt
4 n_1	5 Σx_i	6 Σx_i^2	7 d
8 $n_1 + n_2 - 2$	9		
S0	S1	S2	S3
S4	S5	S6	S7
S8	S9		
A	B	C	D
E	F	G	H

113	+			169	*LBL1		
114	RCL2			170	F0°		
115	X²			171	SPC		Unterprogramm für
116	RCL1			172	RTN		Leerzeile
117	÷						
118	-						
119	RCL1						
120	RCL4						
121	+						
122	2	t_2, df_2					
123	-						
124	ST08						
125	÷						
126	IX						
127	1						
128	RCL1						
129	÷						
130	1						
131	RCL4						
132	÷						
133	+						
134	IX						
135	X						
136	RCL5						
137	RCL4						
138	÷						
139	RCL2						
140	RCL1						
141	÷						
142	-						
143	RCL7						
144	-						
145	X=Y						
146	÷						
147	GSB0						
148	R/S						
149	RCL8						
150	GSB0						
151	GSB1						
152	RTN						
153	*LBL6						
154	GSB0						
155	ST-2	Berichtigung von					
156	X²	x_k oder y_h					
157	ST-3						
158	RCL1						
159	1						
160	-						
161	ST01						
162	GSB0						
163	GSB1						
164	RTN						
165	*LBL0	Druck/Anzeige-					
166	F0°	Routine					
167	PRTX						
168	RTN						

LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A Start	B Druck	C $x_i \uparrow y_i$	D $x_k \uparrow y_k \rightarrow$	E $\rightarrow \bar{D}, Sp...$	F Druck	FLAGS	TRIG	DISP
a x_i oder y_i	b x_k oder y_k	c $d \rightarrow$	d $t_2; df_2$	e	1	ON OFF		
0 Druck	1 Leerzeile	2	3	4	2	0 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
5	6	7	8	9 x_i, y_i ausgeb.	3	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>

Chi-Quadrat-Test

001 *LBLA	Vorbereitungsschritte	057 RCL3							
002 CF0		058 =							
003 CF1		059 ST-2							
004 0		060 RCL1							
005 ST01		061 1							
006 ST02		062 -							
007 ST03		063 ST01							
008 RTN		064 GSB8							
009 *LBLC		065 RTN							
010 F00		066 *LBLA	Für gleiche erwartete Häufigkeiten						
011 GSB9		067 GSB8							
012 ST03	$\Sigma +$	068 ST+2							
013 -		069 X2							
014 X2		070 ST+3							
015 RCL3		071 RCL1							
016 =		072 1							
017 ST+2		073 +							
018 RCL1		074 ST01							
019 1		075 GSB8							
020 +		076 GSB7							
021 ST01		077 SF1							
022 GSB8		078 RTN							
023 RTN		079 *LBLA	Berichtigung von O_j						
024 *LBLE		080 GSB8							
025 F10		081 ST-2							
026 ST01		082 X2							
027 RCL2	Z_1^2	083 ST-3							
028 GSB7		084 RCL1							
029 GSB8		085 1							
030 GSB7		086 -							
031 RTN		087 ST01							
032 *LBL1		088 GSB8							
033 1		089 GSB7							
034 RCL1		090 RTN							
035 RCL3	Z_2^2	091 *LBLE	Flag 0 für AUTO-Modus setzen						
036 X		092 SF0							
037 RCL2		093 1							
038 +		094 RTN							
039 RCL2		095 *LBL9	O_j, E_j ausgeben						
040 -		096 SPC							
041 GSB7		097 XZY							
042 GSB8		098 PRTX							
043 RTN		099 XZY							
044 *LBLA		100 PRTX							
045 RCL2		101 RTN							
046 RCL1	E	102 *LBLA	Flag 1 für gleiche erhoffte Frequenzen						
047 +		103 SF1							
048 GSB8		104 ST01							
049 GSB7		105 RTN							
050 RTN		106 *LBL8	Druck-/Anzeige-Routine						
051 *LBLD	Berichtigung von O_j, E_j	107 F00							
052 F00		108 PRTX							
053 GSB9		109 RTN							
054 ST03		110 *LBL7	Unterprogramm für Leerzeile						
055 -		111 F00							
056 X2		112 SPC							
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	F	G	H	I	J

112 RTN									
LABELS					FLAGS	SET STATUS			
A Start	B Druck	C $O_i \uparrow E_i \rightarrow$	D $O_k \uparrow E_k$	E Z_1^2	0 Druck	FLAGS		TRIG	DISP
a $O_j(\Sigma+)$	b $O_h(\Sigma-)$	c Z_2^2	d E	e	1 gleich E_i	ON OFF			
0	1 Z_2^2	2	3	4	2	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"/>	
5	6	7 Leerzeile	8 Druck	9 Druck	3	3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		n <u>2</u>	

