PAP2.1 PAP2.2

Montag, Dienstag

18.10.10 - 17.01.11

14:00 Uhr – 17:00 Uhr

nächste Kurse: SS2011 und September 2011

Jens Wagner
11.10.2011

Versuchseinteilung

http://www.physi.uni-heidelberg.de/Einrichtungen/AP/kursliste.php

RUPRECHT-KARLS-UNIVERSITÄT HEIDELBERG

PHYSIKALISCHES INSTITUT

- Anfänger-Praktikum
- Anmeldung
- Persönliche Statusseiten
- Passwort vergessen?

PI > Einrichtungen > AP

Aktuelle und angekündigte Kurse

Kurs Nr. Link zur Anmeldung bzw Einteilung	**Kurs** Link zu Versuchen und Anleitungen	**Kurstitel**	**Typ**	**Kursbeginn Ende**	**Vorbespr.**
30	APL3	Anfängerpraktikum fuer Lehramt - Teil III	Nachmittag	2010-04-26 2010-07-23	
34	Elek	Aufbau und Inbetriebnahme einfacher elektronischer Schaltungen	Blockkurs	2010-10-04 2010-10-08	
35 Einteilung	PAP2.1	Physikalisches Praktikum II für Physiker B.Sc. und Lehramt APL3 Teil I (Versuche 211-234)	Montag	2010-10-11 2011-01-17	2010-10-11 15:00:00
36 Einteilung	PAP2.2	Physikalisches Praktikum II für Physiker B.Sc. und Lehramt APL3 Teil II (Versuche 241-256)	Dienstag	2010-10-12 2010-12-21	2010-10-11 15:00:00
39 Einteilung	PAP2.1	Physikalisches Praktikum II für Physiker B.Sc. und Lehramt APL3 Teil I (Versuche 211-234)	Dienstag	2010-10-19 2011-01-11	2010-10-11 15:00:00
38	Biot-I	Praktikum für Molekulare Biotechnologen Block I	Blockkurs	2011-01-11 2011-02-04	

Versuchseinteilung

Anfängerpraktikum, Kursplan für Kurs 35: PAP2.1
Physikalisches Praktikum II für Physiker B.Sc. und Lehramt APL3 Teil I (Versuche 211-234)
Montag, Beginn 2010-10-11, Zeit 14-17

Versuche	**Termin**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Tag	18	25	08	15	22	29	06	13	20	10	17
	Monat	Oct	Oct	Nov	Nov	Nov	Nov	Dec	Dec	Dec	Jan	Jan
	Gruppe 1 Betreuer	16	16	115	115	109	109	52	113	113	52	
	PraktikantInnen Versuch	211	212	213	221	222	223	232	233	333	234	
	Brinkmann, Moritz											
	Klewin, Sebastian											
	Krispin, Karsten											
	Scherzer, Anne-Christine											
	Gruppe 2 Betreuer	16	115	115	109	109	52	110	110	52	16	
	PraktikantInnen Versuch	212	213	221	222	223	232	233	333	234	211	
	Bayha, Luca Xaver											
	Kunkel, Philipp											
	Röhner, Dennis											
	Zimmermann, Johannes											

Betreuer Nr.	**Name**
16	Thorsten Dietzsch
52	Florian Rößler
109	Sebastian Illing
110	Anton Kurz
113	Nicole Frindt
115	Osvaldo Aquines

Versuche

Mechanik und Thermodynamik

211 Gekoppelte Pendel

212 Zähigkeit von Flüssigkeiten

213 Kreisel

221 Adiabatenkoeffizient $\kappa = c_p/c_v$

222 Heißluftmotor

223 Messung der Boltzmannkonstante
Teil I Brownsche Bewegung

Optik

232 Michelson-Interferometer

233 Fourieroptik (2-Tages-Versuch)

234 Lichtquellen

PAP2.1

Elektrizität und Radioaktivität

241 Wechselstromeigenschaften von RCL-Gliedern (2-Tages-Versuch)

242 Spannungsverstärkung

243 Messung der Boltzmannkonstante
Teil II Thermisches Rauschen

245 Induktion

251 Statistik

252 Aktivierung mit thermischen Neutronen

253 Absorption von α-, β- und γ-Strahlen

255 Röntgenspektrometer

256 Röntgenfluoreszens

PAP2.2

Versuchsanleitung

http://www.physi.uni-heidelberg.de/Einrichtungen/AP/anleitungen/pap.php

	Versuch	Weitere Informationen
211	Gekoppelte Pendel	
212	Zähigkeit	
213	Kreisel	
221	Adiabatenkoeffizient	
222	Heißluftmotor	
223	Brownsche Bewegung	
232	Michelsoninterferometer	
233 333	Fourieroptik	Software zur Auswertung
234	Lichtquellen	
241 341	RCL- Glied	
242	Spannungsverstärkung	
243	Thermisches Rauschen	
245	Induktion	
251	Statistik des radioaktiven Zerfalls	
252	Aktivierung mit thermischen Neutronen	
253	Absorption von a-, b- und g- Strahlung	
255	Röntgenspektrometer	
256	Röntgenfluoreszens	

Gesamte Anleitung:

- Mechanik/Wärme (2 MB, 04/2010)
- Optik (2 MB, 04/2010)
- Elektrizität/Radioaktivität (5 MB, 04/2010)

Persönliche Statusseite

http://www.physi.uni-heidelberg.de/cgi-bin/ap/ap-status.pl

PAP1:
Physikalisches Praktikum I für Physiker B.Sc., Blockkurs Nachmittag

Beginn 2010-09-01, Mo Di Mi Do Fr 13:30-16:30, meine Gruppe: 2

page

Aktuelle Hinweise

Das neue Datenbanksystem des AP ist im Aufbau. Wir sind Ihnen dankbar, wenn Sie Probleme und Verbesserungsvorschläge per Email an glassel@physi.uni-heidelberg melden.

Meine Emailadresse:
Meine Telefonnummer:
preferred language

change

Fuer neuen Kurs anmelden

Partner:

Versuchsliste

Noten (-|0|+|++): V: Vortestat, D: Durchführung und Auswertung

Kurs 27	Versuch	am	Zeit	Status	zurück am	V	D	Beurteilung	Bemerkung	Meine Bewertung des Versuchs	Letzter Eintrag	Betreuer	Email
PAP1	11	02.09.10	13:30-16:30	testiert			ok			bewertet, danke	03.09.10	Andreas Lemke	andreas.lemke@medma.uni-heidelberg.de
PAP1	13	06.09.10	13:30-16:30	testiert	10.09.10	-	0			bewertet, danke	13.09.10	Vanessa Simon	vsimon@triumf.ca
PAP1	14	07.09.10	13:30-16:30	testiert	11.09.10	0	0			bewertet, danke	13.09.10	Vanessa Simon	vsimon@triumf.ca
PAP1	15	09.09.10	13:30-16:30	testiert	14.09.10	-	0			bewertet, danke	17.09.10	Simon Konstandin	simon.konstandin@medma.uni-heidelberg.de
PAP1	21	10.09.10	13:30-16:30	testiert		+	+			bewertet, danke	16.09.10	Sebastian Baier	sebastian.baier@medma.uni-heidelberg.de
PAP1	22	13.09.10	13:30-16:30	testiert		-	0			bewertet, danke	18.09.10	Florian Lietzmann	florian.lietzmann@medma.uni-heidelberg.de

Ablauf

- Jeder Studierende muss **2 x 9 Versuche** zusammen mit einem Praktikumspartner durchführen.

- Zu Beginn des Versuchs findet eine **Überprüfung der Vorbereitung** durch den Versuchsassistenten statt. Die Leistungen werden benotet. Falls die Vorbereitung unzureichend ist, kann der Versuch nicht durchgeführt werden und muss am Praktikumsende nachgeholt werden.

- Nachdem die Messungen erfolgreich durchgeführt wurden, unterschreibt der Assistent die Messdaten im Protokollheft und trägt die Note in die Testatdatenbank ein.

  → **Vortestat**

Ablauf

- Nach der Versuchsdurchführung müssen Sie den Versuch auswerten und ein **eigenformuliertes, handschriftliches** **Protokoll** anfertigen.
- Diagramme und Grafiken können und sollen sogar bei einigen Versuchen mit dem **Computer** erstellt werden. Dabei müssen die angewandten Methoden im Protokoll erkennbar und Berechnungen zusätzlich dokumentiert werden.
- Die Protokolle sollen möglichst am **folgenden Praktikumstermin** in die jeweiligen Fächer im Assistentenraum abgegeben werden. Der Assistent korrigiert die Auswertungen und legt sie in das Fach mit der entsprechenden Gruppennummer.
- Wenn die Ausarbeitung in Ordnung ist, erstellt der Assistent das **Haupttestat**, indem er das Protokoll abzeichnet und den Versuch in die Datenbank einträgt.
  Falls nicht, haben Sie nochmals die Möglichkeit die Ausarbeitung **nachzubessern und erneut abzugeben**. Auch die Ausarbeitung wird durch den Versuchsbetreuer benotet.
- Ein Versuch ist erfolgreich abgeschlossen, wenn sowohl das Vor- als auch das Haupttestat in der Datenbank eingetragen ist.

Ablauf

- Die Ausarbeitung kann in **Zusammenarbeit** erfolgen, jedoch müssen beide Partner/innen jeweils eine eigene, selbstformulierte handschriftliche Ausarbeitung in einem gebundenen Heft/Buch abgeben.

- Auf dem Heft muss der **Name**, die **Gruppen-Nummer** sowie die **Versuchsnummern** der im Heft enthaltenen Ausarbeitungen enthalten sein.

- Im **Protokoll** sollten folgende Punkte enthalten sein:

  * Überschrift und Versuchsnummer
  * Einleitung: Formulierung der theoretischen Grundlagen. Begriffe und Gesetze die zum Verständnis des Versuchs erforderlich sind (ca. 1 Seite, aber nicht die Anleitung abschreiben)
  * Skizze und Beschreibung der Versuchsanordnung (schematisch, Schaltplan bei elektrischen Schaltungen).
  * Alle Abkürzungen die in den Formeln vorkommen, müssen erklärt sein, evtl. mit Hilfe der Skizze der Apparatur.
  * Knappe aber vollständige Angaben über das Messverfahren, soweit dies nicht völlig selbstverständlich ist. Das Protokoll muss selbsterklärend sein!

Ablauf

* Präsentation der Messergebnisse in Form von Tabellen und Diagrammen, die klar und ausreichend beschriftet sein müssen.
* Bei der Auswertung müssen alle Zwischenrechnungen im Protokollheft ausgeführt werden. Die Messergebnisse sind, soweit vorhanden, mit Literaturwerten zu vergleichen.
* Fehlerrechnung
* Zusammenfassung und kritische Diskussion.

Die Ausarbeitung eines Versuchs muss so geschrieben werden, dass eine dritte Person die nicht mit dem Versuch vertraut ist, das Experiment, die Datenauswertung und die Messergebnisse ohne Zuhilfenahme weiterer Quellen, verstehen kann.

Zügige Bearbeitung der Auswertungen !!!

höchstens drei fehlende Auswertungen von vorausgegangenen Versuchen !

Benotung

-	(noch) ausreichend
o	gut bis befriedigend
+	hervorragend

Bei besonders hervorragender Leistung kann auch die Note ++ erteilt werden!

Am Ende des Praktikums haben Sie insgesamt 40 Einzelnoten, die alle gleich gewichtet werden

Hat ein/e Student/in

- 100 % + → Note: 1,0
- 50 % + und 50 % O → Note: 1,7
- 100 % o → Note: 2,7
- 50 % o und 50 % - → Note: 3,3
- 100 % - → Note: 4,0

In begründeten Fällen haben Sie ein Vetorecht!

