

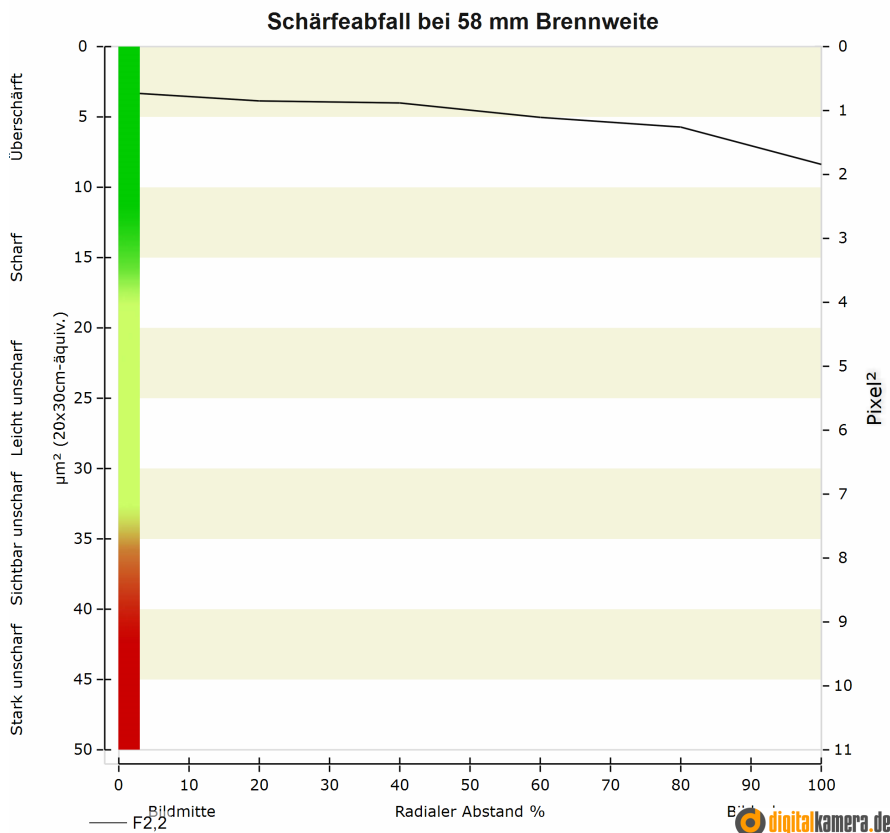
## Labortest-Protokoll (v6.1)

### Apple iPhone 6s Plus mit Zeiss ExoLens Pro 2.0x (v6.1)

**2017-05-10** Dieses Labortest-Protokoll besteht aus umfangreichen Bildqualitäts-Labormesswerten in Form von Diagrammen und Tabellen sowie Messwerten zur Auslöseverzögerung. Gemessen wird dabei in JPEG. Alle Brennweiten in diesem Protokoll sind äquivalent zum 35-Millimeter-Kleinbildformat angegeben. Einige Messwerte beziehen sich zur Vergleichbarkeit unterschiedlich auflösender Digitalkameras auf einen 20 x 30 Zentimeter großen Fotodruck. Die Auflösung wiederum wird zur Vergleichbarkeit unterschiedlich großer Sensoren auf einen 24 x 36 Millimeter großen Kleinbildsensor umgerechnet.

