

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
DORTMUND

ANFÄNGERPRAKTIKUM PHYSIK
SOMMERSEMESTER
2014

V408
Geometrische Optik

29.04.2014

1. ABGABE

Johannes Schlüter

Joshua Luckey

johannes.schlueter@udo.edu

joshua.luckey@udo.edu

1 Einleitung

2 Theorie

3 Durchführung

4 Auswertung

Im folgenden Abschnitt sind die während des Versuchs aufgenommenen und die daraus berechneten Daten tabellarisch und grafisch dargestellt. An entsprechender Stelle sind Erklärungen zu den vorgenommenen Berechnungen und Ergebnissen gegeben. Die für die Fehlerrechnung verwendeten Gleichungen befinden sich in Abschnitt 4.5 und werden mit römischen Ziffern referenziert.

4.1 Überprüfung der bekannten Brennweite einer Linse

Die Messwerte, die für die Berechnung und Überprüfung der Brennweite $f = 10\text{ cm}$ aufgenommen wurden befinden sich in Tabelle 1.

Pos. Bild x_B [cm]	Pos. Linse x_L [cm]	Gegenstandsweite g [cm]	Bildweite b [cm]
$89,6 \pm 0,1$	$109,0 \pm 0,1$	$20,0 \pm 0,1$	$19,4 \pm 0,1$
$87,8 \pm 0,1$	$104,0 \pm 0,1$	$25,0 \pm 0,1$	$16,2 \pm 0,1$
$84,4 \pm 0,1$	$99,0 \pm 0,1$	$30,0 \pm 0,1$	$14,6 \pm 0,1$
$80,4 \pm 0,1$	$94,0 \pm 0,1$	$35,0 \pm 0,1$	$13,6 \pm 0,1$
$76,0 \pm 0,1$	$89,0 \pm 0,1$	$40,0 \pm 0,1$	$13,0 \pm 0,1$
$71,5 \pm 0,1$	$84,0 \pm 0,1$	$45,0 \pm 0,1$	$12,5 \pm 0,1$
$66,9 \pm 0,1$	$79,0 \pm 0,1$	$50,0 \pm 0,1$	$12,1 \pm 0,1$
$62,1 \pm 0,1$	$74,0 \pm 0,1$	$55,0 \pm 0,1$	$11,9 \pm 0,1$
$57,2 \pm 0,1$	$69,0 \pm 0,1$	$60,0 \pm 0,1$	$11,8 \pm 0,1$
$52,4 \pm 0,1$	$64,0 \pm 0,1$	$65,0 \pm 0,1$	$11,6 \pm 0,1$

Tabelle 1: Messwerte zur Überprüfung der bekannten Brennweite

In Abbildung 1 sind die Geraden durch den Wert von b auf der y-Achse und den Wert von g auf der x-Achse eingezeichnet. Der Schnittpunkt dieser Geraden liegt im Punkt $(f|f)$, wobei f die Brennweite der Linse ist.

Der Schnittpunkt^① der Geraden liegt bei $(9.82|9.82)$ erhält man für die Brennweite der

^①Tatsächlich schneiden sich die Geraden nicht in einem Punkt, der Wert des eingezeichneten Schnittpunktes ist der Mittelwert der Brennweiten, die mit der Linsengleichung berechnet wurden.