Fortgeschrittene Methoden der Datenauswertung

- Im ersten Teil des Praktikums (PAP1): Fehlerrechnung, Handdiagramme
  Mittelwert, Standardabweichung, Fehler des Mittelwerts, Fehlerfortplanzung

- jetzt im AP2:
  - Anpassung von Daten an theoretische Vorhersagen
    und Bestimmung von Parametern
  - Erstellung ‘professioneller’ Diagramme
  - Nutzung der Statistiksoftware (ORIGIN)

Steht für Studierende der Universität Heidelberg kostenlos zur Verfügung!

http://www.physi.uni-heidelberg.de/Einrichtungen/AP/info/Software.php

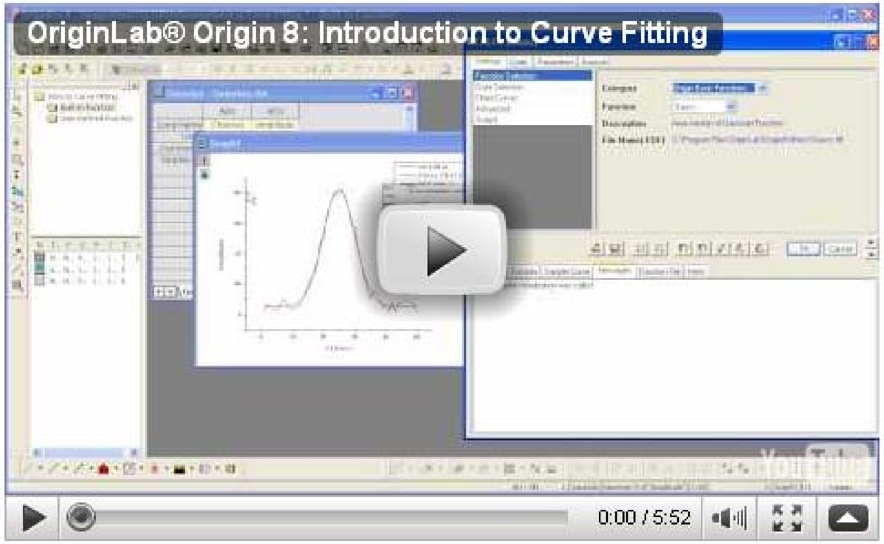
Origin 8.1

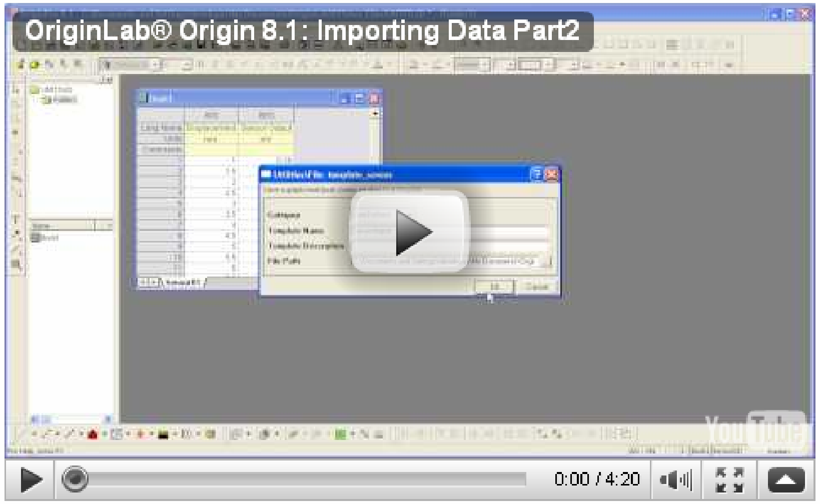
Origin ist eine Software zur Datenanalyse und -visualisierung. Es bietet eine umfassende Plattform für Wissenschaftler und Ingenieure, die ihre Daten darstellen, analysieren und für professionelle Präsentationen aufbereiten müssen.

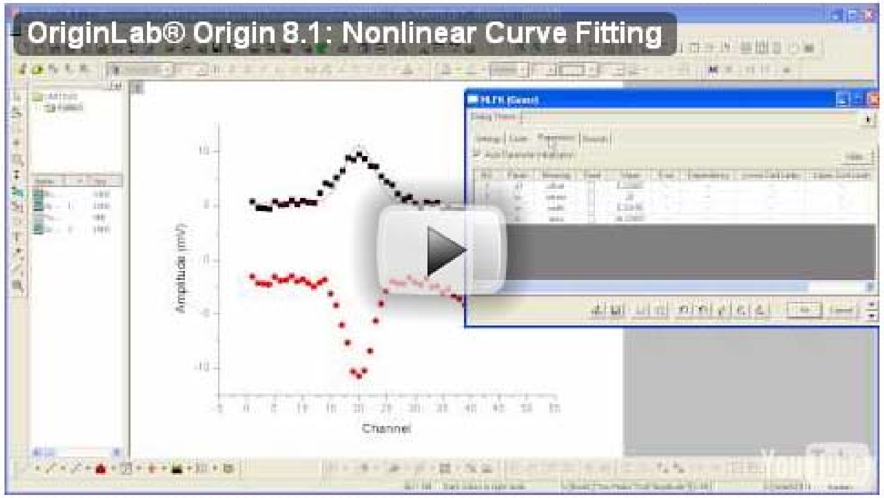
Für die Universität hat das URZ eine Campuslizenz abgeschlossen. Diese Lizenz ist für alle Mitarbeiter und Studierende (zusätzlich mit einer Home-Use-Option) verfügbar. Der Lizenzzeitraum geht erstreckt sich jeweils vom 1. Januar bis 31. Dezember.

Download im URZ
Deutschsprachige Anleitung
Video Tutorials: Einführung in Origin 8.1

Videotutorials







Kurzeinführung Origin

Di, 12.10 :15:00 Uhr -16:30 Uhr

Mi, 13.10 :13:30 Uhr -15:00 Uhr

Mi, 13.10 :15:30 Uhr -17:00 Uhr

Do, 14.10 :15:00 Uhr -16:30 Uhr

Max. 20 Teilnehmer pro Kurs

Bei Bedarf weitere Kurse nächste Woche

Wiederholung der Grundlagen aus dem Praktikum 1

Systematische Fehler

Führen zu einseitigen Abweichungen vom „wahren Wert“. Eine Wiederholung der Messung zeigt immer die gleiche Abweichung. Der Messwert ist entweder immer größer oder immer kleiner als der „wahre Wert“.

Ursachen:

Unvollkommenheit der Messgeräte
► Eich- und Justierfehler, Nichtlinearität, Reibung, ...
teilweise bekannt (Herstellerangaben: Genauigkeitsklassen)

Rückwirkung des Messgerätes oder des Messprozesses auf das Messobjekt
► Innenwiderstand, Verformung (Messung der Dicke eines Haars), Erhitzung (Temperaturmessung mit einem Widerstandsthermometer)

Umwelteinflüsse
► Auftrieb, elektromagnetische Felder, Temperatur, Luftfeuchtigkeit,....
► Alterung eines Messgeräts (Oxidation → Kontaktwiderstände)

Können in vielen Fällen korrigiert werden

Zufällige oder Statistische Fehler

•Wiederholt man Messungen an demselben Messobjekt mit demselben Messgerät unter gleichen Bedingungen, so werden sich die einzelnen Messwerte trotzdem aufgrund der unterschiedlichen statistischen Abweichung voneinander unterscheiden.

•Statistische Fehler streuen nicht wie systematische Fehler einseitig, sondern „links“ **und** „rechts“ um den wahren Wert. (In vielen Fällen sogar symmetrisch um den wahren Wert.)

•Zufällige Abweichungen sind unvermeidlich und nicht exakt erfassbar. Die Größe zufälliger Messabweichungen kann aus Vielfachmessungen, mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen bestimmt werden. Durch Mehrfachmessungen können solche Fehler prinzipiell beliebig klein gehalten werden.

Im folgenden beschäftigen wir uns nur mit statistischen Fehlern !

Wiederholung der Basics aus dem Praktikum I:

- **Mittelwert**
- **Standardabweichung**
- **Gaußverteilung**

Um statistische Fehler zu bestimmen müssen mehrere Messungen unter gleichen Versuchsbedingungen durchgeführt werden.

→ Stichprobe von N Messungen

Beispiel: Ergebnisse einer 20-maligen Spannungsmessung

Nr.	x [V]	Nr.	x [V]	Nr.	x [V]	Nr.	x [V]
1	5,070	6	5,039	11	5,053	16	5,038
2	5,073	7	5,043	12	5,054	17	5,058
3	5,031	8	5,034	13	5,078	18	5,040
4	5,024	9	5,034	14	5,071	19	5,071
5	5,034	10	5,079	15	5,050	20	5,051

Gesucht: Beste Schätzung des wahren Wertes x_w

Mittelwert

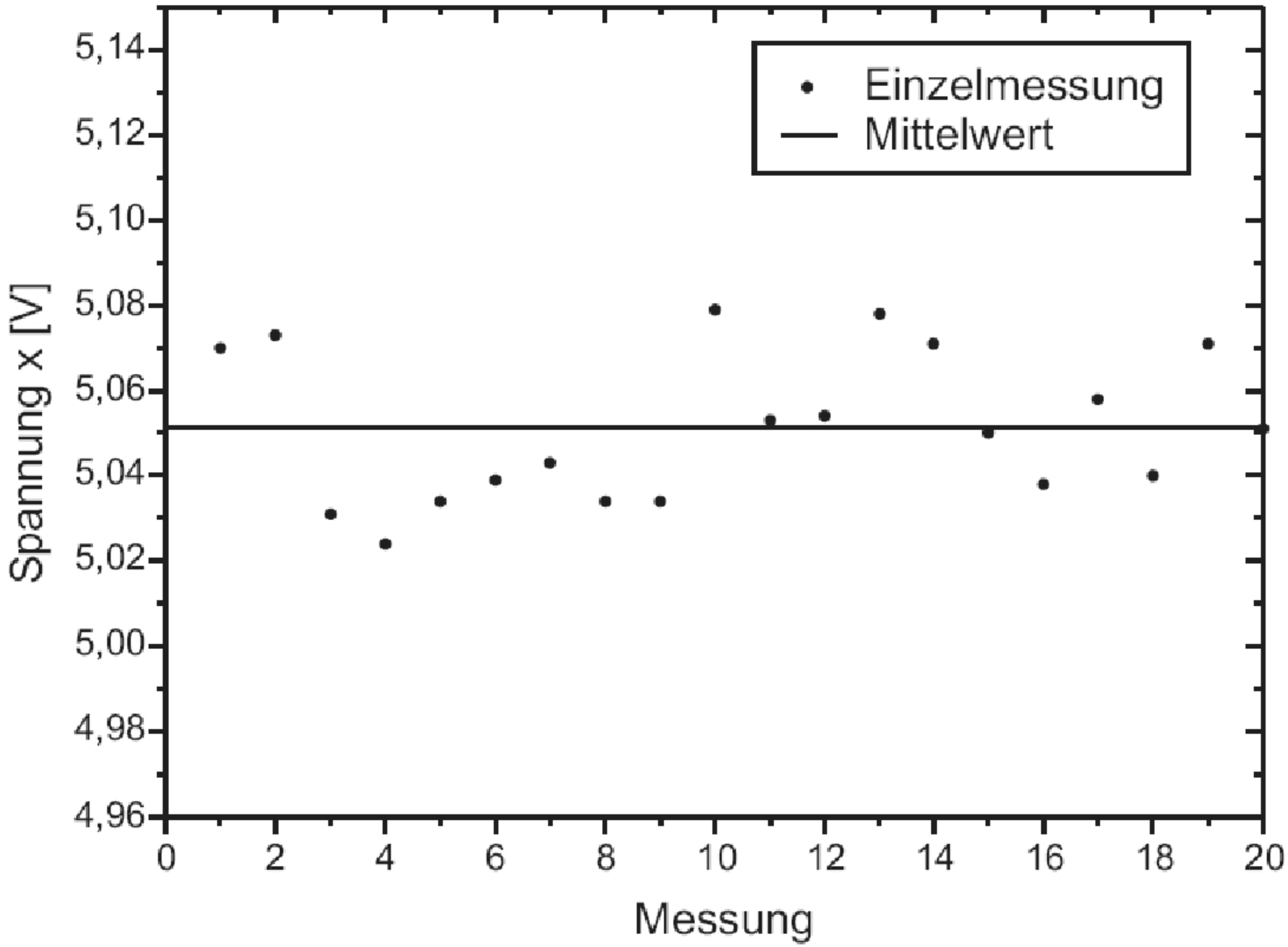
Es ist nicht möglich aus n Messungen ($x_1, ..., x_n$) den „wahren Wert" der Messgröße x_w zu bestimmen.

