

Wirkungsquantum

Ein Physikprotokoll

Physik I für KEB, TFH Berlin
30. Juni 2006

Issa Kenaan	739039
Torben Zech	738845
Martin Henning	736150
Abdurrahman Namdar	739068

Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsaufbau	3
2	Messung von U_D und I_D	4
2.1	Bestimmung Zündspannung U_D	5
2.2	Kennlinien	5
3	Abstand der Leuchtdioden	9
4	Berechnung von φ mit gemittelten Abstandswerten	9
4.1	Allgemeine Formel	9
4.2	Berechnung von φ für die rote Leuchtdiode	9
4.3	Berechnung von φ für die gelbe Leuchtdiode	9
4.4	Berechnung von φ für die grüne Leuchtdiode	9
4.5	Berechnung von φ für die orange Leuchtdiode	9
5	Berechnung der Wellenlänge λ	10
6	Werte U_z, λ und λ^{-1} für die einzelnen Leuchtdioden	10
7	Grafische Ermittlung des Wirkungsquantums mit MatLab	11
8	Fehlerrechnung	12

1 Versuchsaufbau

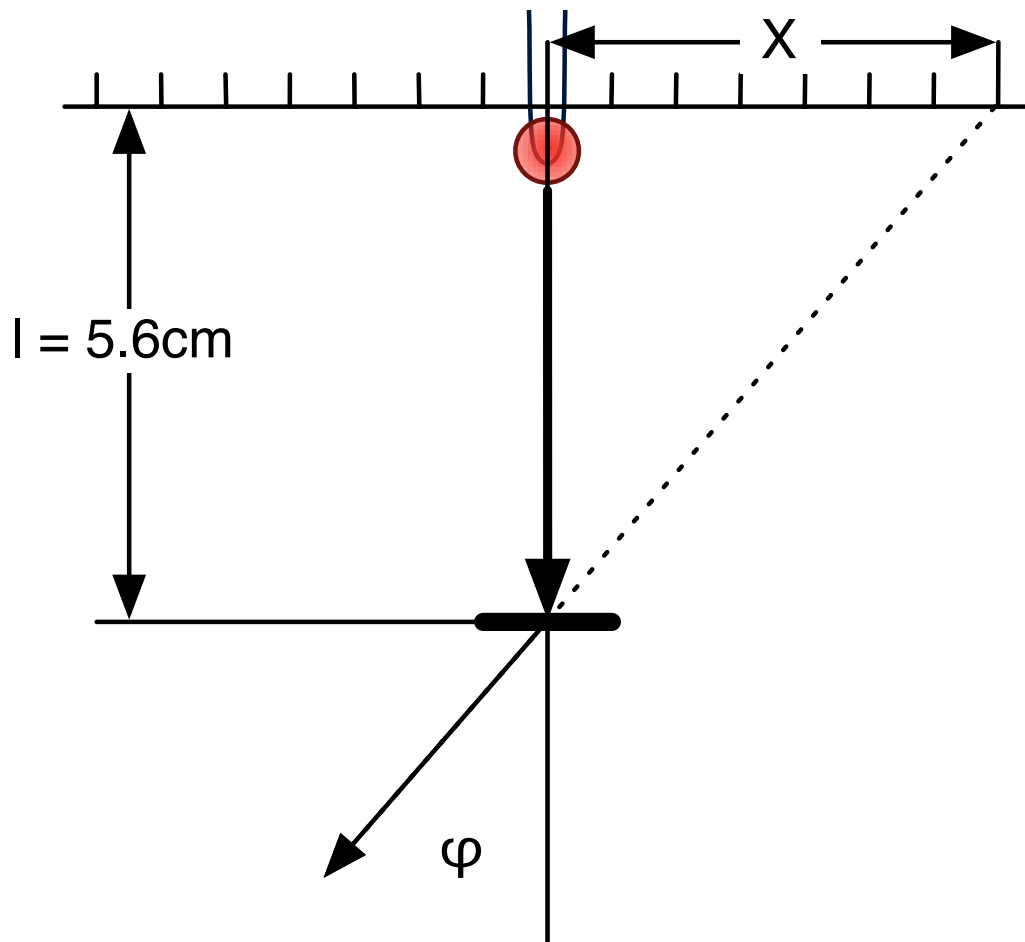


Abbildung 1: Der Versuchsaufbau - Schema und Foto

Die Wellenlänge λ des Leuchtdiodenlichtes kann mit einem Gitter ermittelt werden. Das Gitter wird über die Diode im Abstand L gehalten. Unter dem Winkel φ gebeugte Lichtwellen bilden das Interferenzmaximum 1. Ordnung. Das Auge bündelt die Wellen; das auf der Netzhaut entstehende Bild liegt scheinbar auf dem Maßstab im Abstand x von der Diode.¹

