

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
DORTMUND

ANFÄNGERPRAKTIKUM PHYSIK
WINTERSEMESTER
13/14

V701
Reichweite von Alphastrahlung

15.04.2014

Johannes Schlüter
Joshua Luckey

johannes.schlueter@udo.edu
joshua.luckey@udo.edu

1 Einleitung

2 Theorie

3 Durchführung

4 Auswertung

In folgendem Abschnitt sind die während des Versuche aufgenommenen Daten, so wie die aus diesen gewonnenen Ergebnisse tabellarisch und mit Hilfe von Grafiken dargestellt. An entsprechender Stelle werden Erklärungen zu den Messdaten, Rechnungen und Ergebnissen gegeben.

4.1 Messung der mittleren Reichweite im Abstand 20mm

Die Messergebnisse der ersten Messung zu Bestimmung der mittleren Reichweite R_m sind in Tabelle 1 aufgeführt. Wobei die hervorgehobene Zeile wegen der großen Abweichung nicht für die folgende Auswertung genutzt wurde.

| Druck p [mbar] | Channel Maximum Ch_{max} | Energie Maximum E_{max} [MeV] | Anzahl Pulse N |
|---------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| 0 | 630 | 3,807 | 34 527 |
| 100 | 628 | 3,795 | 27 953 |
| 200 | 628 | 3,795 | 24 588 |
| 300 | 631 | 3,813 | 38 289 |
| 400 | 630 | 3,807 | 14 007 |
| 450 | 632 | 3,819 | 7717 |
| 500 | 623 | 3,764 | 9970 |
| 550 | 631 | 3,813 | 6084 |
| 600 | 632 | 3,819 | 5376 |
| 650 | 624 | 3,770 | 2688 |
| 700 | 622 | 3,758 | 2933 |
| 750 | 662 | 4,000 | 2051 |
| 800 | 631 | 3,813 | 1773 |
| 850 | 634 | 3,831 | 1997 |
| 900 | 636 | 3,843 | 918 |
| 950 | 640 | 3,867 | 1031 |
| 1000 | 630 | 3,807 | 852 |

Tabelle 1: Messwerte der Messung im Abstand von 20mm

In Abbildung 1 sind diese Messwerte grafisch dargestellt, wobei die Gesamtzahl der gemessenen Pulse durch Division mit der Messdauer $t = 120s$ in die Zerfallsrate umgerechnet

wurde. Die effektive Länge, die Strecke die die Alphastrahlung relativ zu Atmosphärendruck, zurück gelegt hat berechnet sich nach ??.

Die mittlere Reichweite R_m der Alphastrahlung erhält man nun, indem zunächst eine lineare Regression der Messwerte durchgeführt wird. Die in Abbildung 1 grau eingezeichneten Messwerte wurden bei dieser Regression nicht verwendet. Mit Hilfe der Python-Bibliothek *SciPy* [1] erhält man aus den Messdaten mit dem Ansatz

$$A(x) = a \cdot x + b, \quad (1)$$

die Regressionsparameter

$$a = (-20 \pm 1) \text{ s}^{-1} \text{ mm}^{-1} \quad (1a)$$

$$b = (280 \pm 10) \text{ s}^{-1}. \quad (1b)$$

Im folgenden Schritt wird eine zur x-Achse parallele Gerade auf halber Höhe des Maximalwerts, der gemessenen Zerfallsraten, hier gestrichelt, eingezeichnet.

Die zu bestimmende Reichweite R_m lässt sich damit als x-Koordinate des Schnittpunktes dieser beiden Geraden ablesen. Die auf diese Weise ermittelte, mittlere Reichweite beträgt für diese Messdaten $R_m = (6,56 \pm 0,01) \text{ mm}$. Durch Umstellen der ?? kann aus diesem Wert die Energie der Alphastrahlung zu $E_\alpha = (1,648 \pm 0,002) \text{ MeV}$ berechnet werden.^①

Der aus diesen Versuchsdaten zu berechnende Energieverlust $-\frac{dE}{dx}$ wird wegen der besseren Messergebnisse im folgenden Unterabschnitt vorgenommen.