Aber:
Der beste Schätzwert für x_w ist durch den Mittelwert (bzw. das arithmetische Mittel) aller Messungen gegeben:

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

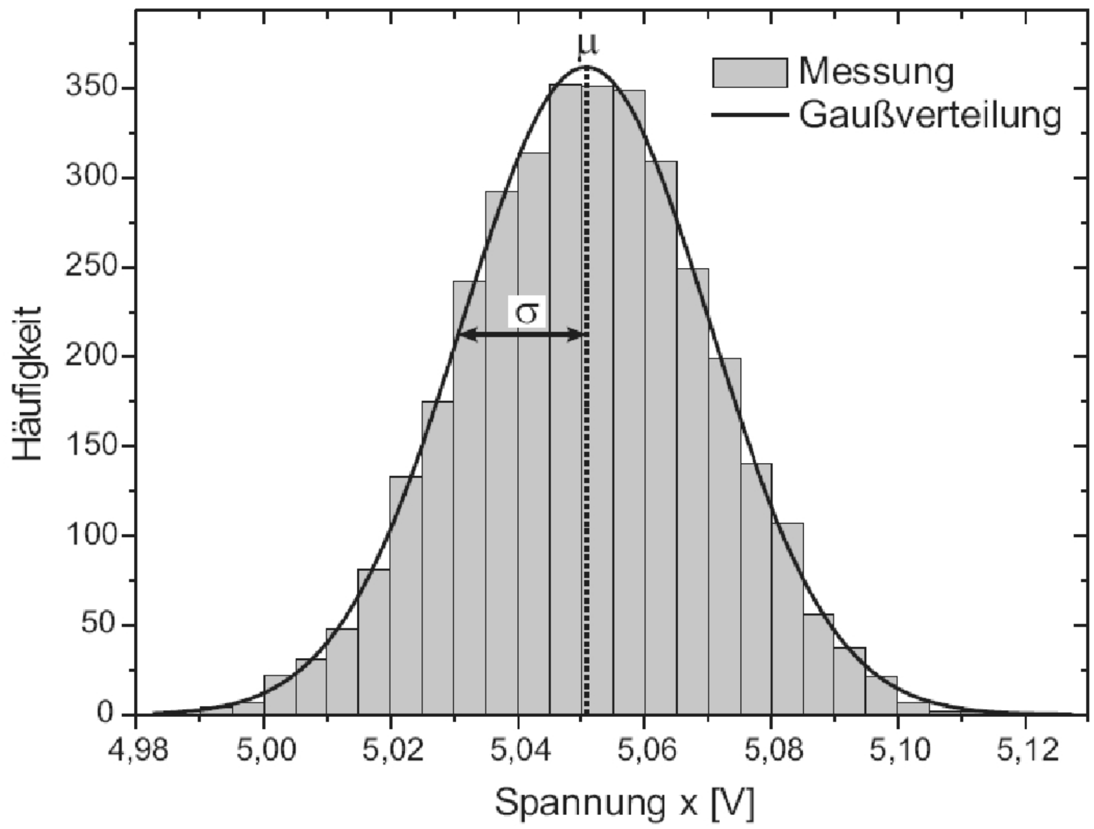
Wenn alle systematischen Fehler vermieden werden, kommt das arithmetische Mittel mit wachsender Zahl n dem wahren Wert x_w immer näher:

$$x_w = \lim_{n\to\infty} \overline{x} = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

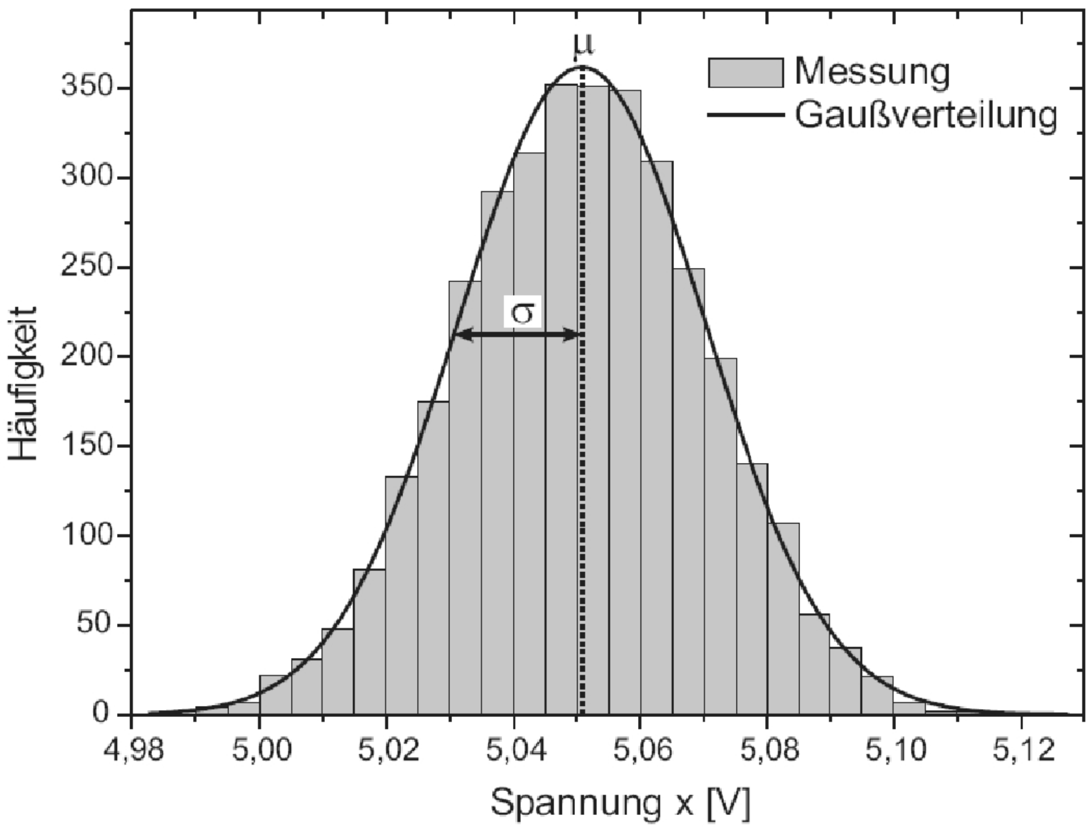

Einzelmessung
Mittelwert
Spannung x [V]
5,14
5,12
5,10
5,08
5,06
5,04
5,02
5,00
4,98
4,96
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
Messung

Welche Aussagen können über die Genauigkeit der Messung gemacht werden?

→ **Histogramm**



Gaussverteilung



Wahrscheinlichkeitsverteilung

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(\mu - x)^2}{2\sigma^2} \right)$$

μ = wahrscheinlichster Wert

σ = Breite der Verteilung

$$\int_a^b P(x)\,dx$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} P(x)\,dx = 1$$

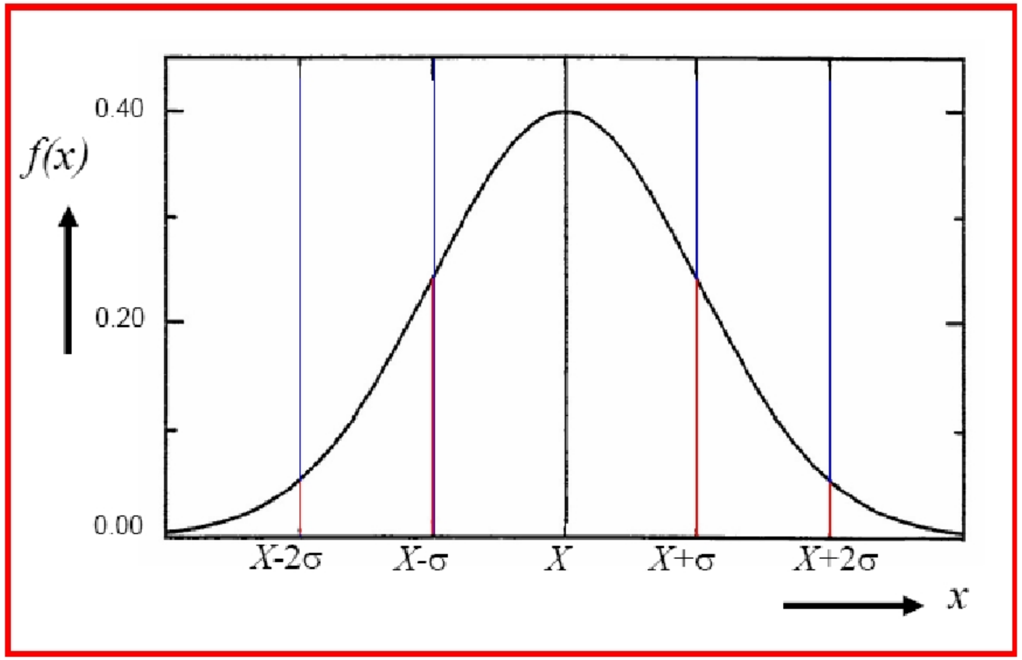
Interpretation:

- Wahrscheinlichster Wert μ ist die beste Schätzung des „wahren Wertes"
- Breite σ der Verteilung ist ein Maß für die Messgenauigkeit !

$$\int_{-\sigma}^{\sigma} P(x)\,dx = 68,3\%$$

$$\int_{-2\sigma}^{2\sigma} P(x)\,dx = 95,5\%$$

$$\int_{-3\sigma}^{3\sigma} P(x)\,dx = 99,7\%$$



Es gilt 1. $$\lim_{n\to\infty} \overline{x} = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = \mu$$

Der Mittelwert ist die beste Schätzung des wahren Wertes !

2. $$\lim_{n\to\infty} S'_E = \lim_{n\to\infty} \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (\overline{x} - x_i)^2} = \sigma$$

$$S'_E = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (\overline{x} - x_i)^2}$$

S'_E heißt Standardabweichung und ist ein Maß für die Genauigkeit einer Messreihe

Bei einer hinreichend großen Anzahl von Einzelmessungen, sind $\overline{x}$ und S_E „gute“ Schätzwerte für μ und σ.

Fehler des Mittelwertes

Der Mittelwert ist natürlich genauer als eine Einzelmessung:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum x_i$$

Fehler der Einzelmessung $x_i : \Delta x_i = S_E$

Fehler des Mittelwertes $\bar{x} : \Delta \bar{x} = S_M$

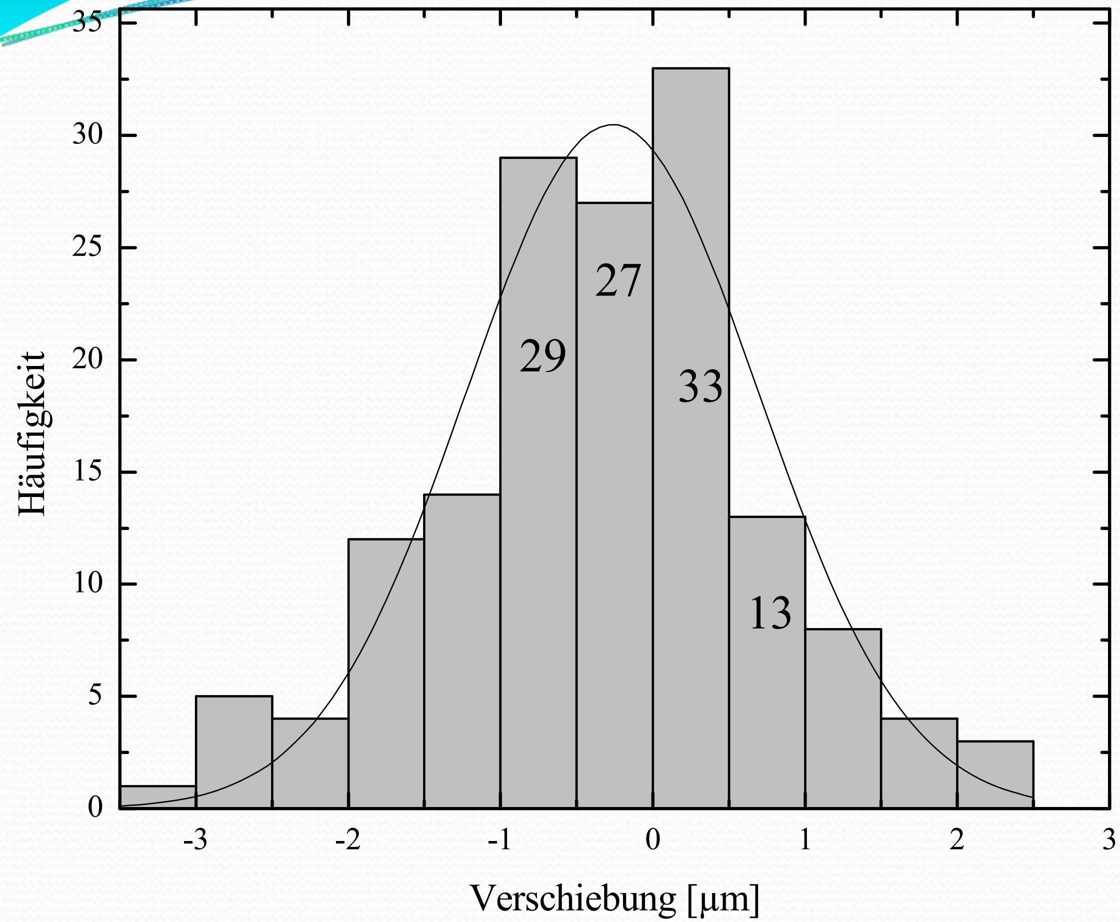
$$S_M = \frac{1}{N} \sqrt{\sum (\Delta x_i)^2} = \frac{1}{N} \sqrt{\sum S_E^{\,2}} = \frac{1}{N} \sqrt{N S_E^{\,2}} = \frac{\sqrt{N}}{N} S_E = \frac{S_E}{\sqrt{N}}$$

Messergebnis: $\bar{x} \pm S_M$

Interpretation:

Als beste Schätzung für den „wahren Wert“ wurde bei einer Messung der Wert $\bar{x}$ bestimmt. Der wahre Wert liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 68,3% im Intervall $[\bar{x} - S_M , \bar{x} + S_M]$.