¹Übungsblatt Physik - Wirkungsquantum, TFH Berlin, Oktober 2002

2 Messung von U_D und I_D

Rote LED		Gelbe LED		Grüne LED		Orange LED	
U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]
1.45	0.01	1.45	0	1.45	0	1.45	0
1.5	0.03	1.5	0	1.5	0	1.5	0.02
1.55	0.11	1.55	0.01	1.55	0	1.55	0.05
1.6	0.24	1.6	0.02	1.6	0	1.6	0.15
1.65	0.46	1.65	0.06	1.65	0.01	1.65	0.42
1.7	0.76	1.7	0.21	1.7	0.03	1.7	0.77
1.75	1.26	1.75	0.43	1.75	0.11	1.75	1.28
1.8	1.75	1.8	0.72	1.8	0.28	1.8	1.79
1.85	2.33	1.85	1.17	1.85	0.56	1.85	2.36
1.9	2.87	1.9	1.66	1.9	0.98	1.9	3.01
1.95	3.52	1.95	2.19	1.95	1.47	1.95	3.67
2	4.19	2	2.83	2	2.07	2	4.35
2.05	4.69	2.05	3.36	2.05	2.64	2.05	5.07
2.1	5.4	2.1	3.94	2.1	3.32	2.1	5.74
2.15	5.98	2.15	4.63	2.15	3.84	2.15	6.3
2.2	6.61	2.2	5.21	2.2	4.49	2.2	7
2.25	n/a	2.25	5.8	2.25	4.96	2.25	n/a
2.3	n/a	2.3	n/a	2.3	5.46	2.3	n/a
2.35	n/a	2.35	n/a	2.35	6.07	2.35	n/a
2.4	n/a	2.4	n/a	2.4	6.64	2.4	n/a

- Bei der Roten und Orangen Diode haben wir ab 2.2 V nicht mehr gemessen, weil wir dort schon im linearen Bereich waren.
- Bei der Gelben Diode haben wir ab 2.3 V nicht mehr gemessen, weil ab dort ebenfalls eine klare Linearität zu erkennen war.

2.1 Bestimmung Zündspannung U_D

Die Zündspannung von den Dioden lässt sich aus den Kennlinien unten ablesen. Es ist jeweils der Schnittpunkt der Kurve mit der x-Achse. Diese wurde in dem Bereich, in dem sie linear ist extrapoliert und mit MatLab errechnet, wo diese Kurve die x-Achse schneidet.