4.2 Messung der mittleren Reichweite im Abstand 25mm

Die bei der Messung im Abstand von 25 mm aufgenommenen Daten sind in Tabelle 2 dargestellt.

Wie in Abschnitt 4.1 beschrieben, sind auch die aus diesen Daten berechneten Zerfallsraten (Messzeit $t = 120 \text{ s}$) in Abbildung 2 gegen die effektive Länge aufgetragen, um die mittlere Reichweite R_m der Alphastrahlung zu bestimmen.

Die dafür notwendige lineare Regression mit dem Ansatz

$$A(x) = c \cdot x + d, \quad (2)$$

^①Der Fehler wurde hierbei durch (I) bestimmt.

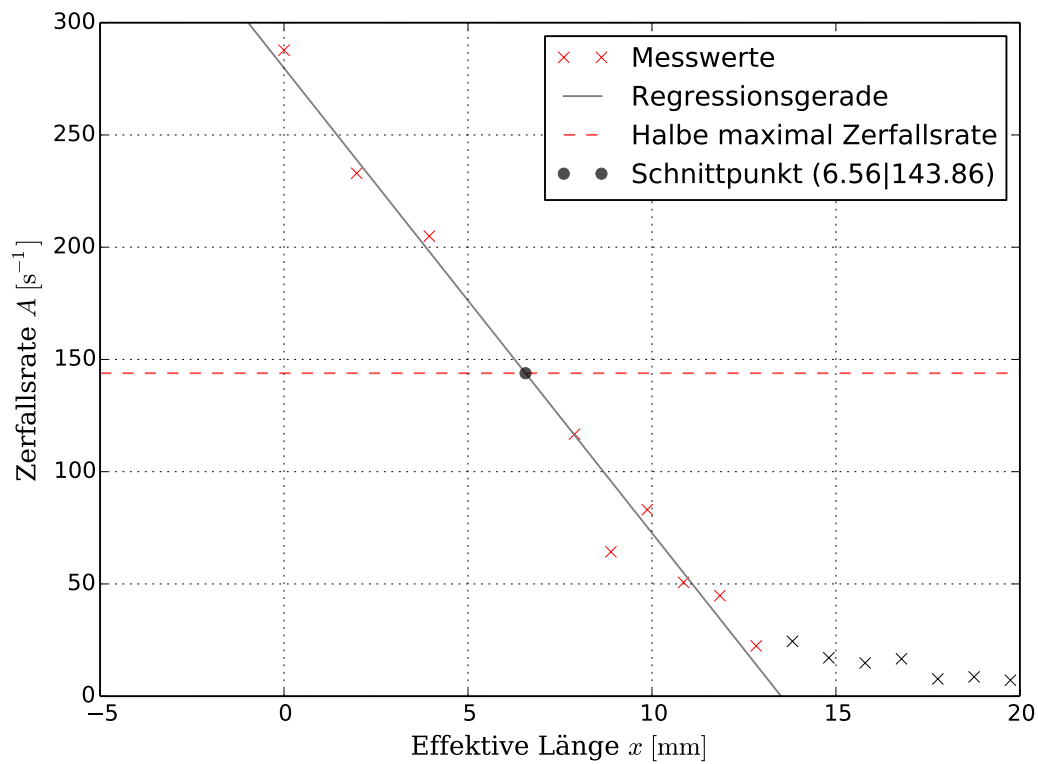


Abbildung 1: Darstellung der Messdaten aus Tabelle 1 und Bestimmung von R_m

| Druck p [mbar] | Channel Maximum Ch_{max} | Energie Maximum E_{max} [MeV] | Anzahl Pulse N |
|---------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| 0 | 559 | 4,000 | 77 188 |
| 200 | 512 | 3,664 | 69 282 |
| 400 | 446 | 3,191 | 58 770 |
| 450 | 468 | 3,349 | 53 517 |
| 500 | 431 | 3,084 | 50 024 |
| 550 | 422 | 3,020 | 46 370 |
| 600 | 419 | 2,998 | 38 034 |
| 650 | 419 | 2,998 | 35 348 |
| 700 | 419 | 2,998 | 26 457 |
| 750 | 419 | 2,998 | 18 744 |
| 800 | 416 | 2,977 | 10 536 |
| 850 | 418 | 2,991 | 5429 |
| 900 | 412 | 2,948 | 4797 |
| 950 | 415 | 2,970 | 5281 |
| 1000 | 421 | 3,013 | 3660 |