Versuch Brownsche Bewegung



Es wurde 153 mal die Position eines Partikels gemessen und daraus die Verschiebung berechnet

(29+27+33+13)/153 = 102/153

= **66,6%**

1 Spaltenstatistik (23.03.2009 14:58:40)

Hinweise

Eingabedaten

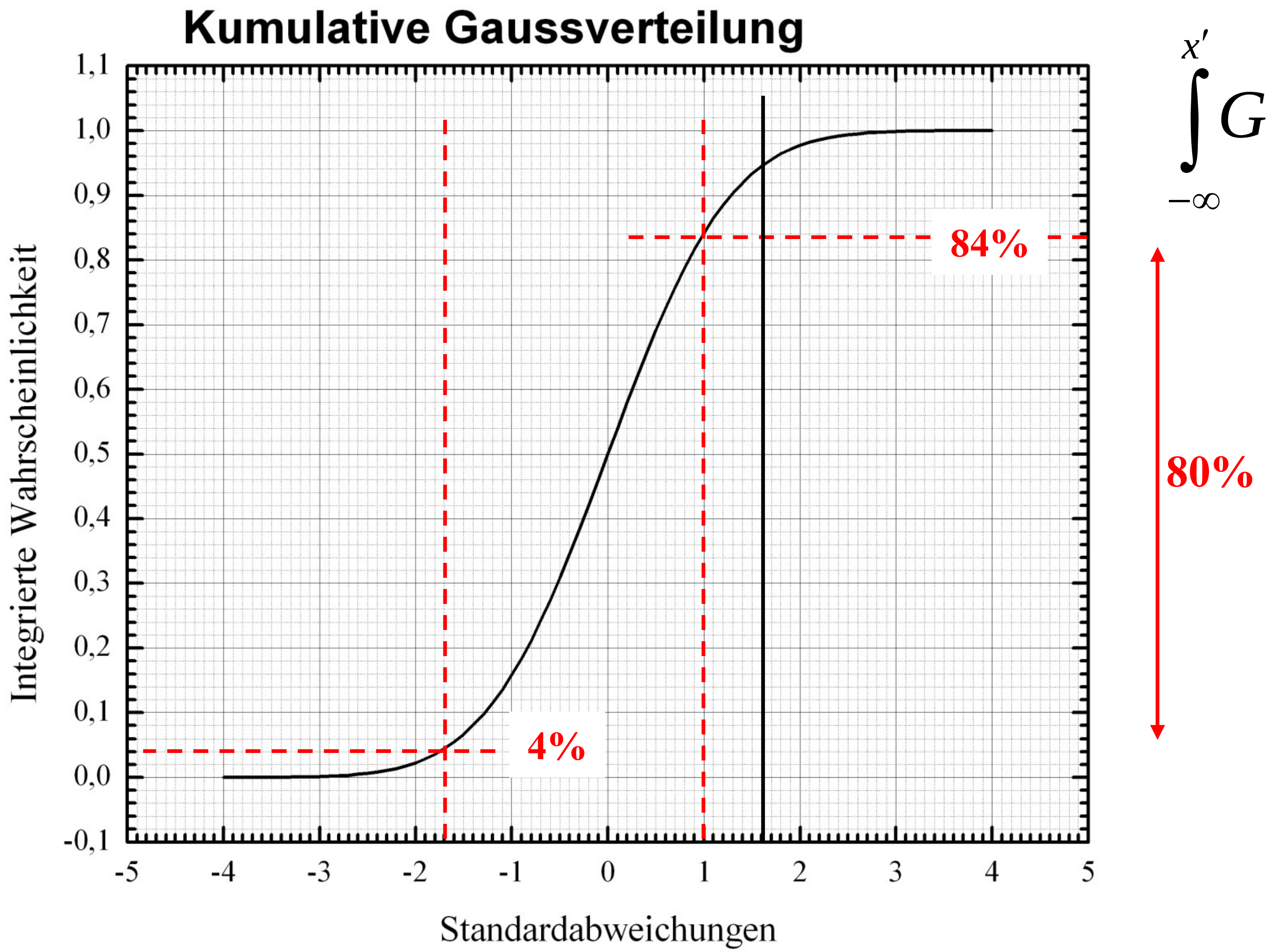
Deskriptive Statistik

	N gesamt	Mittelwert	Standardabweichung	Summe	Minimum	Median	Maximum
dx	153	-0,35787	1,07774	-54,754	-3,388	-0,328	2,405

Beispiel

Studenten haben eine Größe g= (1.79 ± 0.11) m
Wieviel % haben eine Größe zwischen 1.6 m und 1.9m ?

Die Grenzwerte liegen (1.6-1.79)/0.11 = - 1.7 Standardabweichungen bzw.
(1.9 -1.79)/0.11 = +1.0 SD vom Mittelwert entfernt
→ Antwort: fuer 80% der Studenten gilt 1.6 <g< 1.9



$$\int_{-\infty}^{x'} G(x;\mu,\sigma)\,dx$$

Die Poissonverteilung für 'Zählexperimente'

In Experimenten werden häufig Messgrößen durch die Zählung von Ereignissen bestimmt:

- Zerfallsrate eines radioaktiven Präparats (Aktivität)
- Wirkungsquerschnitt aus der Zahl der gestreuten Teilchen in einem Detektor
- Zahl der Photonen/s in einem Photovervielfacher
- etc…..

Auch diese Ereigniszahlen haben statistische Schwankungen, damit haben auch die daraus abgeleiteten Messgrößen Fehler

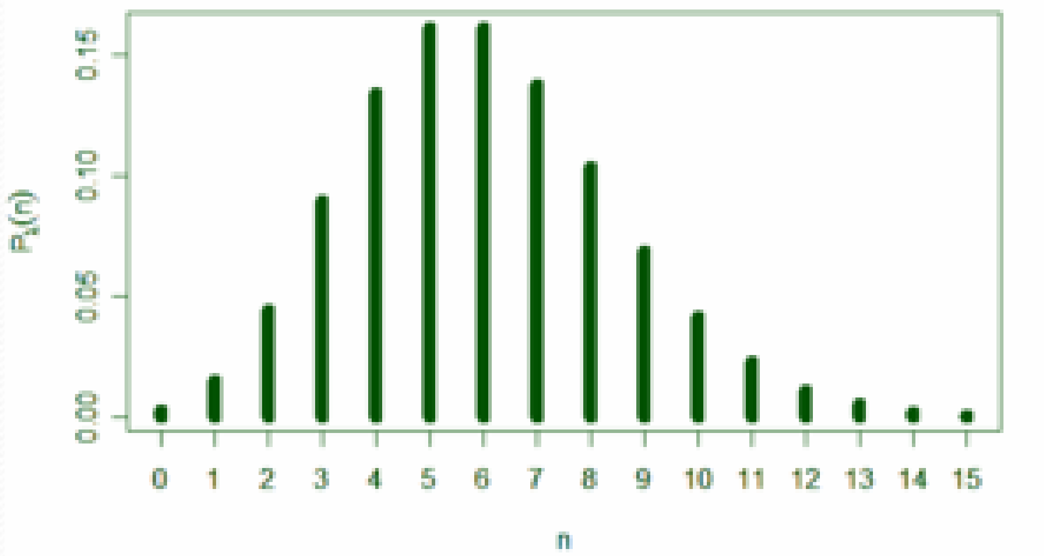
Die statistische Verteilung dafür ist die Poissonverteilung

$$P(n,\mu) = 1/n!\ e^{-\mu}\ \mu^n$$

n = Zahl der Ereignisse

μ= Erwartungswert

μ= 6.2

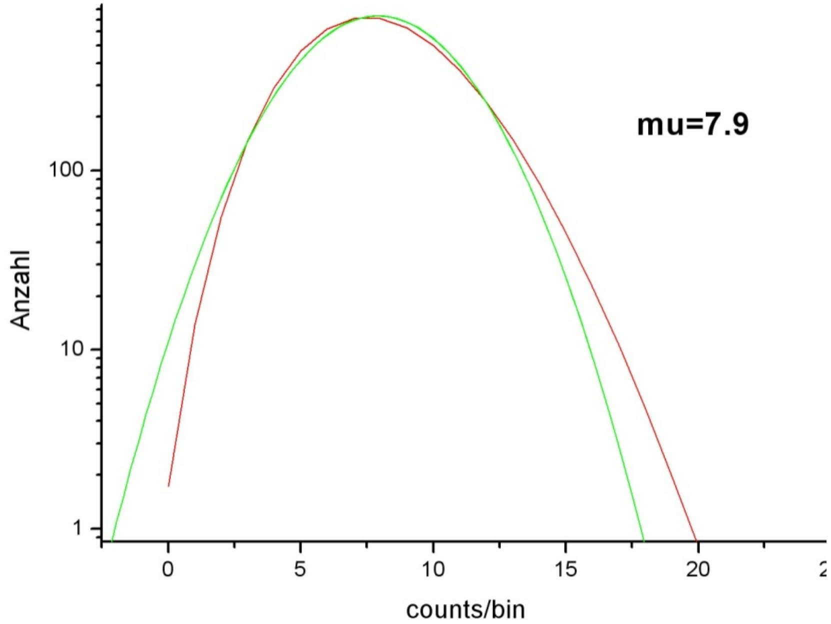


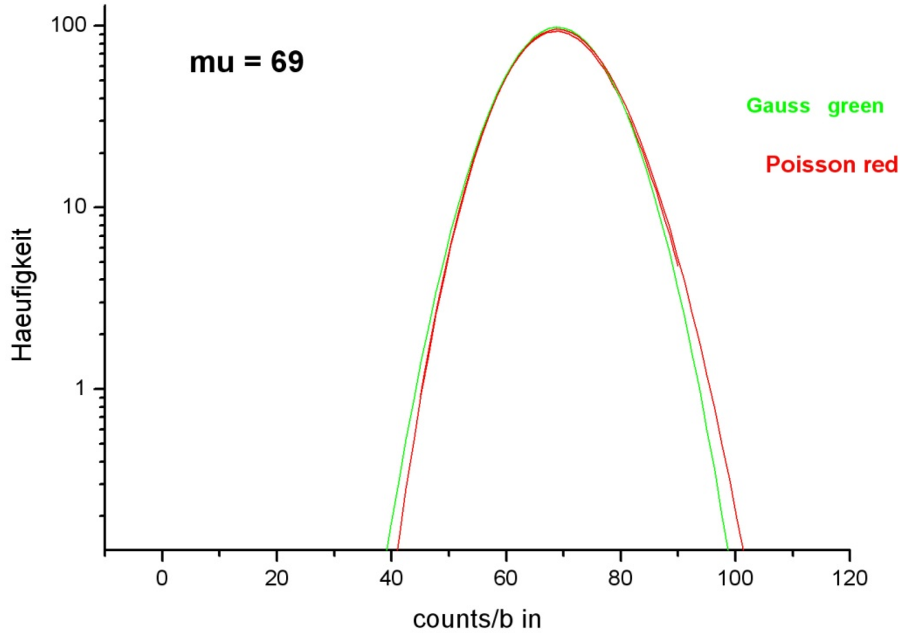
Eigenschaften der Poissonverteilung:

- **Die Verteilung hat nur einen freien Parameter: den Mittelwert *μ***
- **Für die Breite der Verteilung σ gilt: σ = √μ**

Hierauf beruht das √N-Gesetz bei der Fehlerbestimmung von gezählten Größen.