### Schärfeabfall

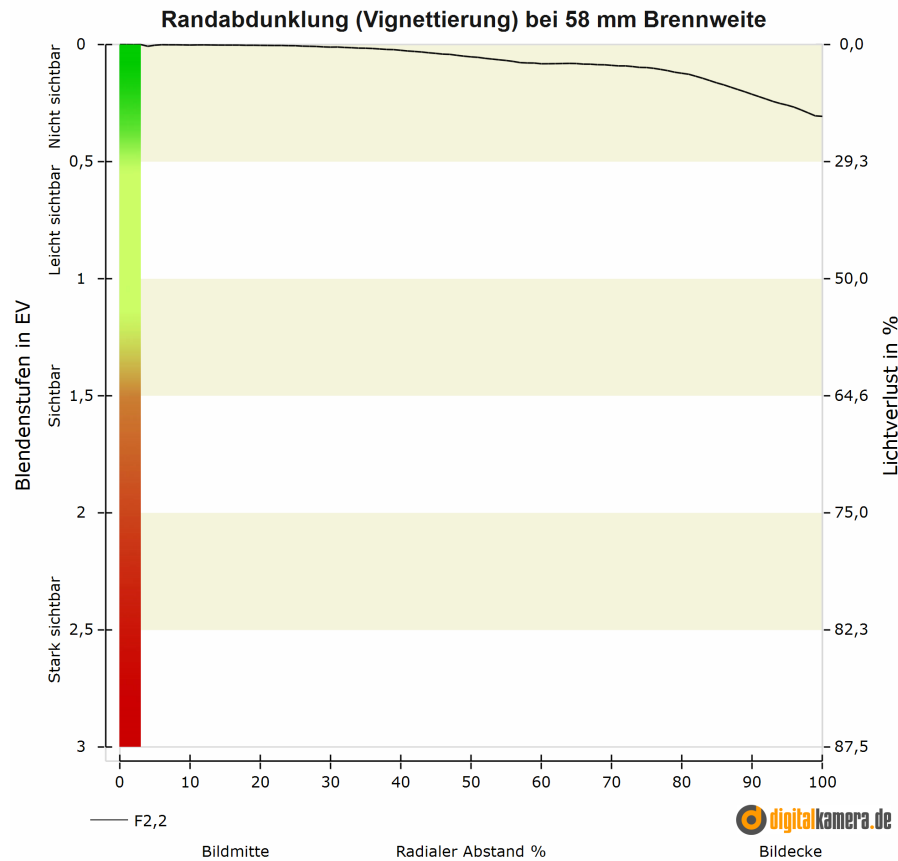
Der Schärfeabfall gibt an, wie die Bildschärfe einzelner Motivpunkte von der Bildmitte bis zum Bildrand dargestellt wird. Bezugssystem ist ein 20 x 30 Zentimeter großer Ausdruck beziehungsweise Abzug, so dass Objektive von Kameras unterschiedlicher Auflösung annähernd vergleichbar werden. Auf der rechten Skala ist der absolute Schärfewert auf dem Bildsensor dargestellt. Hier ist ein scharfes Bild bis 1,5 Pixel<sup>2</sup> gegeben, ab 2,5 Pixel<sup>2</sup> wird die Unschärfe sichtbar.



## Randabdunklung (Vignettierung)

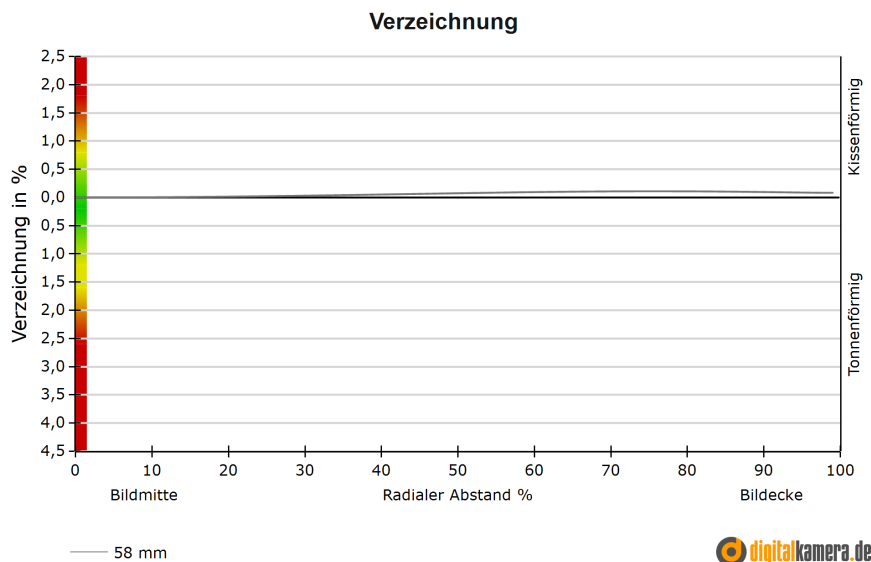
Die Randabdunklung oder Vignettierung zeigt an, wie die Helligkeit von der Bildmitte zum Bildrand abfällt. Vignettierung ist ein natürlicher Effekt. Sollte sie sehr klein sein, so deutet das entweder auf einen großen Bildkreis des Objektivs hin oder aber die Vignettierung wird elektronisch von der Kamera korrigiert. Letzteres hat möglicherweise vor allem höheres Rauschen in den Bildecken zur Folge, kann aber auch die Randschärfe verschlechtern.