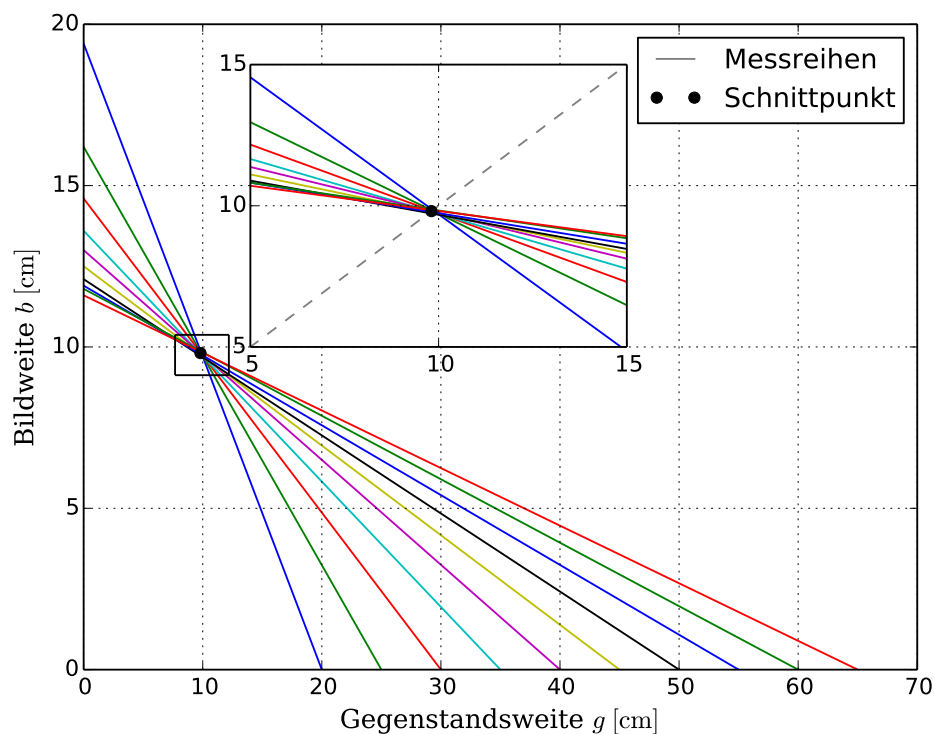


Abbildung 1: Regression der gestrichenen Bildweite

Linse

$$\langle f \rangle = (9,81 \pm 0,02) \text{ cm.} \quad (1)$$

4.2 Bestimmung der unbekannten Brennweite einer Linse

Die zur Bestimmung der Brennweite der unbekannten Linse aufgenommenen Daten sind in Tabelle 2 zu finden.

Pos. Bild x_B [cm]	Pos. Linse x_L [cm]	Gegenstandsweite g [cm]	Bildweite b [cm]
$96,7 \pm 0,1$	$109,0 \pm 0,1$	$20,0 \pm 0,1$	$12,3 \pm 0,1$
$93,5 \pm 0,1$	$104,0 \pm 0,1$	$25,0 \pm 0,1$	$10,5 \pm 0,1$
$89,0 \pm 0,1$	$99,0 \pm 0,1$	$30,0 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,1$
$84,5 \pm 0,1$	$94,0 \pm 0,1$	$35,0 \pm 0,1$	$9,5 \pm 0,1$
$79,6 \pm 0,1$	$89,0 \pm 0,1$	$40,0 \pm 0,1$	$9,4 \pm 0,1$
$75,1 \pm 0,1$	$84,0 \pm 0,1$	$45,0 \pm 0,1$	$8,9 \pm 0,1$
$70,0 \pm 0,1$	$79,0 \pm 0,1$	$50,0 \pm 0,1$	$9,0 \pm 0,1$
$65,3 \pm 0,1$	$74,0 \pm 0,1$	$55,0 \pm 0,1$	$8,7 \pm 0,1$
$60,5 \pm 0,1$	$69,0 \pm 0,1$	$60,0 \pm 0,1$	$8,5 \pm 0,1$
$55,4 \pm 0,1$	$64,0 \pm 0,1$	$65,0 \pm 0,1$	$8,6 \pm 0,1$

Tabelle 2: Messwerte zur Berechnung der unbekannten Brennweite

In Abbildung 2 sind die Werte aus ?? und der gemittelte Schnittpunkt (7.52|7.52)

aufgetragen.