- **für große Werte von μ ist die Verteilung in guter Näherung gaussverteilt mit Mittelwert μ und Breite σ = √μ**





Der statistische Fehler für eine grosse Ereigniszahl N ist 'Gaussverteilt' mit einer Standardabweichung $\sigma = \sqrt{N}$

Gross ist relativ: wir nutzen diesen Fehler bereits für $N \geq 10$!!

Beispiel:
Gemessen wird die Aktivität (Zahl der Zerfälle/s) eines radioaktiven Präparats:

In 1 Minute wurden N=105 Zerfälle gemessen. Wie gross ist die Aktivität?

$A = 105/60\text{s} = 1{,}75$ **Bequerel**
$\Delta A = \sqrt{105}/60\text{s} = 0{,}17$ **Bequerel**

→ $\boxed{A = (1{,}75 \pm 0{,}17)\ \text{Bequerel}}$

Wieviele Zerfälle müssten gemessen werden um A auf 1 % genau zu messen?
→ $\Delta N/N = \sqrt{N}/N = 1/\sqrt{N} = 0.01$ → $N= 10000$

Teil 2 Datenanpassung
Die Methode der kleinsten Fehlerquadrate (χ^2)

- Anpassung von Funktionen an Daten und Bestimmung von Parametern

- Test einer theoretischen Vorhersage oder Entscheidung zwischen verschiedenen Hypothesen

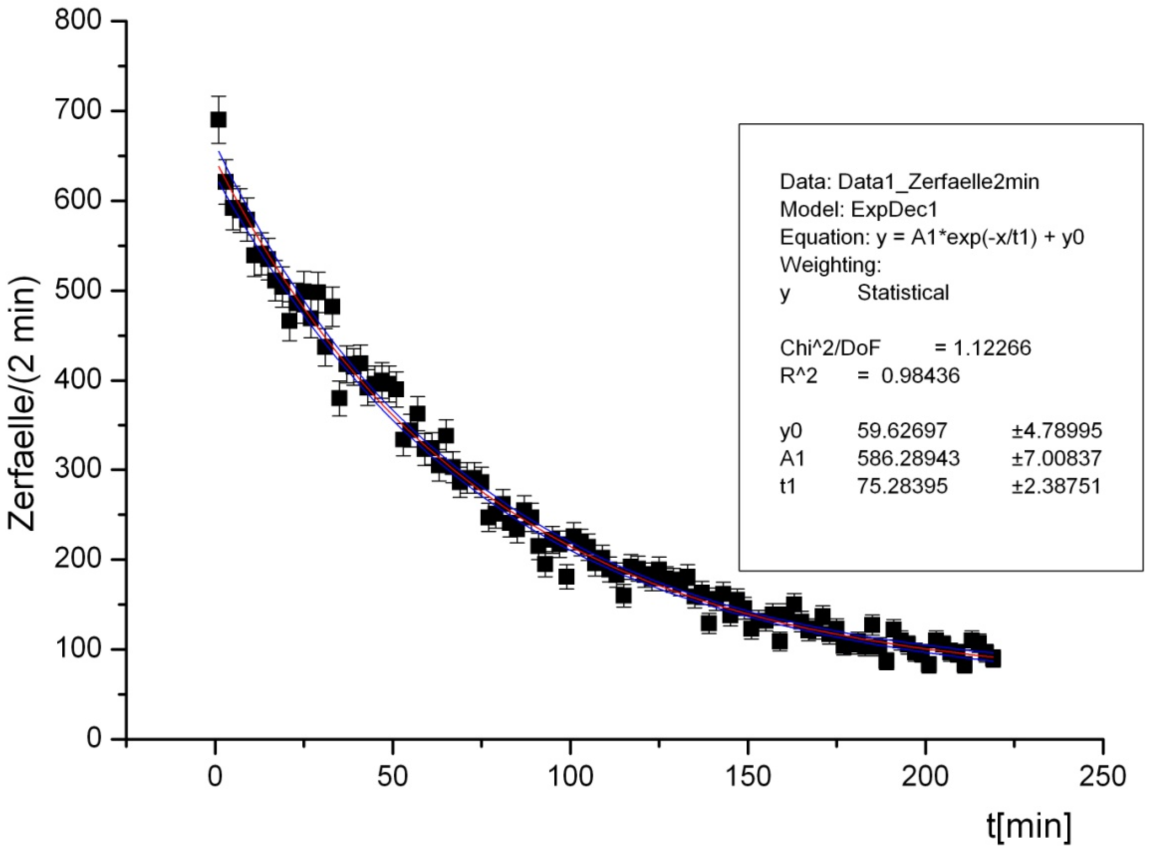
Anpassung von Funktionen an Daten und Bestimmung von Parametern

Typische Anwendungen

- **Bestimmung der Zerfallszeit τ eines Präparats durch Messung von**

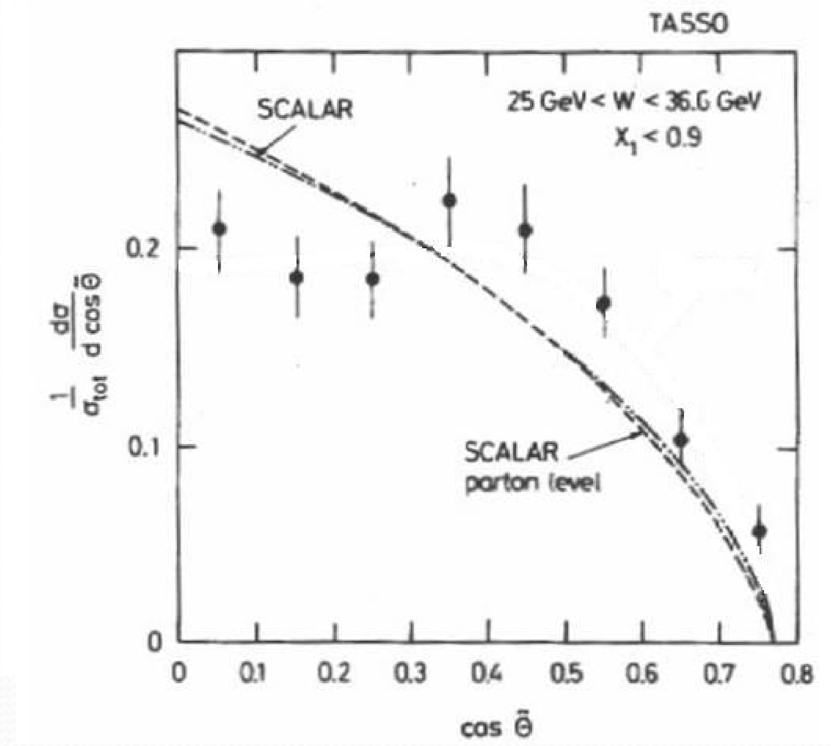
  $N(t) = N_0 \exp(-t/\tau)$

  Hier sind die beiden Parameter τ und N_0 aus den Daten zu bestimmen.



Test einer theoretischen Vorhersage oder Entscheidung zwischen verschiedenen Hypothesen

Modell 1: Gluon hat Spin 0



Modell 2: Gluon hat Spin 1

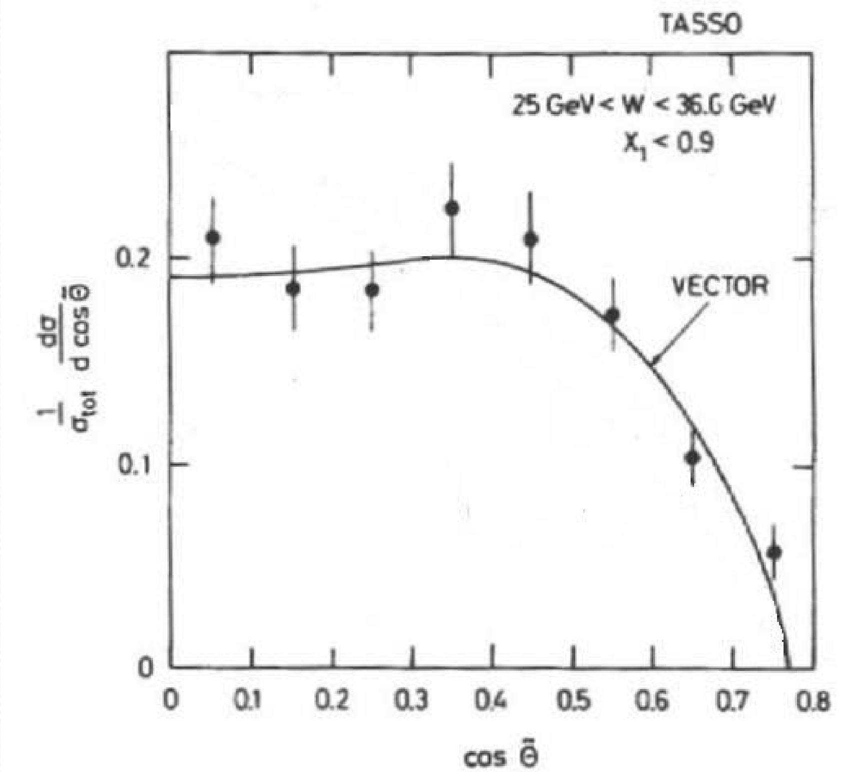


Abb.: Welchen Spin hat das Gluon?

Ist mit dieser Messung der Spin S=0 ausgeschlossen?
Wie gut passt Spin1 zu den Messungen

Die Fitmethode muss Wahrscheinlichkeitaussagen liefern

- **Parametrisierung von Messungen durch eine ‘passende’ Funktion z.B. durch die ‘Allzweckwaffe’ Polynom. Typisches Beispiel: Eichkurve eines Instruments.**