Tabelle 2: Messwerte der Messung im Abstand von 25mm

ergibt die Regressionsparameter

$$c = (-15,2 \pm 0,9) \text{ s}^{-1} \text{ mm}^{-1} \quad (2a)$$

$$d = (271 \pm 12) \text{ s}^{-1}. \quad (2b)$$

Aus diesen Daten ergibt sich die mittlere Reichweite von $R_m = (8,39 \pm 0,01)$ mm. Auch aus diesem Wert lässt sich durch Umstellen der ?? die Energie der Alphastrahlung zu $E_\alpha = (1,943 \pm 0,002)$ MeV bestimmen. ^②

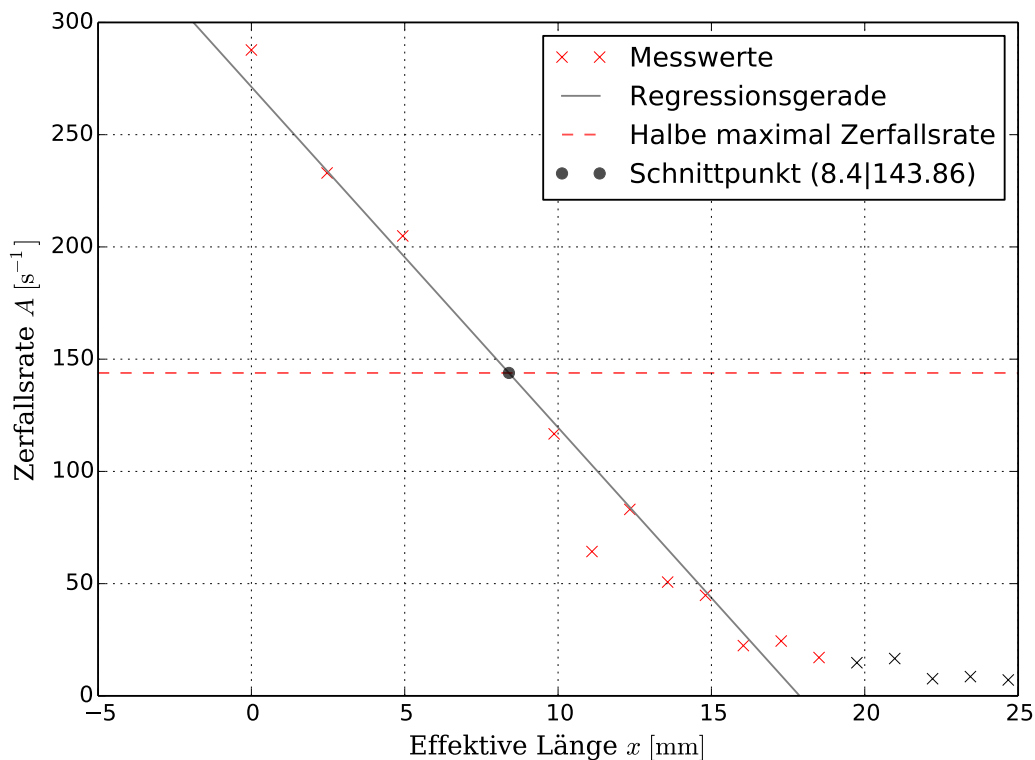


Abbildung 2: Darstellung der Messdaten aus Tabelle 2 und Bestimmung von R_m

Durch das Auftragen der maximalen Energien E_{max} aus Tabelle 2 gegen die effektive Länge x , in Abbildung 3, ist es möglich mit einem der Bethe-Bloch-Gleichung ?? ähnlichen Regressionsansatz

$$E(x) = e \cdot \ln(f \cdot x), \quad (3)$$

die Funktion des Energieverlaufs mit den Regressionsparametern

$$e = (-0,42 \pm 0,06) \text{ MeV} \quad (3a)$$

$$f = (4 \pm 4) \cdot 10^{-5} \text{ mm}^{-1} \quad (3b)$$

zu bestimmen.