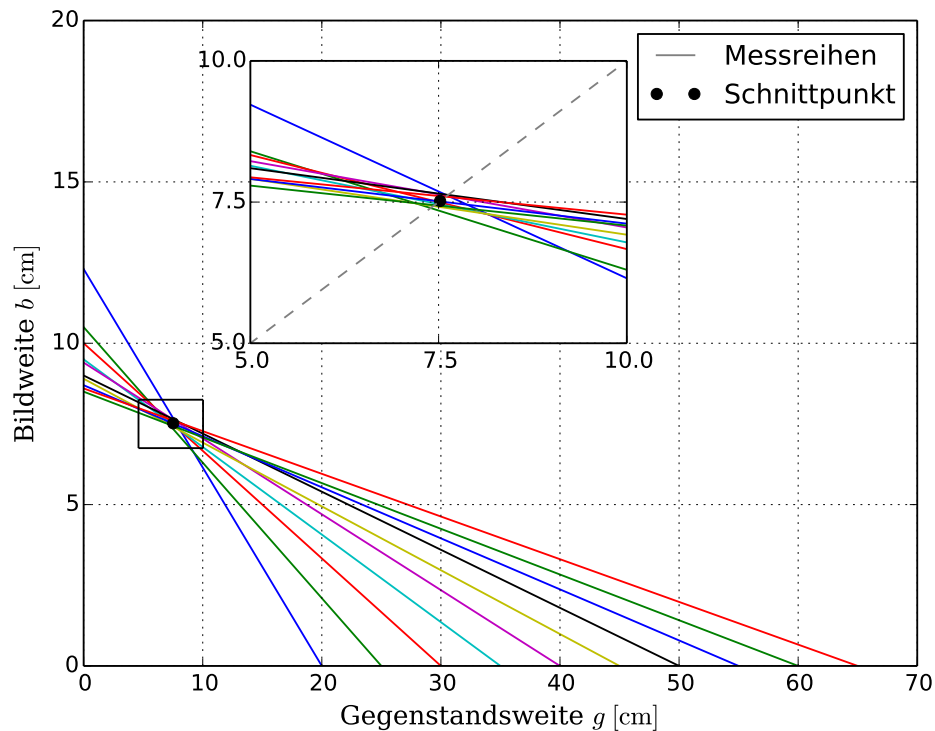


Abbildung 2: Regression der gestrichenen Bildweite

Daraus erhält man die unbekannte Brennweite der Linse mit

$$\langle f \rangle = (7,52 \pm 0,03) \text{ cm.} \quad (2)$$

4.3 Überprüfung der bekannten Brennweite einer Linse nach Bessel

4.3.1 Unter Verwendung von weißem Licht

Die während des Versuchs gemessenen Position des Bildschirms x_B und die beiden Positionen der Linse $x_{L,1}$ und $x_{L,2}$ in Tabelle 3 eingetragen. Aus diesen wurden, mit der festen Position des Gegenstands $x_G = (129,0 \pm 0,1) \text{ cm}$, Linsenabstand $d = |x_{L,1} - x_{L,2}|$ und Gesamtabstand $e = |x_G - x_B|$ berechnet. Mit ?? lässt sich aus diesen die Brennweite f der Linse bestimmen.

Daraus ergibt sich der Mittelwert für die Brennweite der Linse zu

$$\langle f_{wei.} \rangle = (9,93 \pm 0,04) \text{ cm.} \quad (3)$$

Pos. Bild x_B [cm]	Pos. Linse 1 $x_{L,1}$ [cm]	Pos. Linse 2 $x_{L,2}$ [cm]	Linsenabstand d [cm]	Gesamtabstand e [cm]	Brennweite $f_{wei,}$ [cm]
$88,2 \pm 0,1$	$104,8 \pm 0,1$	$112,0 \pm 0,1$	$7,2 \pm 0,1$	$40,8 \pm 0,1$	$9,88 \pm 0,04$
$85,0 \pm 0,1$	$99,8 \pm 0,1$	$113,8 \pm 0,1$	$14,0 \pm 0,1$	$44,0 \pm 0,1$	$9,89 \pm 0,04$
$80,0 \pm 0,1$	$93,5 \pm 0,1$	$115,1 \pm 0,1$	$21,6 \pm 0,1$	$49,0 \pm 0,1$	$9,87 \pm 0,05$
$75,0 \pm 0,1$	$87,8 \pm 0,1$	$115,6 \pm 0,1$	$27,8 \pm 0,1$	$54,0 \pm 0,1$	$9,92 \pm 0,06$
$70,0 \pm 0,1$	$82,4 \pm 0,1$	$116,0 \pm 0,1$	$33,6 \pm 0,1$	$59,0 \pm 0,1$	$9,97 \pm 0,06$
$65,0 \pm 0,1$	$77,1 \pm 0,1$	$116,5 \pm 0,1$	$39,4 \pm 0,1$	$64,0 \pm 0,1$	$9,94 \pm 0,07$
$60,0 \pm 0,1$	$71,8 \pm 0,1$	$116,8 \pm 0,1$	$45,0 \pm 0,1$	$69,0 \pm 0,1$	$9,91 \pm 0,07$
$55,0 \pm 0,1$	$66,6 \pm 0,1$	$116,9 \pm 0,1$	$50,3 \pm 0,1$	$74,0 \pm 0,1$	$9,95 \pm 0,07$
$50,0 \pm 0,1$	$61,5 \pm 0,1$	$117,0 \pm 0,1$	$55,5 \pm 0,1$	$79,0 \pm 0,1$	$10,00 \pm 0,07$
$45,0 \pm 0,1$	$56,5 \pm 0,1$	$117,3 \pm 0,1$	$60,8 \pm 0,1$	$84,0 \pm 0,1$	$10,00 \pm 0,07$