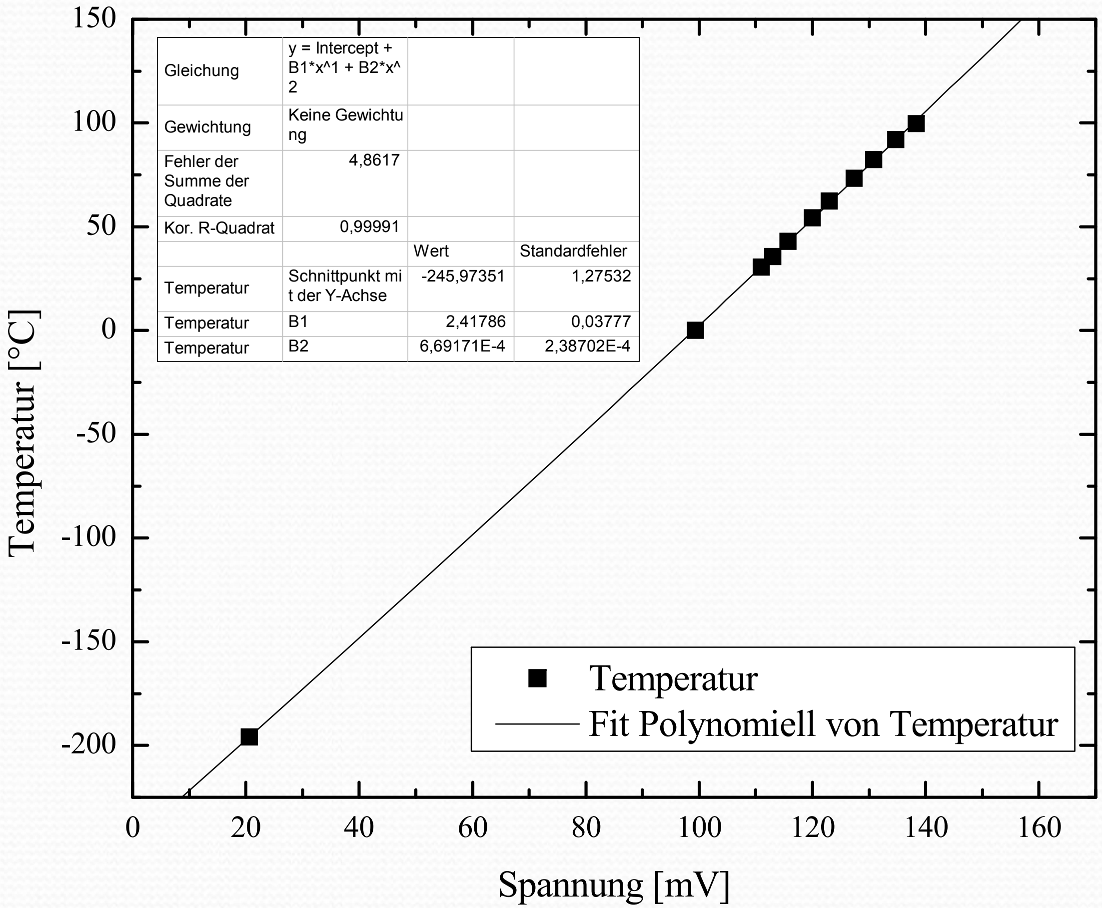


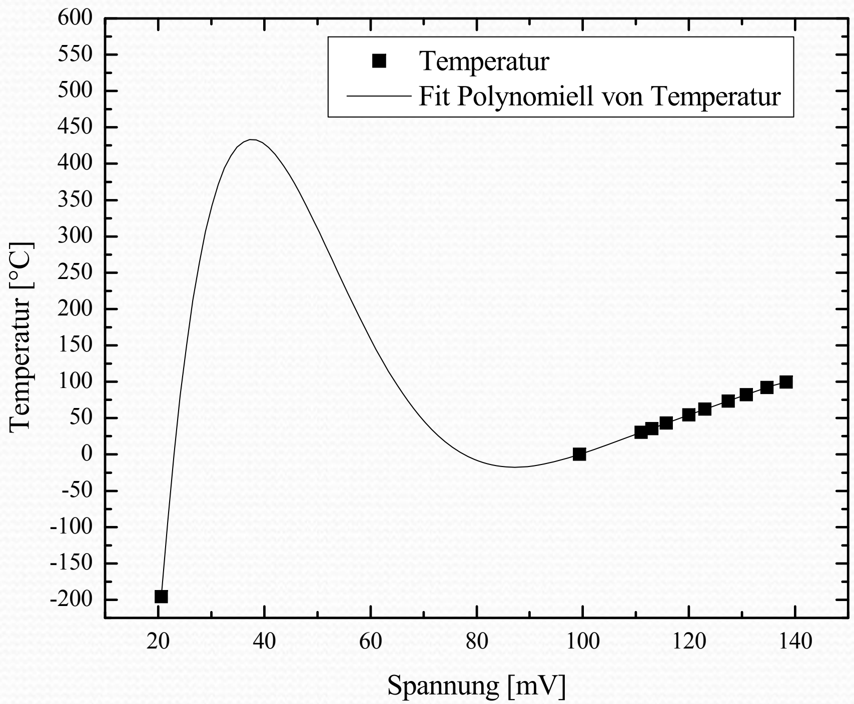
Abb. Eichung eines PT100 Thermometers

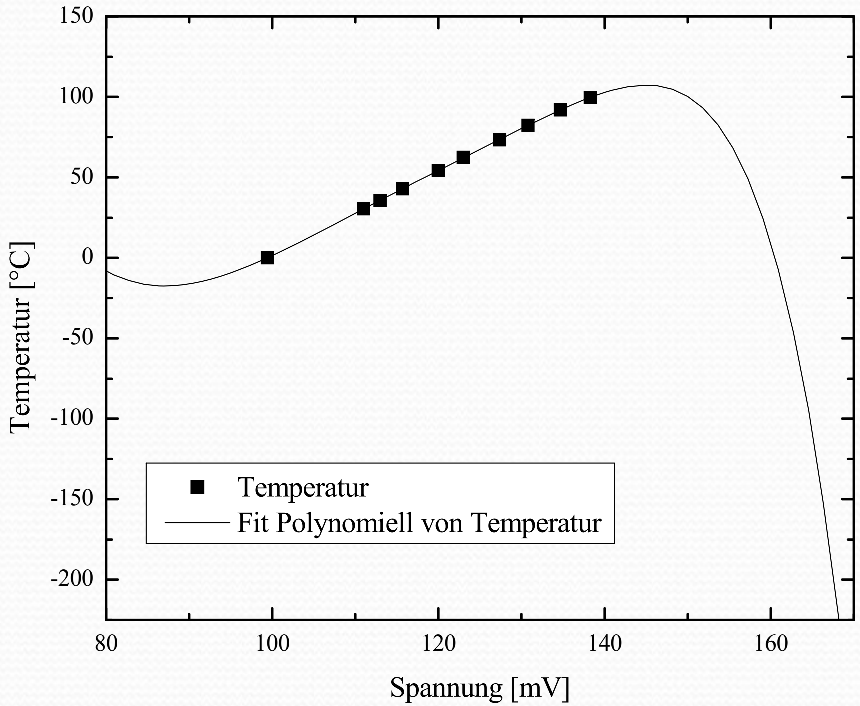
Fit der Daten durch ein Polynom 2. Grades
Damit kann das Instrument jetzt zur Temperaturmessung genutzt werden

Vorsicht mit Polynomen hoher Ordnung !!!

Nur sinnvoll wenn ausreichend viele Daten vorhanden sind. Interpolation oft nicht möglich.

Extrapolation oft nicht möglich

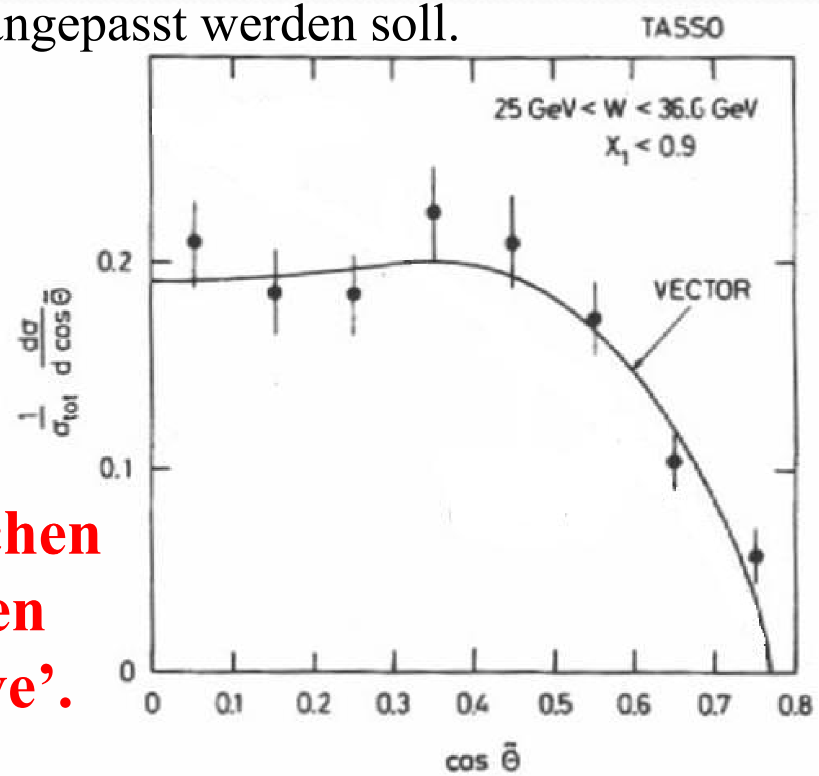




Die χ^2 – Methode (für normalverteilte statistische Fehler)

- Gegeben seien N Messwerte y_i an den Stellen x_i mit statistischen Fehlern σ_i. Die Beziehung zwischen x und y sei durch eine Funktion y = f(x) gegeben, die an die Messdaten angepasst werden soll.
- Die χ^2 Funktion ist definiert durch:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \left(\frac{y_i - f(x_i)}{\sigma_i} \right)^2$$



χ^2 misst die Zahl der quadratischen Standardabweichungen zwischen Datenpunkten und der 'Fitkurve'.

•Die math. Statistik liefert den Beweis, dass die beste Kurvenanpassung erreicht wird, wenn χ^2 minimiert wird.
• Die besten Schätzwerte für die Parameter der Funktion sind die, welche das Minimum von χ^2 liefern.

Begründung der χ^2 - Methode

Wenn die Abweichungen der Messwerte vom wahren Wert gaussverteilt sind, dann ist die Wahrscheinlichkeit, bei einer Messung den Wert y_i zu messen gegeben durch:

$$P(x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y_i - f(x_i)}{\sigma_i}\right)^2}$$

Die Wahrscheinlichkeit, eine Messreihe von N Messungen $\{x_i,y_i\}$ zu bekommen ist dann gleich dem Produkt der Wahrscheinlichkeiten für jeden einzelnen Messpunkt:

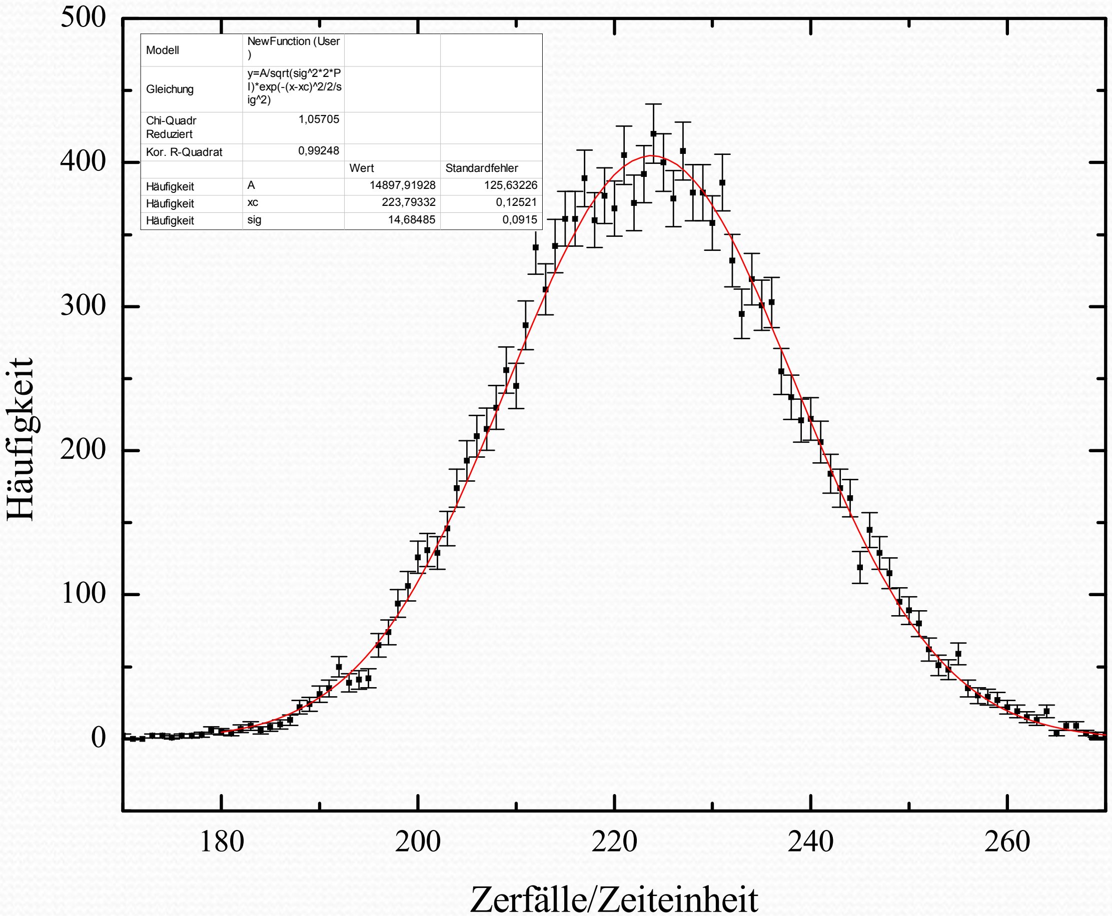
$$P_{ges} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} \exp\left(-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{y_i - f(x_i)}{\sigma_i}\right)^2 \right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} \exp\left(-\frac{1}{2}\chi^2 \right)$$

Wenn die Wahrscheinlichkeit maximiert werden soll, dann muss die Summe im Exponentialterm von P{x,y} minimiert werden, also die Summe der quadratischen Abweichungen χ^2.