Durch Differentiation der auf diese Weise bestimmten Funktion $E(x)$ erhält man die gesuchte Energieänderung $\frac{dE}{dx} = \frac{e}{x} = \frac{-0,42}{x} \text{ MeV mm}^{-1}$ und daraus der Energieverlust

^②Der Fehler wurde hierbei durch (I) bestimmt.

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{0,42}{x} \text{ MeV mm}^{-1}.$$

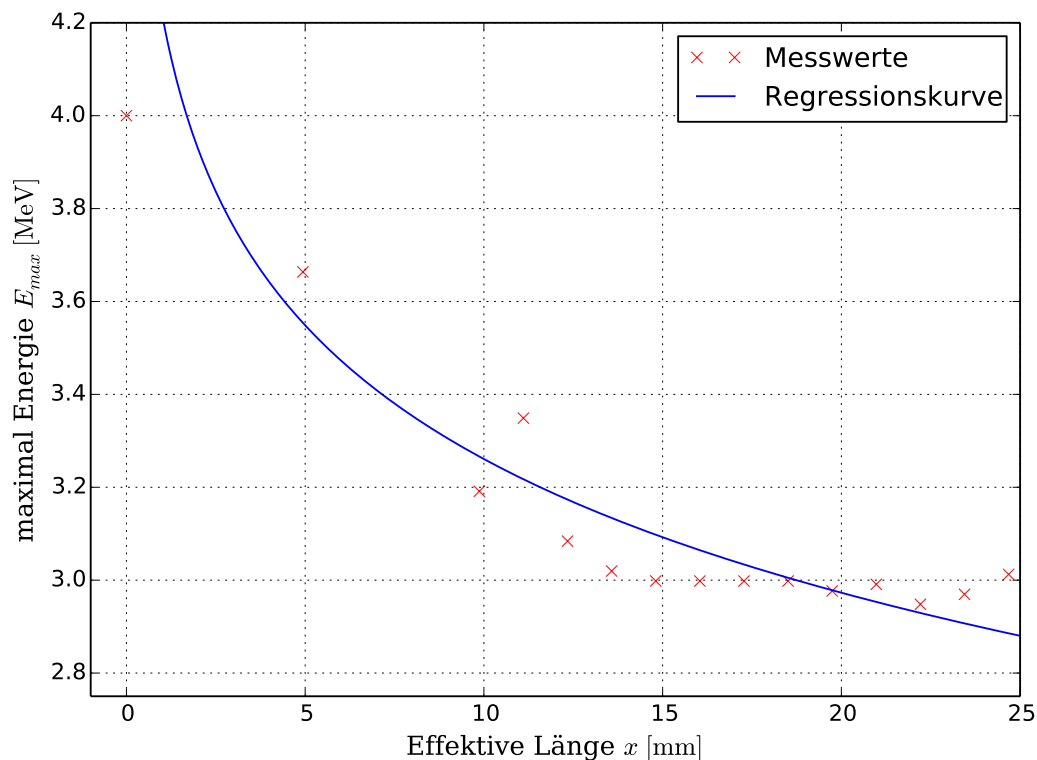


Abbildung 3: Darstellung der maximal Energie in Abhängigkeit der effektiven Länge

4.3 Statistik des radioaktiven Zerfalls

In Tabelle 3 sind die während der Messzeit $\Delta t = 10 \text{ s}$ aufgenommenen Zerfallsraten aufgelistet. Der Mittelwert und die Standardabweichung dieser Messwerte berechnen sich zu

$$\langle A \rangle = (681 \pm 14) \text{ s}^{-1} \quad (4)$$

$$\sigma_A = 136 \text{ s}^{-1} \quad (5)$$

$$(6)$$

Diese Messwert sind in Abbildung 4 in einem Histogramm aufgetragen, in dem die Balkenbreite $\Delta N = 20 \text{ s}^{-1}$ gewählt wurde.