Tabelle 3: Messwerte und Ergebnisse nach Bessel mit weißem Licht

4.3.2 Unter Verwendung von rotem Licht

In Tabelle 4 sind die Messwerte der mit rotem Licht durchgeführten Methode von Bessel sowie die aus diesen berechneten Größen zu finden.

Pos. Bild x_B [cm]	Pos. Linse 1 $x_{L,1}$ [cm]	Pos. Linse 2 $x_{L,2}$ [cm]	Linsenabstand d [cm]	Gesamtabstand e [cm]	Brennweite f_{rot} [cm]
$88,2 \pm 0,1$	$105,2 \pm 0,1$	$111,4 \pm 0,1$	$6,2 \pm 0,1$	$40,8 \pm 0,1$	$9,96 \pm 0,04$
$85,0 \pm 0,1$	$100,0 \pm 0,1$	$113,5 \pm 0,1$	$13,5 \pm 0,1$	$44,0 \pm 0,1$	$9,96 \pm 0,04$
$80,0 \pm 0,1$	$93,7 \pm 0,1$	$114,7 \pm 0,1$	$21,0 \pm 0,1$	$49,0 \pm 0,1$	$10,00 \pm 0,05$
$75,0 \pm 0,1$	$88,0 \pm 0,1$	$115,5 \pm 0,1$	$27,5 \pm 0,1$	$54,0 \pm 0,1$	$10,00 \pm 0,06$
$70,0 \pm 0,1$	$82,5 \pm 0,1$	$115,9 \pm 0,1$	$33,4 \pm 0,1$	$59,0 \pm 0,1$	$10,02 \pm 0,06$

Tabelle 4: Messwerte und Ergebnisse nach Bessel mit rotem Licht

Der Mittelwert der Brennweite von rotem Licht ergibt sich aus diesen Daten zu

$$\langle f_{rot} \rangle = (9,99 \pm 0,04) \text{ cm.} \quad (4)$$

4.3.3 Unter Verwendung von blauem Licht

Die Messung nach der Methode von Bessel mit blauem Licht ergab die in Tabelle 5 dargestellten Messwerte und Ergebnisse.

Für blaues Licht ergibt sich der Mittelwert der Brennweite zu

$$\langle f_{blau} \rangle = (9,88 \pm 0,04) \text{ cm.} \quad (5)$$

Pos. Bild x_B [cm]	Pos. Linse 1 $x_{L,1}$ [cm]	Pos. Linse 2 $x_{L,2}$ [cm]	Linsenabstand d [cm]	Gesamtabstand e [cm]	Brennweite f_{blau} [cm]
$88,2 \pm 0,1$	$103,8 \pm 0,1$	$112,5 \pm 0,1$	$8,7 \pm 0,1$	$40,8 \pm 0,1$	$9,74 \pm 0,04$
$85,0 \pm 0,1$	$99,5 \pm 0,1$	$113,9 \pm 0,1$	$14,4 \pm 0,1$	$44,0 \pm 0,1$	$9,82 \pm 0,05$
$80,0 \pm 0,1$	$93,7 \pm 0,1$	$115,0 \pm 0,1$	$21,3 \pm 0,1$	$49,0 \pm 0,1$	$9,94 \pm 0,05$
$75,0 \pm 0,1$	$88,0 \pm 0,1$	$115,7 \pm 0,1$	$27,7 \pm 0,1$	$54,0 \pm 0,1$	$9,95 \pm 0,06$
$70,0 \pm 0,1$	$82,5 \pm 0,1$	$116,0 \pm 0,1$	$33,5 \pm 0,1$	$59,0 \pm 0,1$	$9,99 \pm 0,06$

Tabelle 5: Messwerte und Ergebnisse nach Bessel mit blauem Licht

4.4 Bestimmung der unbekannten Brennweite eines Linsensystems nach Abbe

Die für die Bestimmung der Brennweite des Linsensystems aus konkaver und konvexer Linse aufgenommenen Messwerte für Bild- und Referenzpunktposition x_B und x_A sowie der Bildgröße B sind in Tabelle 6 zu finden. Für die Berechnung der nötigen Werte wurden noch die Gegenstandsgröße $G = (3,0 \pm 0,1)$ cm und -position $x_G = (129,0 \pm 0,1)$ cm verwandt.