2.2 Kennlinien

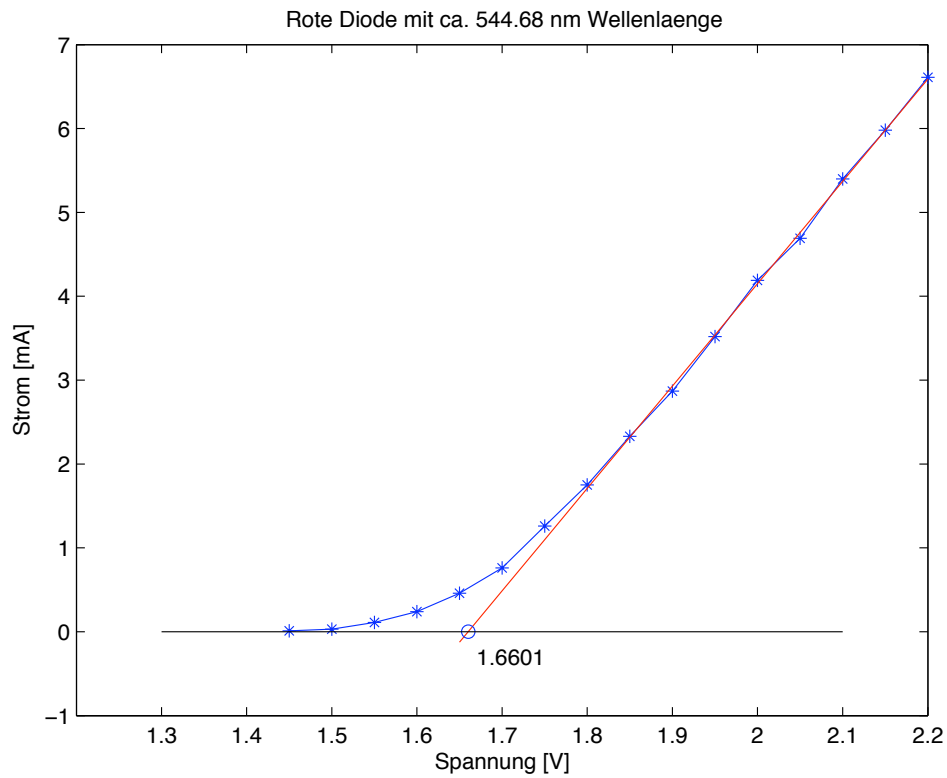


Abbildung 2: Kennlinie der roten LED

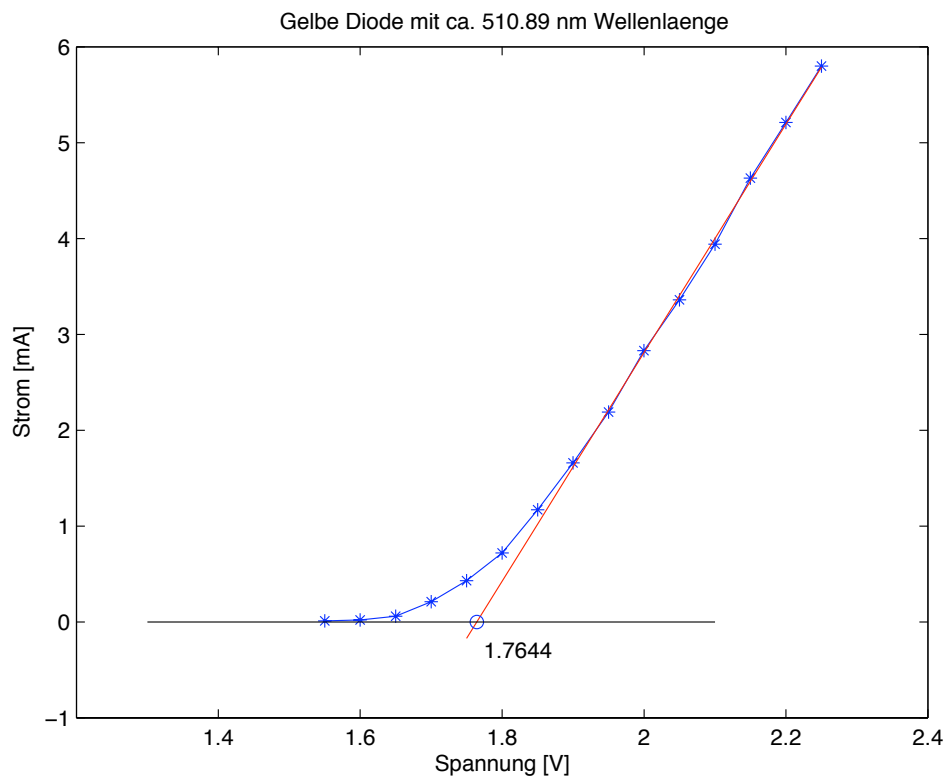


Abbildung 3: Kennlinie der gelben LED

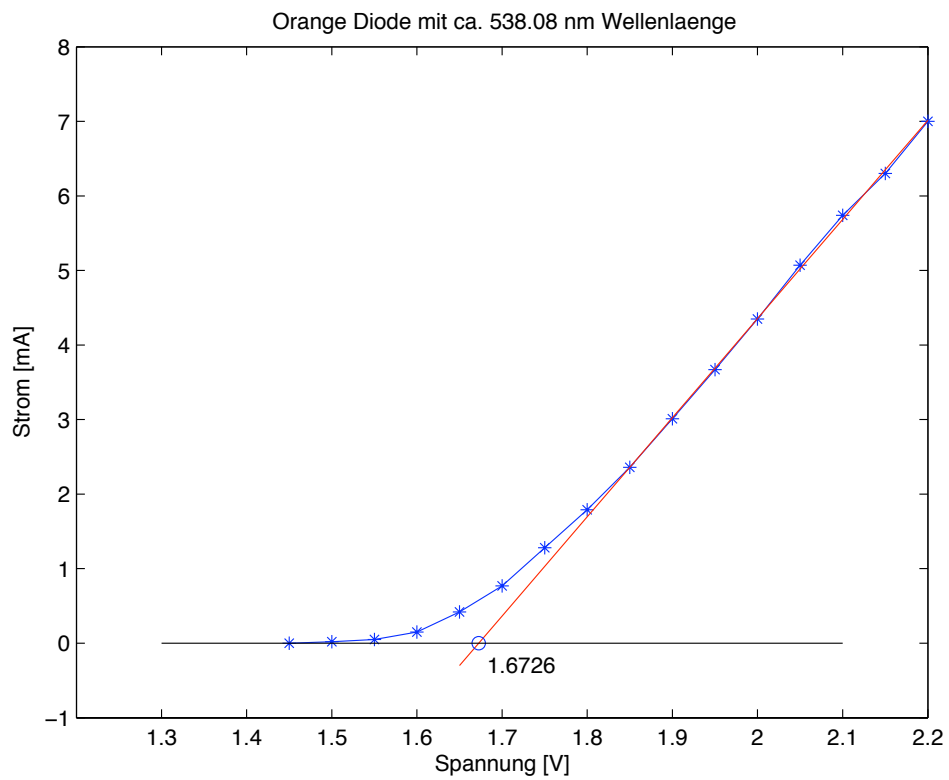


Abbildung 4: Kennlinie der orangen LED

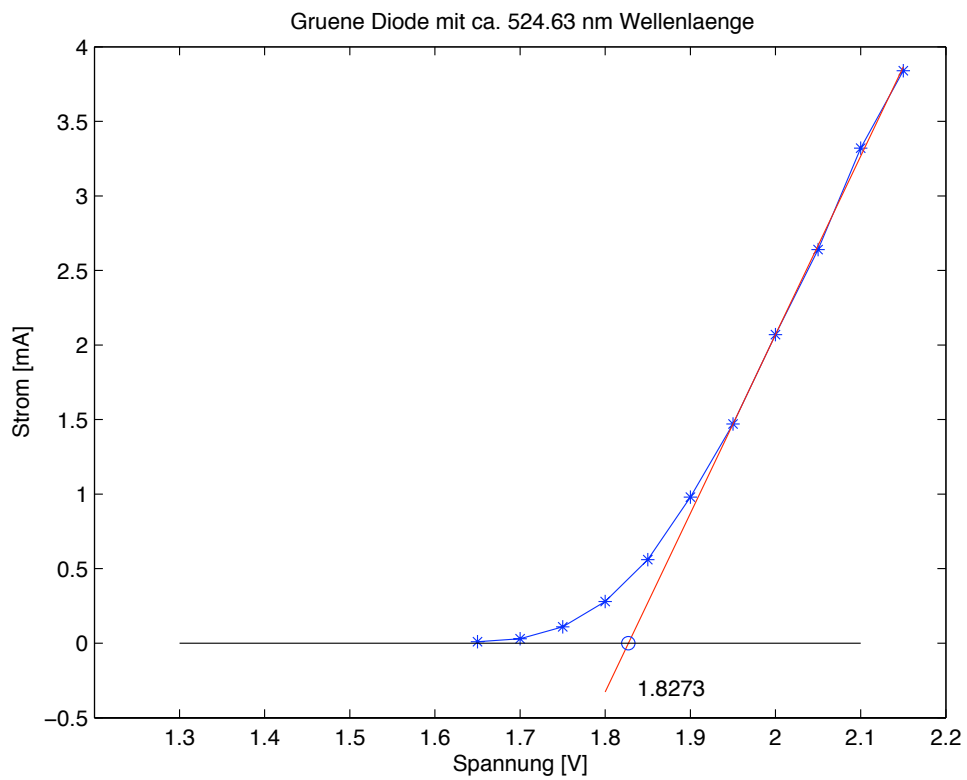


Abbildung 5: Kennlinie der grünen LED

3 Abstand der Leuchtdioden

Rote LED	gelbe LED	Grüne LED	orange LED
3.15 cm	2.9 cm	3 cm	3.1 cm

4 Berechnung von φ mit gemittelten Abstandswerten

4.1 Allgemeine Formel

$$\varphi = \arctan\left(\frac{\text{gemittelter Abstandswert}}{5.6 \text{ cm}}\right) \quad (1)$$