In den Abbildungen 5 und 6 ist das Histogramm aus Abbildung 4 noch einmal im Vergleich zu einer diskreten Poisson- bzw. kontinuierlichen Gauß-Verteilung mit dem Mittelwert der Messdaten dargestellt.

| Messung Nr. | Zerfallsrate $A \text{ [s}^{-1}\text{]}$ | Messung Nr. | Zerfallsrate $A \text{ [s}^{-1}\text{]}$ | Messung Nr. | Zerfallsrate $A \text{ [s}^{-1}\text{]}$ |
|----------------|---|----------------|---|----------------|---|
| 1 | 569 | 35 | 1223 | 69 | 658 |
| 2 | 616 | 36 | 1308 | 70 | 638 |
| 3 | 590 | 37 | 841 | 71 | 649 |
| 4 | 566 | 38 | 647 | 72 | 688 |
| 5 | 599 | 39 | 598 | 73 | 707 |
| 6 | 627 | 40 | 633 | 74 | 896 |
| 7 | 612 | 41 | 645 | 75 | 844 |
| 8 | 604 | 42 | 593 | 76 | 593 |
| 9 | 596 | 43 | 573 | 77 | 746 |
| 10 | 618 | 44 | 603 | 78 | 1089 |
| 11 | 617 | 45 | 561 | 79 | 674 |
| 12 | 621 | 46 | 645 | 80 | 754 |
| 13 | 634 | 47 | 611 | 81 | 750 |
| 14 | 603 | 48 | 575 | 82 | 834 |
| 15 | 588 | 49 | 590 | 83 | 795 |
| 16 | 669 | 50 | 591 | 84 | 703 |
| 17 | 633 | 51 | 692 | 85 | 858 |
| 18 | 630 | 52 | 601 | 86 | 702 |
| 19 | 618 | 53 | 655 | 87 | 636 |
| 20 | 590 | 54 | 776 | 88 | 599 |
| 21 | 593 | 55 | 783 | 89 | 1206 |
| 22 | 595 | 56 | 997 | 90 | 664 |
| 23 | 575 | 57 | 838 | 91 | 609 |
| 24 | 600 | 58 | 683 | 92 | 660 |
| 25 | 682 | 59 | 681 | 93 | 662 |
| 26 | 636 | 60 | 815 | 94 | 663 |
| 27 | 639 | 61 | 628 | 95 | 689 |
| 28 | 670 | 62 | 670 | 96 | 644 |
| 29 | 601 | 63 | 652 | 97 | 648 |
| 30 | 628 | 64 | 623 | 98 | 604 |
| 31 | 652 | 65 | 620 | 99 | 613 |
| 32 | 599 | 66 | 719 | 100 | 581 |
| 33 | 663 | 67 | 858 | | |
| 34 | 617 | 68 | 597 | | |

Tabelle 3: Anzahl der gemessenen Impulse

4.4 Fehlerrechnung

In diesem Abschnitt sind die für die in der Berechnung der Fehler genutzten Gleichungen gelistet, für die Berechnung jeweils die gaußsche Fehlerfortpflanzung genutzt wurde.