Pos. Bild x_B [cm]	Pos. Referenzpunkt x_A [cm]	Bildgröße B [cm]	Gegenstandsweite g' [cm]	Bildweite b' [cm]	Abbildungsmaßstab V
$4,0 \pm 0,1$	$105,7 \pm 0,1$	$7,4 \pm 0,1$	$23,3 \pm 0,1$	$101,7 \pm 0,1$	$2,47 \pm 0,09$
$10,0 \pm 0,1$	$104,1 \pm 0,1$	$6,7 \pm 0,1$	$24,9 \pm 0,1$	$94,1 \pm 0,1$	$2,23 \pm 0,08$
$12,0 \pm 0,1$	$103,3 \pm 0,1$	$6,3 \pm 0,1$	$25,7 \pm 0,1$	$91,3 \pm 0,1$	$2,10 \pm 0,08$
$15,0 \pm 0,1$	$102,4 \pm 0,1$	$5,7 \pm 0,1$	$26,6 \pm 0,1$	$87,4 \pm 0,1$	$1,90 \pm 0,07$
$17,0 \pm 0,1$	$98,5 \pm 0,1$	$4,8 \pm 0,1$	$30,5 \pm 0,1$	$81,5 \pm 0,1$	$1,60 \pm 0,06$
$20,0 \pm 0,1$	$98,2 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,1$	$30,8 \pm 0,1$	$78,2 \pm 0,1$	$1,57 \pm 0,06$
$22,0 \pm 0,1$	$97,2 \pm 0,1$	$4,2 \pm 0,1$	$31,8 \pm 0,1$	$75,2 \pm 0,1$	$1,40 \pm 0,06$
$25,0 \pm 0,1$	$96,1 \pm 0,1$	$3,7 \pm 0,1$	$32,9 \pm 0,1$	$71,1 \pm 0,1$	$1,23 \pm 0,05$
$27,0 \pm 0,1$	$94,2 \pm 0,1$	$3,5 \pm 0,1$	$34,8 \pm 0,1$	$67,2 \pm 0,1$	$1,17 \pm 0,05$
$30,0 \pm 0,1$	$93,2 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,1$	$35,8 \pm 0,1$	$63,2 \pm 0,1$	$1,13 \pm 0,05$

Tabelle 6: Messwerte und Ergebnisse nach der Methode von Abbe

Die Werte für g' bzw. b' aus Tabelle 6 sind in Abbildung 3 bzw. Abbildung 4 gegen $(1 + V^{-1})$ bzw. $(1 + V)$ aufgetragen. Durch lineare Regression beider Messwertepaare mit dem Ansatz

$$m(x) = f \cdot x + b \quad (6)$$

erhält man die Geradenparameter für g' ??

$$f_g = (25 \pm 1) \text{ cm} \quad (7a)$$

$$b = h = (-11 \pm 2) \text{ cm} \quad (7b)$$

und für b' ??