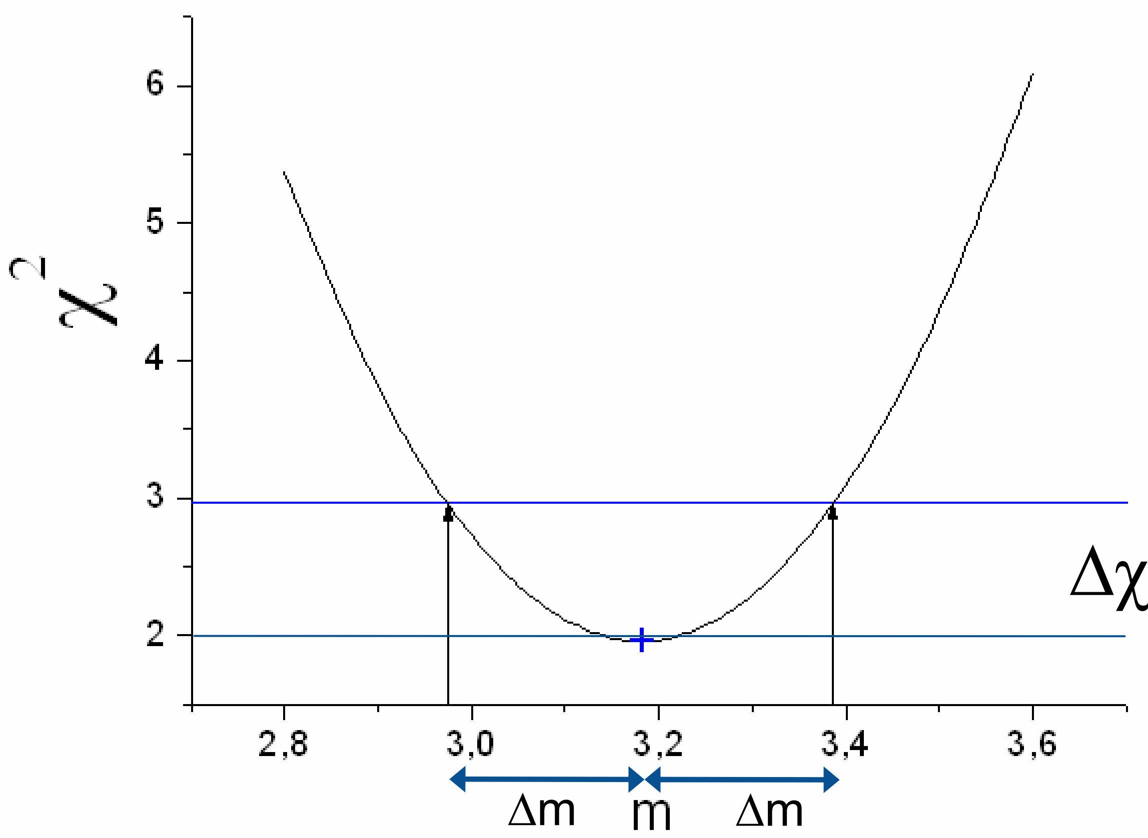
Vorgehensweise

- Modell aufstellen: Funktion f(x; a,b,c,…)
- Schätze die Parameter a, b, c,… , so dass die Funktion die Datenpunkte möglichst gut beschreibt.
- Berechne χ^2
- Finde den Parametersatz a, b, c,.. für den χ^2 minimal wird.
  (Levenberg-Marquardt Algorithmus).

Live Präsentation mit Origin



Fehler der Fitparameter



$\Delta\chi^2 = 1$

Der 1σ– Fehlerbereich eines Fitparameters, wird durch $\chi^2 \pm 1$ bestimmt.

Welche Aussagen können über die Güte des Fits gemacht werden.

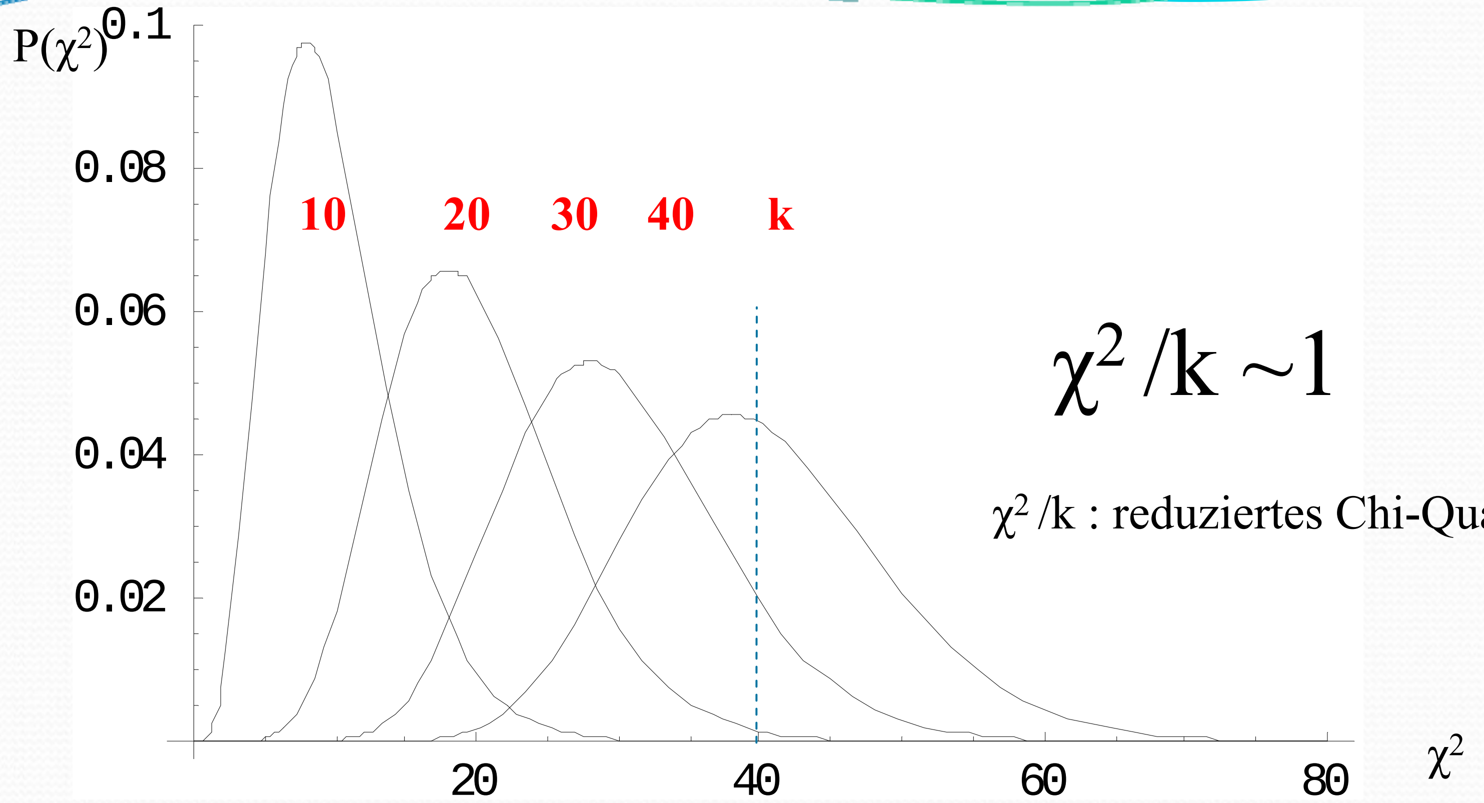
Wie gut beschreibt das physikalische Modell f(x) die Messdaten?

$\Rightarrow$ χ^2 – Verteilung

χ^2 -Verteilung

- Wiederhole eine Messreihe unter gleichen Bedingungen und berechne das dazugehörige χ^2.
- Trage die χ^2 –Werte in ein Histogramm ein.

  $\Rightarrow$ χ^2 – Verteilung.
- Die χ^2 -Verteilung ist eine asymmetrische Verteilung. Ihr Verlauf ist nur abhängig von der Anzahl der Freiheitsgrade.
- Freiheitsgrad (dof) = Anzahl der Messwerte abzüglich der Anzahl der Fitparameter
- Bei Freiheitsgraden >30 geht die χ^2 Verteilung in eine Normalverteilung über.

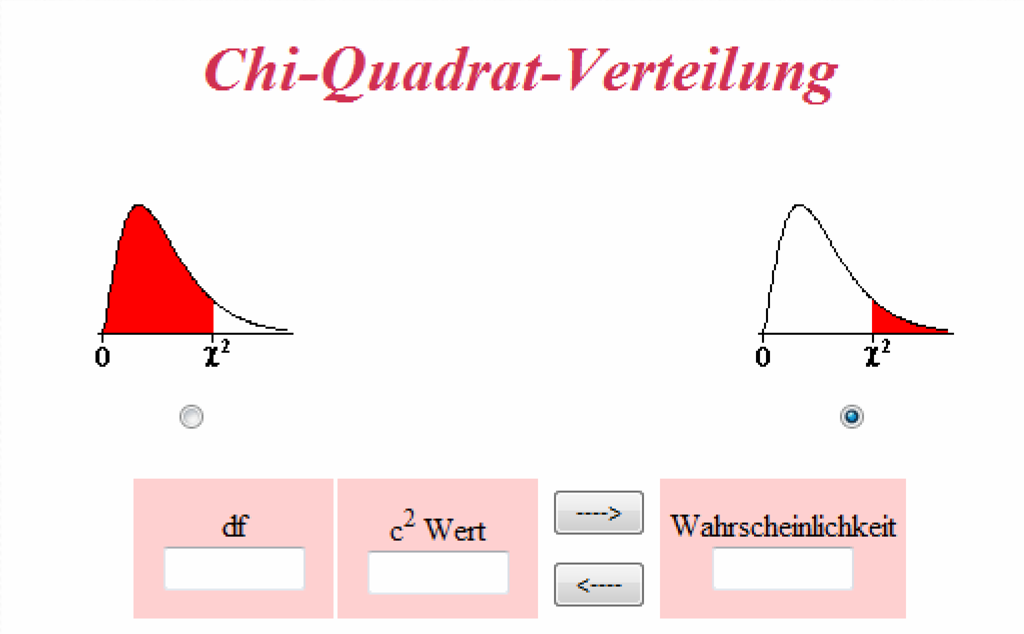


$$\chi^2 / k \sim 1$$

χ^2 /k : reduziertes Chi-Quadrat

Der Wert von χ^2 kann nicht beliebig gross werden. Tatsächlich sagt die Statistik voraus, dass das mittlere χ^2 / Freiheitsgrad etwa 1 sein sollte. Zu jedem gemessenen Wert von χ^2 gehört eine Wahrscheinlichkeitsaussage: mit welche Wahrscheinlichkeit beschreibt die Fitkurve die gemessenen Datenpunkte.