Maximale Randabdunklung	
58 mm	
F2,2	19 % (0,3 EV)



## Verzeichnung

Als Verzeichnung wird eine lokale Veränderung des Abbildungsmaßstabs optischer Systeme bezeichnet. Nimmt die Vergrößerung zu den Rändern des Bildfelds zu, spricht man von kissenförmiger Verzeichnung. Werden dagegen die Bildränder kleiner abgebildet, spricht man von tonnenförmiger Verzeichnung. Tonnenförmige Verzeichnung, bei der parallele Linien zum Bildrand nach außen gebogen erscheinen, wird vom Betrachter als natürlicher wahrgenommen. Im Gegensatz zur kissenförmigen Verzeichnung, bei der parallele Linien zum Bildrand hin gebogen erscheinen. Verzeichnung nimmt vor allem am Bildrand zu. Besonders unangenehm und auch digital schwer zu korrigieren ist eine wellenförmige Verzeichnung, die erst zu- und am Bildrand wieder abnimmt. Bei Zoomobjektiven ohne nennenswerte gemessene Verzeichnung ist eine kamerainterne digitale Korrektur sehr wahrscheinlich.



## Chromatische Aberration

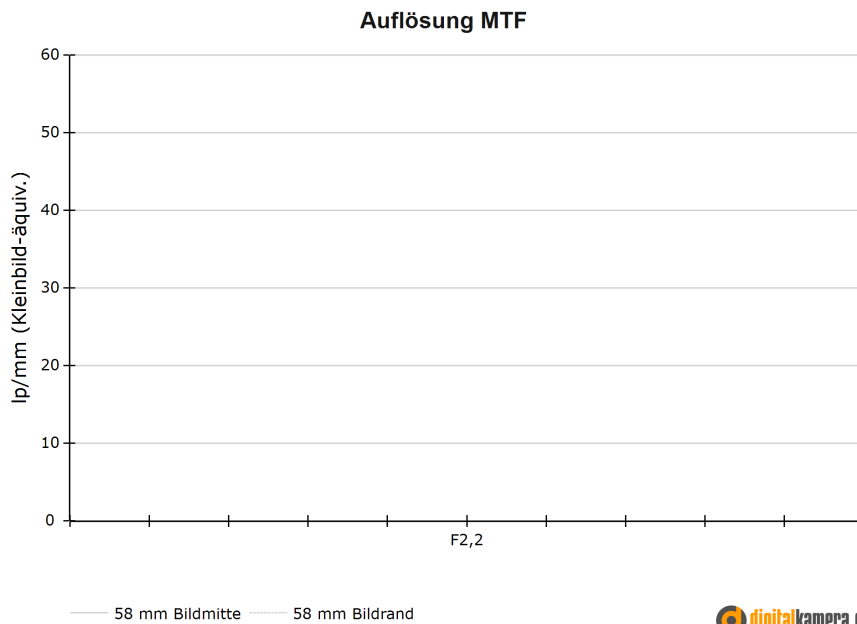
Gemessen wird hier die laterale Chromatische Aberrationen (CAs), auch Farbquerfehler genannt. Diese entsteht dadurch, dass die Lichtbrechung von der Wellenlänge (also Farbe) abhängt. CAs zeigen sich als Farbsäume an Kontrastkanten und sind am Bildrand stärker ausgeprägt als im Zentrum. Daher stellt das Diagramm einen Mittelwert sowie den Maximalwert dar. Ein hoher Farbquerfehler deutet auf eine minderwertig korrigierte optische Rechnung hin beziehungsweise auf eine schlechte apochromatische Korrektur.