$$f_b = (26 \pm 1) \text{ cm} \quad (8a)$$

$$b = h' = (11 \pm 4) \text{ cm}. \quad (8b)$$

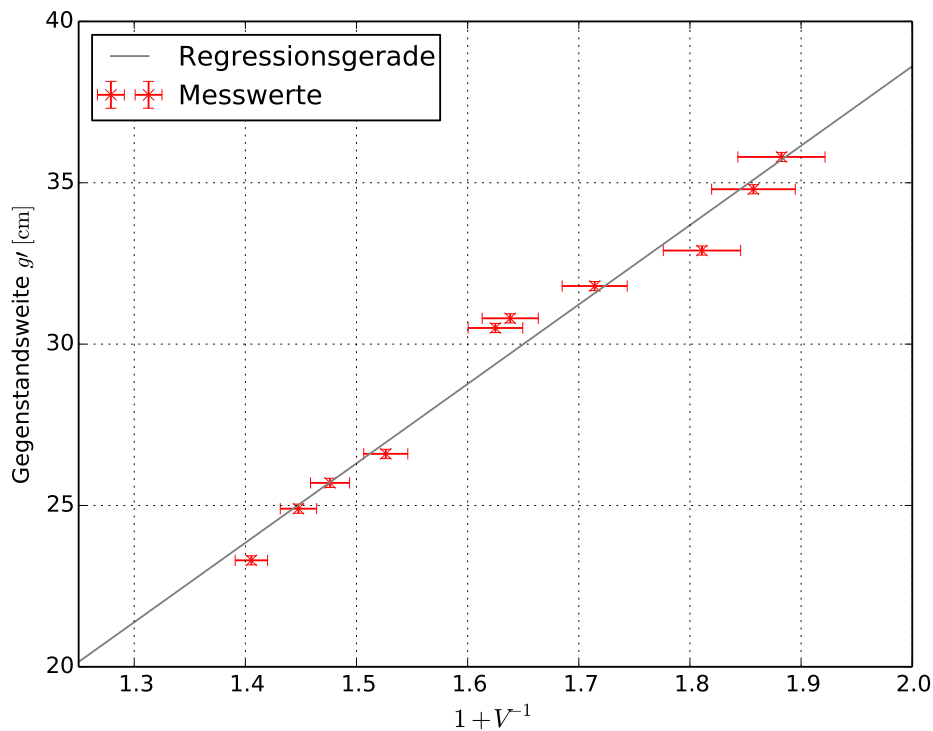


Abbildung 3: Regression der gestrichenen Bildweite

Da die Steigungen dieser Geraden die Brennweite des Linsensystems sind ergibt sich diese im Mittel zu

$$\langle f \rangle = (25,5 \pm 0,7) \text{ cm}. \quad (9)$$

Die eine der beiden Hauptebenen des Systems liegt ca. 11 cm vor, und die zweite Hauptebene ca. (11 ± 2) cm hinter dem gewählten Referenzpunkt (der Position der konkaven Linse).

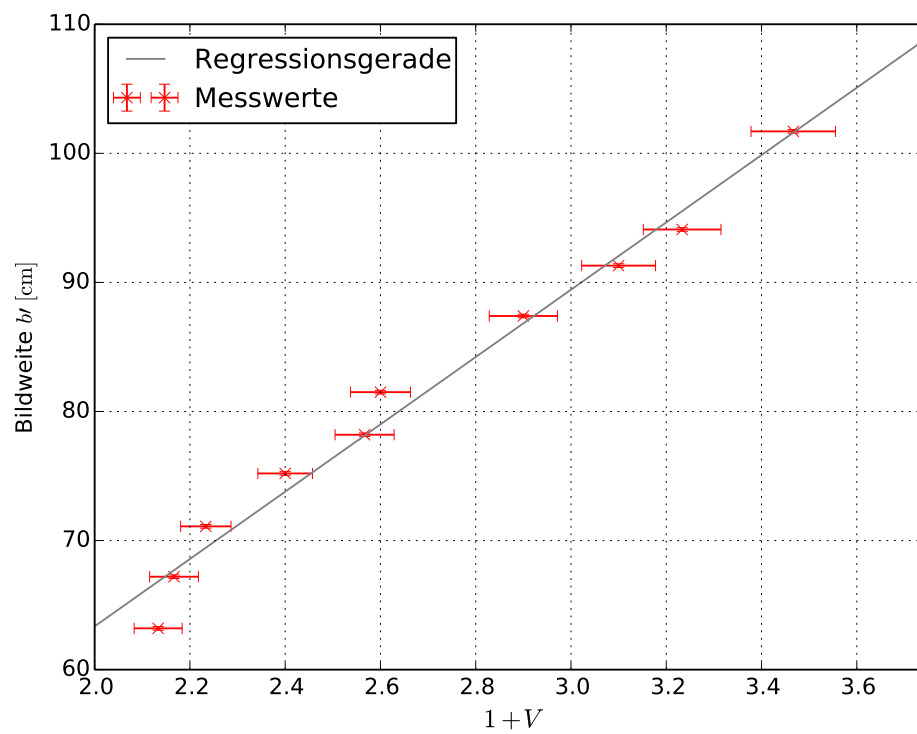


Abbildung 4: Regression der gestrichenen Bildweite

4.5 Fehlerrechnung

5 Diskussion