Werte der Wahrscheinlichkeiten sind tabelliert bzw. online berechenbar.



http://www.physi.uni-heidelberg.de/Einrichtungen/AP/info/Software.php

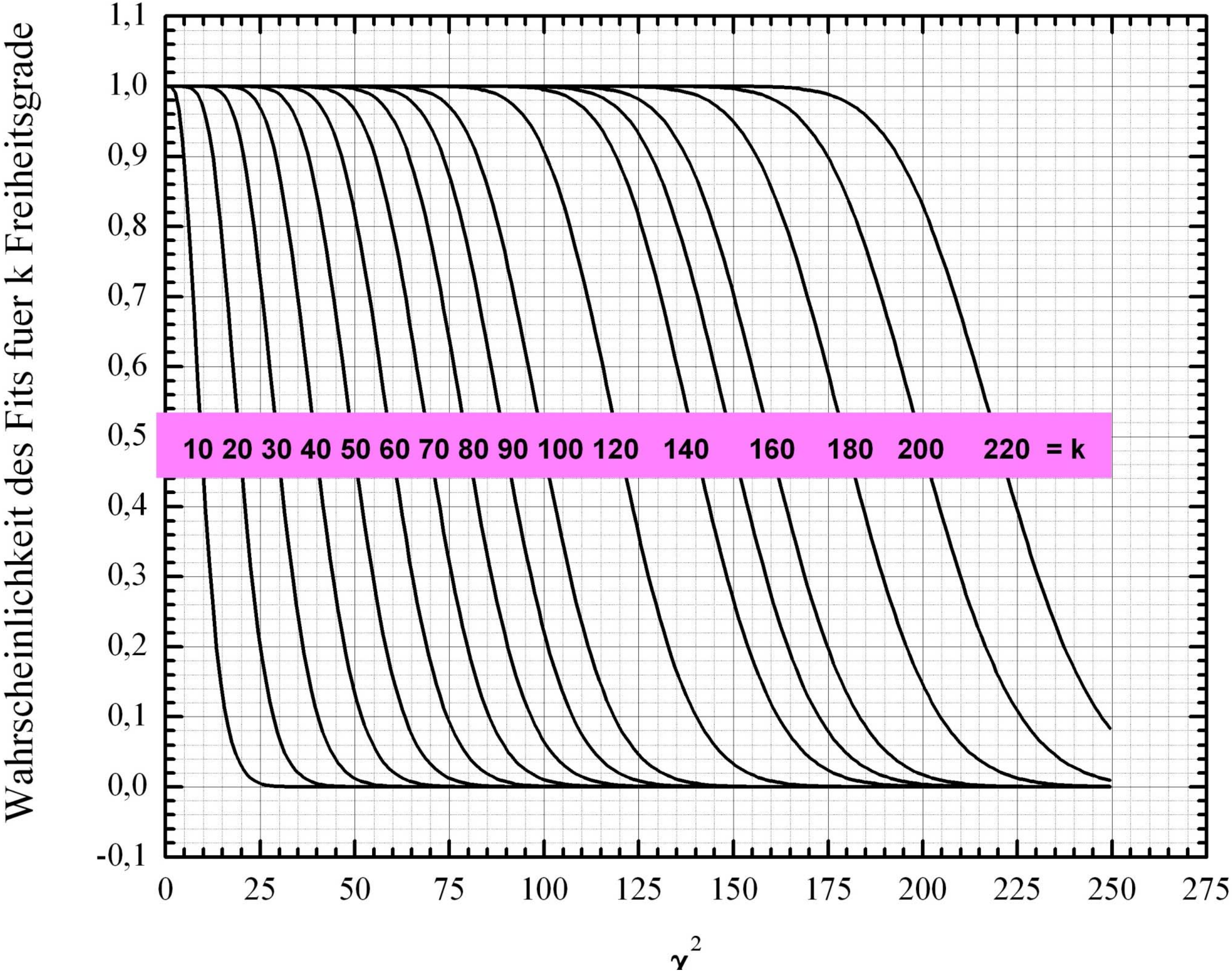
Freiheitsgrade

m	0.9	0.5	0.1	0.01	0.001
10	0.487	**0.934**	1.599	2.321	2.959
20	0.622	**0.967**	1.421	1.878	2.266
30	0.687	**0.978**	1.342	1.696	1.990
40	0.726	**0.983**	1.295	1.592	1.835
50	0.754	**0.987**	1.263	1.523	1.733
60	0.774	**0.989**	1.240	1.473	1.660
70	0.790	**0.990**	1.222	1.435	1.605
80	0.803	**0.992**	1.207	1.404	1.560
90	0.814	**0.993**	1.195	1.379	1.525
100	0.824	**0.993**	1.185	1.358	1.494
140	0.850	**0.995**	1.156	1.299	1.410
200	0.874	**0.997**	1.130	1.247	1.338

Probability level for the hypothesis that the fit describes the deviations better than a random sample

the reduced chi-square value that was obtained by fitting f to {x,y}.

χ^2 /dof = reduziertes χ^2

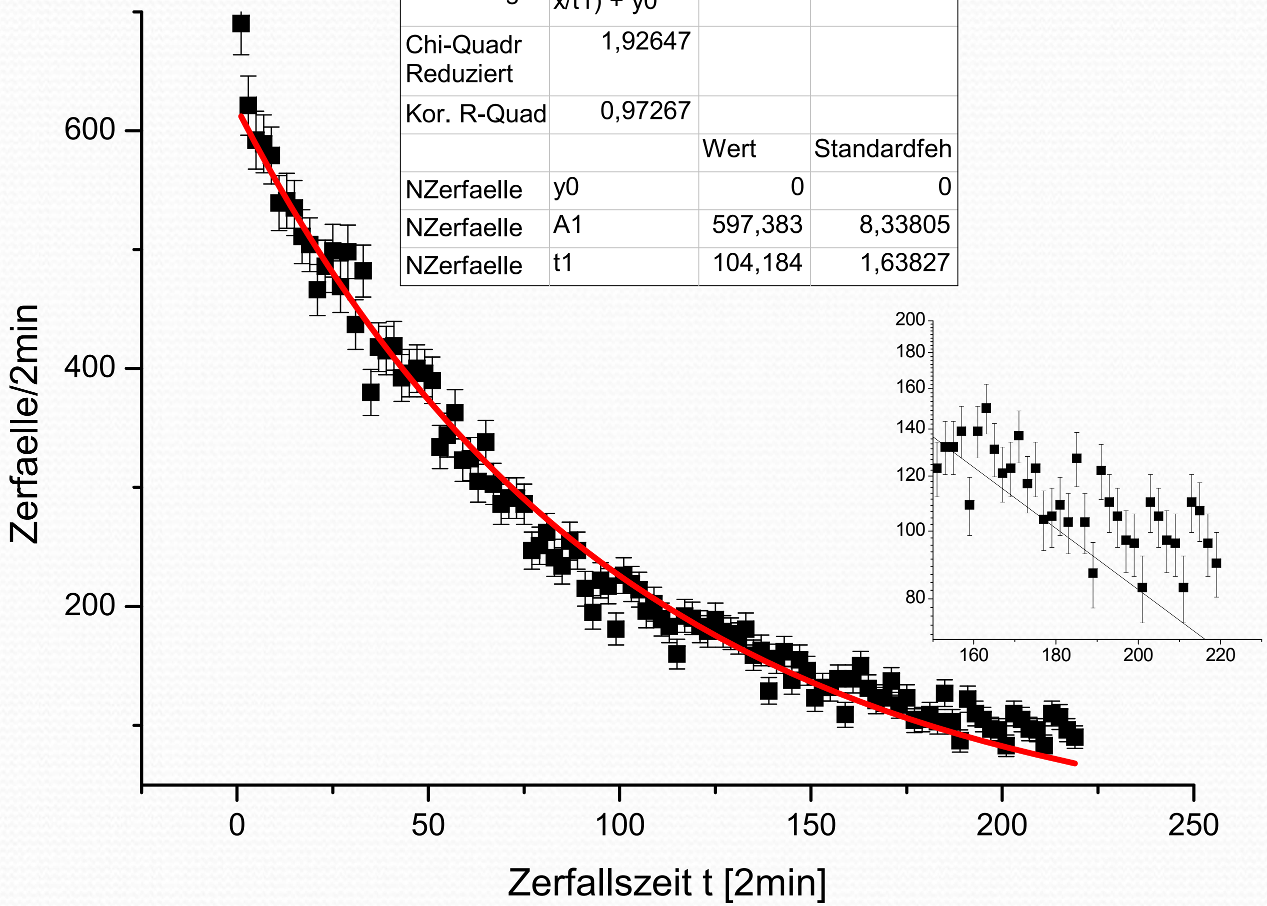

Wahrscheinlichkeit des Fits fuer k Freiheitsgrade
1,1
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
-0,1
0 25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 120 140 160 180 200 220 = k
χ2

Fit ohne Untergundzählrate: N(t)= A1* exp(-t/t1)+y0, y0=0 !

1. Daten weichen systematisch ab bei grosser Zerfallszeit
2. Wert der Zerfallskonstanten weicht signifikant vom Literaturwert ab t1 = (104±2) min

$\chi^2/\mathrm{dof} = 1{,}93 \rightarrow P < 10^{-4}$

Modell	ExpDec1		
Gleichung	y = A1*exp(-x/t1) + y0		
Chi-Quadr Reduziert	1,92647		
Kor. R-Quad	0,97267		
		Wert	Standardfeh
NZerfaelle	y0	0	0
NZerfaelle	A1	597,383	8,33805
NZerfaelle	t1	104,184	1,63827



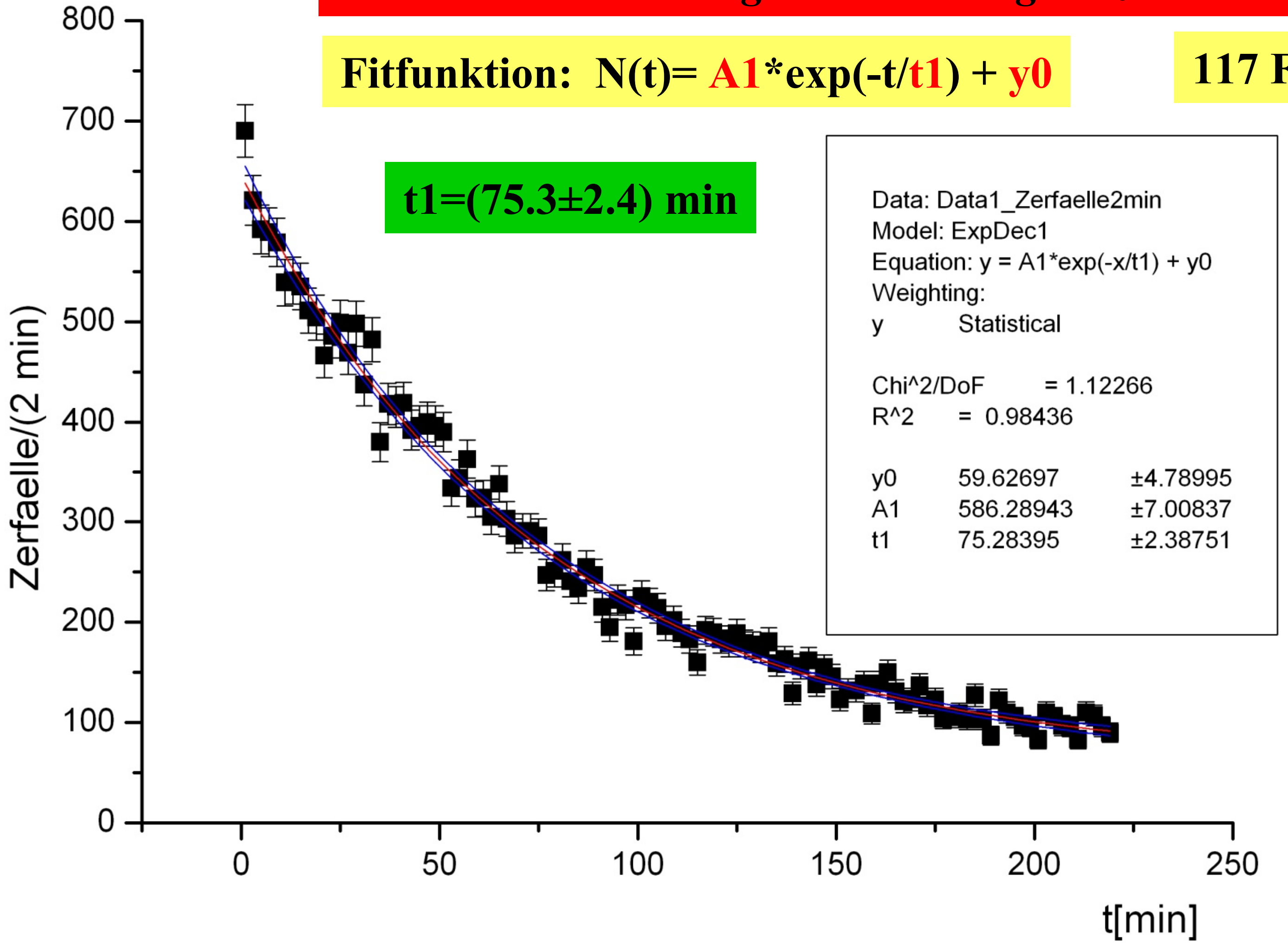
Beispiel: Bestimmung einer Zerfallszeit

Messung der Zahl der Zerfälle in 2min – Intervallen mit dem Zählrohr. Es gibt eine Untergundzählrate!

Fitfunktion: N(t)= A1*exp(-t/t1) + y0

117 Freiheitsgrade

t1=(75.3±2.4) min



Wichtiger Hinweis:

Es gibt keine sichere Methode, das absolute Minimum von χ^2 zu finden
Falls es mehrere Parameter gibt, hat χ^2 oft 'lokale' Minima und der Fit bleibt bei ihnen hängen oder aber der Fit konvergiert nicht, d.h. er findet kein Minimum.

I.A. müssen sie daher 'sinnvolle Startwerte' für die Parameter angeben
Fitten ist Erfahrungssache