

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Fehler, Wahrscheinlichkeit und Statistik	2
1.2	Grafik, Histogramm und MATLAB	5
1.3	Verteilung, Mittelwert und Varianz	12
1.3.1	Theoretische Verteilungen	12
1.3.2	Gemessene Verteilungen	16
1.3.3	*Differenz zweier gemessenen Verteilungen	18
1.3.4	Mittelwert und gewichteter Mittelwert	22
1.3.5	Schätzung von Parametern	25
1.4	Gauss-Verteilung	29
2	Verteilungen I	35
2.1	Binomialverteilung	35
2.2	Poisson-Verteilung	40
2.2.1	*Poisson-Statistik; Konfidenzintervall	44
2.3	Exponentialverteilung	47
2.3.1	*Totzeit	50
2.4	χ^2 -Verteilung	54
2.5	Lorentz-Verteilung	57
3	Verteilungen II	59
3.1	*Monte-Carlo-Methode	59
3.1.1	Gleichverteilung und Gauss-Verteilung	59
3.1.2	Exponential- und Lorentz-Verteilung	62
3.1.3	Histogramm	65
3.1.4	Integration; Phasenraumverteilungen	66

3.2	Zweidimensionale Gauss-Verteilung	71
3.2.1	Theorie und *Monte-Carlo-Beispiel	71
3.2.2	Normalverteilte Fehler und χ^2	75
3.2.3	Kovarianzmatrix und Fehlerfortpflanzungsgesetz	78
3.3	Faltung von Verteilungen	80
3.3.1	Diskrete Verteilungen	80
3.3.2	Monte-Carlo-Faltung; Zentraler Grenzwertsatz	85
3.3.3	Kontinuierliche Verteilungen	86
4	Die Methode der kleinsten Quadrate	91
4.1	Anpassung einer linearen Funktion	91
4.1.1	Allgemeine Theorie; Fehler der Parameter	91
4.1.2	Anpassung einer Geraden	94
4.1.3	Anpassung eines Polynoms	96
4.1.4	*Anpassung einer allgemeinen linearen Funktion	100
4.1.5	*Fehler der unabhängigen Variable x	102
4.2	Anpassung einer nicht-linearen Funktion	104
4.2.1	χ^2 -Fit einer Exponentialfunktion	104
4.2.2	Linearisierung der Fitfunktion	110
4.2.3	Beispiel 1: Gauss-Peak mit quadratischem Untergrund	114
4.2.4	*Beispiel 2: Exponentialfunktion gefaltet mit einer Gauss-Funktion	117
4.2.5	*Simplex-Methode	122
5	Die Maximum-Likelihood-Methode	125
5.1	Likelihood- und erweiterte Likelihoodfunktion	125
5.2	Beispiel 1: Exponentialkurve	129
5.3	Beispiel 2: Signal und Untergrund	131
5.4	*Beispiel 3: Untergrund ohne Signal	134
5.5	*Numerische Lösungen	141
5.6	*Magische Formel	145

- [Pres 92] W. H. Press und S. A. Teukolsky, *Comp. in Phys.* **6** (1992) 522
 [Vatt 95] I Vattulainen et. al., *Comp. Phys. Comm.* **86** (1995) 209

Literaturverzeichnis

- [Barl 89] R. Barlow, *Statistics*, John Wiley & Sons, 1989
 [Bevi 92] P. R. Bevington and D. K. Robinson, *Data Reduction and Error Analysis*, McGraw-Hill, 1992
 [Bran 99] S. Brandt, *Datenanalyse*, Spektrum, 1999
 [Cohn 66] C. E. Cohn, *Nucl. Instr. Meth.* **41** (1966) 338
 [Cous 95] R. D. Cousins, *Am. J. Phys.* **63** (1995) 398
 [Eadi 71] W. T. Eadie et al., *Statistical Methods in Experimental Physics*, N-H, 1971
 [Ette 93] D. M. Etter *Engineering Problem Solving with MATLAB*, Prentice Hall, 1993
 [Hone 96] SINDRUM II Collaboration, W. Honecker et al., *Phys. Rev. Lett.* **76** (1996) 200
 [Lee 81] T. D. Lee, *Particle Physics and Introduction to Field Theory*, harwood academic publishers, 1981
 [MATLAB] *The Student Edition of MATLAB*, Prentice Hall, 1992
 [Nieb 89] SINDRUM Collaboration, C. Niebuhr et al., *Phys. Rev.* **D40** (1989) 2796
 [PDG 94] Particle Data Group, *Phys. Rev.* **D50** (1994) 1173
 [Pres 88] W. H. Press et al., *Numerical Recipes in C*, Cambridge University Press, 1988

Verzeichnis der Programme

1.1 : Lambshift	6
1.2 : Muon Decay	11
function y = Espec(x,rho)	
1.3 : mean and standard deviation	14
function out = centroid(x,y)	
1.4 : mean, standard deviation and error of mean	17
1.5 : evaluates peak in difference spectrum	20
1.6 : weighted mean value	23
function wmean(data)	
1.7 : least squares and maximum likelihood	27
1.8 : Gaussian	30
function y = gauss(x,xm,sig)	
1.9 : measured Gaussian	32

2.1 : Binomialdistribution	37
function pk = binomial(k,n,p)	
2.2 : # of events in 1 sigma interval	38
2.3 : Measured and calculated Poisson distributions	42
function p = poisson(n,lambda)	
2.4 : accidental time spectra	50
2.5 : deadtime	52
2.6 : chi ²	56

3.1 : random number generator	60
3.2 : Uniform and Gaussian Monte Carlo Distributions	61
3.3 : Monte Carlo distributions	63
3.4 : Monte Carlo histogram	65
3.5 : Monte Carlo intgration: calculation of pi	67
3.6 : Monte Carlo phase space: muon decay	70
3.7 : 2 dim. Gauss distribution	74
3.8 : contour plot of chi ² ; linear fit f = ax + b	77
3.9 : convolution	81
3.10: numeric and Monte Carlo convolution	83
3.11: analytic and Monte Carlo convolution	88

149

150

4.1 : linear fit (correlated and uncorrelated)	95
function [a, C] = linefit(data)	
4.2 : polynomial fit of background; peak area	98
function [a, C] = polfit(data,m)	
4.3 : linear fit of quadratic background and gaussian	101
function [a, C] = linfit(data,func)	
function f = GaussBack(x)	
4.4 : linear fit with y and x errors	103
4.5 : 1 parameter fit of exponential	107
4.6 : contour plot of chi ²	108
4.7 : non linear least squares fit	111
function a = LSminimum(data,fnc,par,par_desc,x,l)	
function z = mrqmin(data,func,a,lambda)	
4.8 : fit of gaussian + quadratic background	115
function fx = gb_fdfda(x,a)	
4.9 : fit of exponential folded with gaussian	119
function fx = EGfunction(x,p)	
4.10: non linear least squares fit (simplex method)	122
function chi2 = EGchi2(par)	

5.1 : likelihood analysis of exponential distribution	130
5.2 : 2 parameter extended Likelihood fit: ng, ne	133
5.3 : likelihood fit of gaussian and exponential	136
5.4 : likelihood fit of pi0 experiment	140
5.5 : likelihood fit of signal and background	142
function lnEL = SBlikelihood(par)	
function fx = SBfunction(x,p)	
5.6 : Likelihood fit of exponential folded with gaussian	144
function lnL = EGlikelihood2(par)	
function fx = EGfunc2(x,p)	
5.7 : error estimation with magic formula	146