4.2 Berechnung von φ für die rote Leuchtdiode

$$\varphi = \arctan\left(\frac{3.15 \text{ cm}}{5.6 \text{ cm}}\right) = 29.36^\circ \quad (2)$$

4.3 Berechnung von φ für die gelbe Leuchtdiode

$$\varphi = \arctan\left(\frac{2.9 \text{ cm}}{5.6 \text{ cm}}\right) = 27.38^\circ \quad (3)$$

4.4 Berechnung von φ für die grüne Leuchtdiode

$$\varphi = \arctan\left(\frac{3 \text{ cm}}{5.6 \text{ cm}}\right) = 28.18^\circ \quad (4)$$

4.5 Berechnung von φ für die orange Leuchtdiode

$$\sin(\varphi) = \arctan\left(\frac{3.1 \text{ cm}}{5.6 \text{ cm}}\right) = 28.98^\circ \quad (5)$$

5 Berechnung der Wellenlänge λ

aus

$$\sin(\varphi) = \frac{\lambda}{a} \quad (6)$$

umgestellt nach λ und $a = 1.111\mu\text{ m}$ ergibt sich:

$$\lambda = \sin(\varphi) \cdot a = 1.111\mu\text{m} \cdot \sin(\varphi) \quad (7)$$

$$\lambda_{\text{roteLED}} = 544.68 \text{ nm} \quad (8)$$

$$\lambda_{\text{gelbeLED}} = 510.89 \text{ nm} \quad (9)$$

$$\lambda_{\text{grüneLED}} = 524.64 \text{ nm} \quad (10)$$

$$\lambda_{\text{orangeLED}} = 538.08 \text{ nm} \quad (11)$$

6 Werte U_z , λ und λ^{-1} für die einzelnen Leuchtdioden

Rote LED			Gelbe LED		
U_z	λ	λ^{-1}	U_z	λ	λ^{-1}
1.6601 V	544.68 nm	1.84 Mm ⁻¹	1.7644 V	510.89 nm	1.96 Mm ⁻¹
Grüne LED			Orange LED		
U_z	λ	λ^{-1}	U_z	λ	λ^{-1}
1.8273 V	524.64 nm	1.91 Mm ⁻¹	1.6726 V	538.08	1.86 Mm ⁻¹