Kontingenztafel (Unabhängigkeitstest)

001 *LBLA	Vorbereitungsschritte	057 *LBLA	Flag 0 für AUTO-Modus setzen x_{ij} , x_{2j} ausgeben
002 CLRG		058 SF0	
003 CF0	x_{ij} , x_{2j} für $2 \times k$ eingeben	059 1	$3 \times k$
004 CF1		060 RTN	
005 0	$2 \times k \chi^2$	061 *LBL9	Eingabe von x_{ij} , x_{2j} für $3 \times k$ und $2 \times k$
006 RTN		062 X \neq Y	
007 *LBLB	$2 \times k C_c$	063 PRTX	
008 F00		064 X \neq Y	
009 GSB9	$2 \times k R_1, R_2, T$	065 PRTX	
010 0		066 RTN	
011 ST07	$2 \times k$ Berichtigung	067 *LBL6	
012 R4		068 F00	
013 GSB0	$2 \times k$	069 GSB8	x_{ij} , x_{2j} , x_{3j} eingeben
014 RTN		070 ST0C	
015 *LBLD	$2 \times k$	071 F10	
016 RCL0		072 CHS	
017 RCL4	$2 \times k$	073 ST+3	
018 X		074 ST00	
019 RCL1	$2 \times k$	075 ST07	
020 =		076 ENT1	
021 RCL0	$2 \times k$	077 X	
022 RCL5		078 ST08	
023 RCL2	$2 \times k$	079 R4	
024 +		080 *LBL0	
025 X	$2 \times k$	081 ST0B	
026 +		082 F10	
027 RCL0	$2 \times k$	083 CHS	
028 -		084 ST+2	
029 ST0C	$2 \times k$	085 ST+0	
030 GSB7		086 ST+7	
031 F/S	$2 \times k$	087 ENT1	
032 RCL0		088 X	
033 RCL0	$2 \times k$	089 ST09	
034 RCL0		090 R4	
035 +	$2 \times k$	091 ST0A	
036 =		092 F10	
037 IN	$2 \times k$	093 CHS	
038 GSB7		094 ST+1	
039 GSB6	$2 \times k$	095 ST+0	
040 RTN		096 ST+7	
041 *LBLC	$2 \times k$	097 ENT1	
042 RCL1		098 X	
043 GSB7	$2 \times k$	099 RCL7	
044 R/S		100 =	
045 RCL2	$2 \times k$	101 ST+4	
046 GSB7		102 RCL9	
047 R/S	$2 \times k$	103 RCL7	
048 +		104 =	
049 GSB7	$2 \times k$	105 ST+5	
050 GSB6		106 RCL8	
051 RTN	$2 \times k$	107 RCL7	
052 *LBL0		108 =	
053 SF1	$2 \times k$	109 ST+6	
054 GSB0		110 1	
055 CF1	$2 \times k$	111 F10	
056 RTN		112 CHS	

REGISTERS									
0 T	1 R ₁	2 R ₂	3 R ₃	4 $\Sigma^2 x_{2j}/C_j$	5 $\Sigma^2 x_{2j}/C_j$	6 $\Sigma^2 x_{3j}/C_j$	7 C _j	8 x_{3j}^2	9 x_{2j}^2
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A x_{1j}	B x_{2j}	C x_{3j}	D χ^2	E k	F	G	H	I	J

113	RCL E			169	RCL 0		
114	+			170	GSB 7		
115	STOE			171	RTN		
116	GSB 7			172	*LBL 6		3 × k Berichtigung
117	GSB 6			173	SF 1		
118	CF 1			174	GSB 6		
119	R/S			175	CF 1		
120	RCL 7			176	RTN		
121	GSB 7			177	*LBL 6		x _{1j} , x _{2j} , x _{3j} ausgeben
122	GSB 6			178	R 4		
123	RTN			179	R 4		
124	*LBL 4			180	PRT X		
125	RCL 1			181	R†		
126	RCL 2			182	PRT X		
127	RCL 3			183	R†		
128	+			184	PRT X		
129	+			185	RTN		
130	STOE		3 × k Z ²	186	*LBL 7		Druck-/Anzeige-Modus
131	RCL 4			187	F0?		
132	RCL 1			188	PRT X		
133	÷			189	RTN		
134	STOE			190	*LBL 6		Unterprogramm für Leerzeile
135	RCL 5			191	F0?		
136	RCL 2			192	SPC		
137	÷			193	RTN		
138	ST+9						
139	RCL 6						
140	RCL 3						
141	÷						
142	ST+9						
143	RCL 9						
144	1						
145	-						
146	RCL 0						
147	×						
148	GSB 7						
149	R/S						
150	ENT†		3 × k C _c				
151	ENT†						
152	RCL 0						
153	+						
154	÷						
155	JX						
156	GSB 7						
157	GSB 6						
158	R/S						
159	*LBL 6		3 × k R ₁ , R ₂ , R ₃ , T				
160	RCL 1						
161	GSB 7						
162	R/S						
163	RCL 2						
164	GSB 7						
165	R/S						
166	RCL 3						
167	GSB 7						
168	R/S						

LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A Start	B x _{1j} , x _{2j} ,	C Korrektur	D Z ² ; C _c	E R ₁ ; R ₂ ; T	F Druck	FLAGS	TRIG	DISP
G Druck	H 3 × k eingeb.	I Korrektur	J Z ² ; C _c	K R ₁ ; R ₂	L Korrektur	0 ON <input type="checkbox"/> OFF <input checked="" type="checkbox"/>	DEG <input checked="" type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>
	M Eingabe	N	O	P	Q	1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>	SCI <input type="checkbox"/>
	R Leerzeile	S Druck	T Druck	U Druck	V	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>

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

Operations-Charakteristik

001	*LBLA		057	÷	
002	CF0		058	LSTX	
003	CLR0	Vorbereitungsschritte	059	RCL1	
004	0		060	RCL4	
005	RTN		061	-	
006	*LBLB	Flag 0 für AUTO-	062	RCL2	
007	SF0	Modus setzen	063	-	
008	1		064	+	
009	RTN		065	÷	
010	*LBLC	N speichern	066	RCL6	
011	GSB3		067	x	
012	ST01		068	ST06	
013	RTN		069	ST+7	
014	*LBLD		070	RCL3	
015	ST03	n, c für endliche	071	1	
016	XZY	Losgröße speichern	072	RCL8	
017	ST02		073	+	
018	GSB3		074	ST08	
019	XZY		075	X≠Y0	
020	GSB3		076	GT08	
021	RTN		077	1	
022	*LBLB		078	RCL7	
023	GSB4		079	X>Y0	
024	GSB3		080	XZY	
025	RCL1		081	GSB3	
026	x		082	R/S	
027	INT		083	*LBL6	
028	ST04		084	-	
029	RCL1	Endliche Losgröße	085	LSTX	
030	RCL2		086	X≠Y0	
031	GSB6		087	GSB9	
032	RCL1		088	ST05	
033	RCL4		089	1	
034	-		090	ST07	
035	RCL2		091	+	
036	GSB6		092	ST06	
037	P1		093	CLX	
038	÷		094	X=Y0	
039	ST05		095	GT08	
040	ST06		096	*LBL1	
041	ST07		097	R4	
042	RCL3		098	1	
043	0		099	RCL7	
044	ST08		100	+	
045	X=Y0		101	ST07	
046	GSB5		102	X>Y0	
047	*LBL0		103	GT07	
048	RCL4		104	RCL5	
049	-		105	XZY	
050	RCL8		106	+	
051	RCL2		107	LSTX	
052	-		108	÷	
053	x		109	RCL6	
054	RCL8		110	x	
055	1		111	ST06	
056	+		112	GT01	

REGISTERS									
0	1 N, n	2 n, p	3 c, f(0)	4 M	5 f(0)	6 , c	7 , Zähler	8 belegt	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J

113 RTN		169 RCL8	
114 *LBL7		170 x	
115 RCL6		171 RCL4	
116 RTN		172 x	
117 *LBL8		173 ST04	
118 1		174 ST+5	
119 GSB3		175 RCL7	
120 RTN		176 1	
121 *LBL9		177 +	
122 ST06		178 ST07	
123 X \leftrightarrow Y		179 RCL6	
124 RTN		180 X \leftrightarrow Y?	
125 *LBLd	n, c für unendliche Losgröße speichern	181 GT02	
126 ST06		182 1	
127 X \leftrightarrow Y		183 RCL5	
128 ST01		184 X \leftrightarrow Y?	
129 GSB3		185 X \leftrightarrow Y	
130 X \leftrightarrow Y		186 GSB3	
131 GSB3		187 R/S	
132 RTN		188 *LBL6	
133 *LBL e		189 RCL3	
134 ST02		190 GSB3	
135 GSB4		191 R/S	
136 GSB3		192 RTN	
137 ST02		193 *LBL5	
138 RCL2		194 RCL5	
139 1	Unendliche Losgröße	195 GSB3	
140 -		196 R/S	
141 CHS		197 RTN	
142 ÷		198 *LBL3	Druck/Anzeige- Routine
143 ST08		199 F0?	
144 LSTX		200 PRTX	
145 RCL1		201 RTN	
146 Y*		202 *LBL4	Unterprogramm für Leerzeile
147 ST03		203 F0?	
148 RCL6		204 SPC	
149 0		205 RTN	
150 ST07			
151 X \leftrightarrow Y?			
152 GSB6			
153 CLX			
154 RCL1			
155 X \leftrightarrow Y			
156 X \leftrightarrow Y?			
157 GT06			
158 RCL3			
159 ST04			
160 ST05			
161 *LBL2			
162 RCL1			
163 RCL7			
164 -			
165 RCL7			
166 1			
167 +			
168 ÷			