Der Fehler der Energie E_α , die aus der mittleren Reichweite R_m berechnet wird erhält

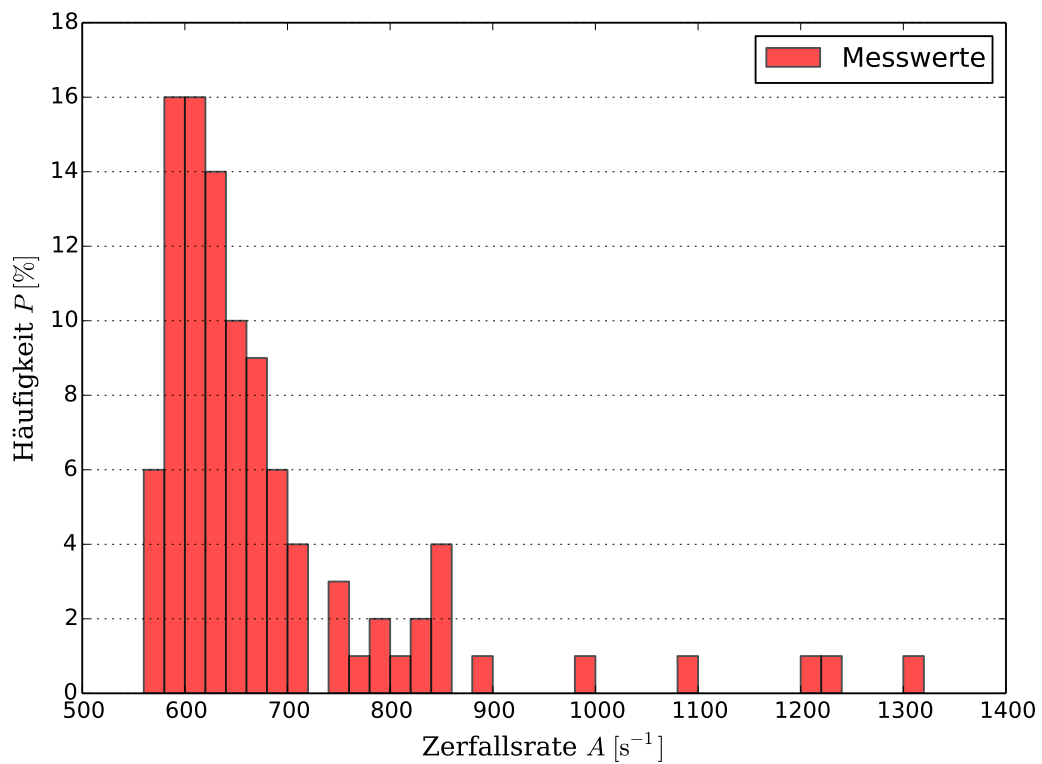


Abbildung 4: Darstellung der Messdaten aus Tabelle 2 und Bestimmung von R_m

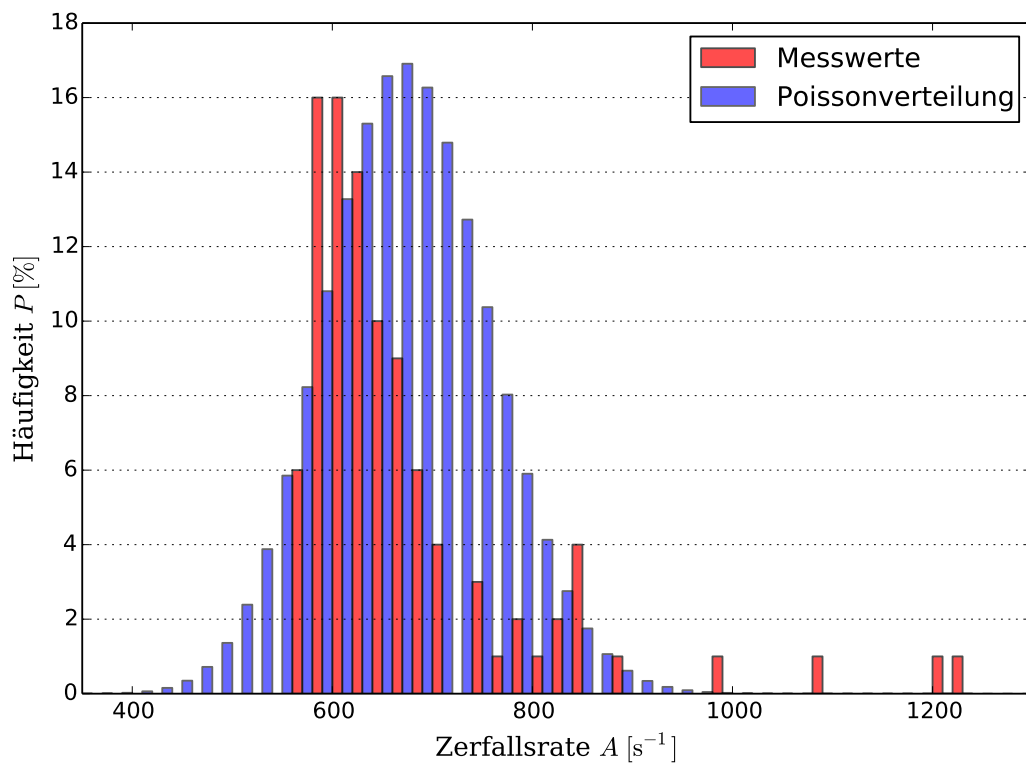


Abbildung 5: Vergleiche der Messdaten mit der diskreten Poissonverteilung

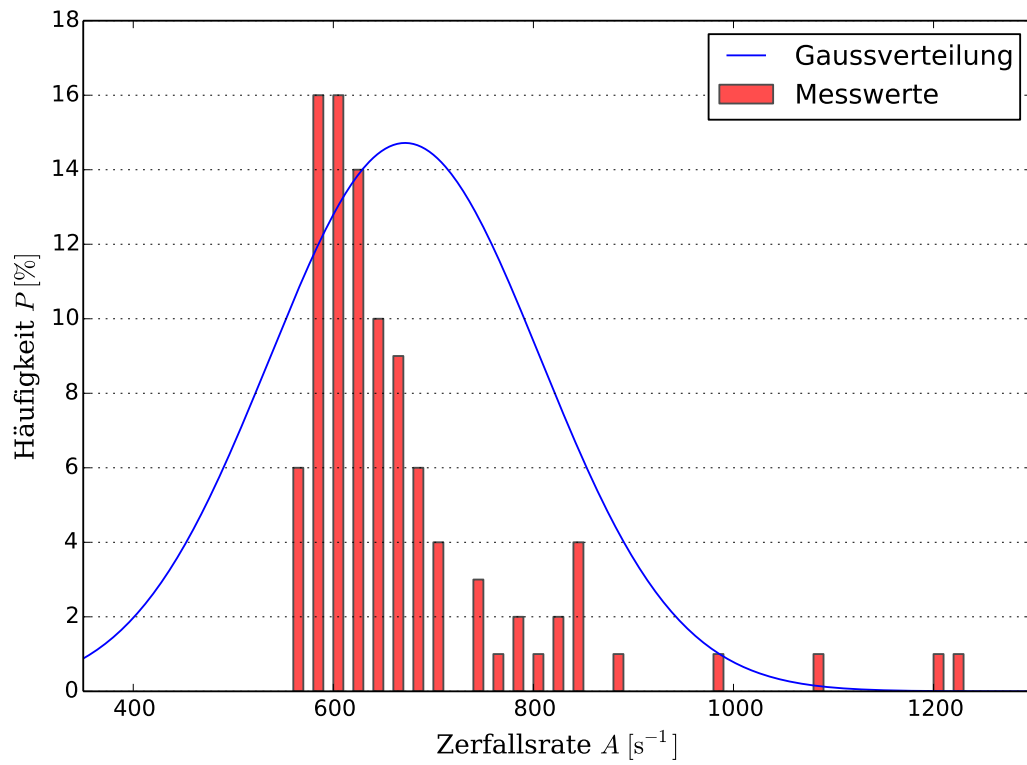


Abbildung 6: Vergleich der Messdaten mit der kontinuierlichen Gaussverteilung

man durch die Gleichung.

$$\sigma_{E_\alpha} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{3,1} \right)^{2/3} \frac{\sigma_{R_m}}{R_m^{1/3}} \quad (\text{I})$$

5 Diskussion

Literatur

- [1] *SciPy*. URL: <http://docs.scipy.org/doc/> (besucht am 18.01.2014).