7 Grafische Ermittlung des Wirkungsquantums mit MatLab

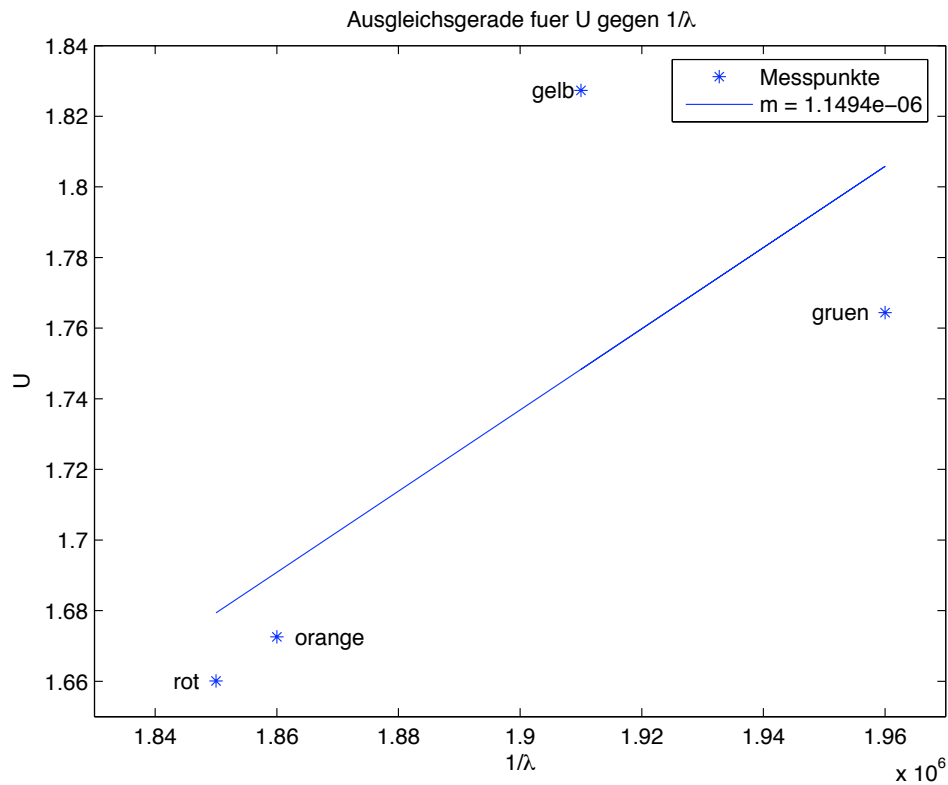


Abbildung 6: Ausgleichsgerade zur Ermittlung der Steigung m

Mit MatLab wird die Ausgleichsgerade (siehe Abb. 6) mittels `polyfit` erstellt und gleichzeitig die Steigung m errechnet (siehe Zeile 20):

$$e = 1.602189 \cdot 10^{-19} \text{As} \quad (12)$$

$$c = 2.9979254 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (13)$$

$$h = \frac{m \cdot e}{c} \quad (14)$$

$$h = \frac{m \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{C}}{299792458 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \quad (15)$$

$$\Rightarrow h = \underline{\underline{6.21830121675 \cdot 10^{-34} \frac{\text{As}^2}{\text{m}}}} \quad (16)$$

8 Fehlerrechnung

```
1 Uv=[1.6601 1.6726 1.7644 1.8273]; %Zuendspannungen
2 Lv=(10^6).*[1.85 1.86 1.96 1.91]; %1/Lambda
3
4 plot(Lv,Uv,'*'); %Punkte plotten
5
6 hold on;
7 [p,S]=polyfit(Lv,Uv,1); %fit ueber Werte
8 plot(Lv,polyval(p,Lv)); %Ausgleichsgerade plotten
9 hold on;
10
11 axis([1.83*10^6 1.97*10^6 1.65 1.84]) %Plotbereich
12
13 title 'Ausgleichsgerade fuer U gegen 1/\lambda';
14 xlabel '1/\lambda';
15 ylabel 'U';
16 text (Lv(1)-7000,Uv(1),'rot');
17 text (Lv(2)+3000,Uv(2),'orange');
18 text (Lv(3)-12000,Uv(3),'gruen');
19 text (Lv(4)-8000,Uv(4),'gelb');
20 %Die Steigung befindet sich im Vektor p an erster Stelle
21 legend ('Messpunkte',['m = ',num2str(p(1))]);
```

Als Ergebnis liefert MatLab 21.0468 %. Damit beträgt das Wirkungsquantum

$$h = \underline{\underline{6.21830121675 \cdot 10^{-34} \frac{\text{As}^2}{\text{m}} \pm 65.43767 \cdot 10^{-36} \frac{\text{As}^2}{\text{m}}}} \quad (17)$$

Das *echte* Wirkungsquantum wird laut Tabelle mit $6.626876 \cdot 10^{-34} \frac{\text{As}^2}{\text{m}}$ angegeben. Unser Ergebnis sieht schon recht gut aus - fraglich ist jedoch, ob und wie dicht wir uns mit unserem Fehlerintervall an die Realität annähern. Dazu berechnet man einfach mittels der Fehlergrenzen das maxi- und das minimale Ergebnis, und untersucht, ob das *Original* im entstandenen Intervall liegt.

$$h_{max} = 6.87267791 \cdot 10^{-34} \frac{\text{As}^2}{\text{m}} \quad (18)$$

$$h_{min} = 5.56392456 \cdot 10^{-34} \frac{\text{As}^2}{\text{m}} \quad (19)$$

Offensichtlich liegt der reelle Wert in dem von uns errechneten Intervall. Außerdem ist festzustellen, dass wir den tatsächlichen Wert nicht nur sehr knapp, sondern *bequem* erreichen, was uns auf eine relativ genaue Messung und dementsprechend gutes Ergebnis schließen läßt.