LABELS					FLAGS		SET STATUS			
A Start	B Druck	C N	D n \rightarrow c \rightarrow	E p \rightarrow P _a	F Druck	G	TRIG		DISP	
a f(x)	b	c	d n \rightarrow c \rightarrow	e p \rightarrow P _a	1	FLAGS				
0 P _a	1 f(x+1)	2 Leerzeile	3 Druck	4	2	ON OFF	DEG <input type="checkbox"/>	FIX <input checked="" type="checkbox"/>		
5 c, f(0)	6 f(0)	7 c	8 1	9 STO 6	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"/>		n <u>2</u>		
						3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>				

113 R4		169 ST05	
114 ST01		170 SPC	
115 R/S	p	171 PRTX	
116 *LBL6		172 R/S	T
117 GSB8		173 *LBLc	
118 ST08		174 RCL8	
119 ÷		175 x	
120 ST03		176 PRTX	
121 PRTX		177 R/S	
122 R/S		178 *LBLd	Lq, Tq
123 *LBLc		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	Tq
141 1		197 RCL8	
142 +	L, T	198 x	
143 x		199 PRTX	
144 RCL5		200 R/S	
145 x		201 *LBL e	
146 ST05		202 RCL7	
147 EEX		203 CHS	F
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 ₀ → P _b	C → L _q → L	D → T _q → T	E t → P(t)	0	FLAGS		TRIG	
a m†n →	b S†a → p	c → L, → T	d → L _q → T _q	e → F	1	ON OFF		DISP	
0	1 P ₀ , P _b	2 L	3 K	4	2	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"/>	
5	6	7	8 Druck	9 Druck	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"/>		n <u>2</u>	

Anhang

Beschriftungshinweise auf Magnetkarten

Zeichen und Symbole

Symbol bzw. Schreibweise	Bedeutung
Weiße Zeichen: x A	Die Funktion der Programmtasten wird durch die weißen Symbole gekennzeichnet, die jeweils über diesen Tasten stehen, wenn Sie die Programmkarte 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 A drücken.
Goldfarbene Zeichen: y x E	Für goldfarbene Zeichen gilt das gleiche, das bereits für weiße Zeichen gesagt wurde, nur daß jetzt die entsprechende Programmtaste im Anschluß an die Präfix-taste f zu drücken ist. Das Beispiel gibt an, daß der Wert y durch Drücken von f E und der Wert x durch Drücken von E eingegeben wird.
x ↑ y A	Das Zeichen ↑ steht für die ENTER↑ -Taste. Im angegebenen Beispiel wird ENTER↑ zur Trennung der Zahlenwerte für die Variablen x und y verwendet. Zur Eingabe beider Werte ist zuerst x einzutasten, ENTER↑ zu drücken, y einzutasten und dann A zu drücken.
[x] A	Ist das Symbol der Variablen von einem viereckigen Kästchen umgeben, ist der Wert einzugeben, indem zuerst STO und anschließend die entsprechende Programmtaste A bis E gedrückt wird. Im Beispiel erfolgt die Eingabe von x mit STO A .
(x) A	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 A eingeben, oder nicht.

Symbol bzw. Schreibweise	Bedeutung
$\rightarrow x$ A	Ein Pfeil besagt, daß die derart gekennzeichnete Variable nach Drücken der zugehörigen Programmtaste berechnet wird. Im hier gezeigten Beispiel ist zur Berechnung von x die Taste A zu drücken.
$\rightarrow x, y, z$ A	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.
$\rightarrow x; y; z$ A	Diese Schreibweise bedeutet, daß nach Berechnung von x durch Drücken der Taste A die weiteren Variablen durch jeweiliges Drücken von R/S berechnet werden können.
$\langle x \rangle, y$ A	Die Anführungszeichen bedeuten, daß x während einer Programmpause (ca. 1 Sekunde lang) angezeigt wird. Anschließend wird die Rechnung fortgesetzt und dann y angezeigt.
$\leftrightarrow x$ A	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 A gespeichert; falls nicht, wird x berechnet, wenn Sie A drücken.

Symbol bzw. Schreibweise	Bedeutung
P? A	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 A	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 A	DEL (<i>delete</i> – entfernen) besagt, daß der zuletzt eingebene Wert oder die zuletzt eingebene 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 560 140, 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) 35 16 21 bis 27

Für die UdSSR:

Hewlett-Packard Representative Office USSR, Pokrovsky Boulevard 4/17, KV 12,
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

Original content used with permission.

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

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