F2,2

58 mm Max. CA	38,2 $\mu\text{m}$ (0,5 px)
58 mm Mittlere CA	19,0 $\mu\text{m}$ (0,3 px)

## Auflösung (MTF)

Die gemessene Auflösung in der Bildmitte und am Bildrand leitet sich direkt aus der gemessenen MTF-Kurve ab. Sie stellt die Auflösung des Gesamtsystems aus Objektiv, Bildsensor und Bildverarbeitung für verschiedene Kontraste dar. MTF ist die Abkürzung für Modulation Transfer Function. Bewertet wird die Auflösung bei 50 Prozent Motivkontrast (MTF50), da die Darstellung aller gemessenen MTF-Kurven den Rahmen dieses Labortestprotokolls sprengen würde. Zwar gilt der bei fünf bis zehn Prozent Kontrast gemessene Wert als höchste darstellbare Auflösung. Die Praxis jedoch hat gezeigt, dass der MTF50-Wert aussagekräftiger ist: Einerseits reagiert das menschliche Auge auf Kontraste von etwa zehn Prozent nicht besonders empfindlich, zum anderen ist der Unterschied zwischen guten und schlechten Objektiven bei MTF50 viel offensichtlicher und vergleichbarer. Ebenfalls zur Erhöhung der Vergleichbarkeit zwischen Kameras mit unterschiedlichen Sensorgrößen wird die Auflösung in Linienpaaren pro Millimeter (lp/mm) bezogen auf einen Kleinbildsensor (36 x 24 Millimeter) angegeben.



F2,2	
58 mm Bildmitte	32,6 lp/mm
58 mm Bildrand	14,8 lp/mm

## Schärfeartefakte

Bildsensoren können keine scharf abgegrenzten Hell-Dunkel-Kanten wiedergeben, steile Änderungen der Helligkeiten stellen sie als weichen Verlauf dar. Dadurch würde ein unbearbeitetes Bild als unscharf wahrgenommen werden. Um dem zu begegnen, schafft die Bildaufbereitung in der Kamera die Aufnahmen nach, indem sie Kantenkontraste erhöht. Je stärker nachgeschärft wird, desto höher steigt die Auflösung. Allerdings nehmen damit auch Störungen wie Schärfeartefakte und Überschwinger zu. Die Stärke dieser Artefakte gibt dieser Messwert wieder. Hohe Werte sind nicht generell unerwünscht, sie stehen für eine starke Aufbereitung des Sensorsignals wie sie für die Ausgabe der Aufnahmen auf einem Monitor oder Papierabzug meist gewünscht ist. Eine geringe Artefaktrate ist von Vorteil, wenn die Aufnahmen am PC nachbearbeitet beziehungsweise aufbereitet werden sollen.

	F2,2
58 mm Bildmitte	6,1 %
58 mm Bildrand	0,7 %

## Signal-Rauschabstand

Hier wird das Verhältnis des Bildsignals zum Rauschsignal (Störsignal) gemessen. Die Maßeinheit der Pegelmessung ist Dezibel (dB). Je größer der Wert, desto deutlicher ist das Signal und desto geringer ist das störende Rauschen. Ein kleiner Wert bedeutet, dass vor allem schwache Bildsignale, etwa feine Bilddetails mit niedrigem Kontrast, vom Rauschsignal überlagert werden, so dass die Bilddetails im Rauschen untergehen.

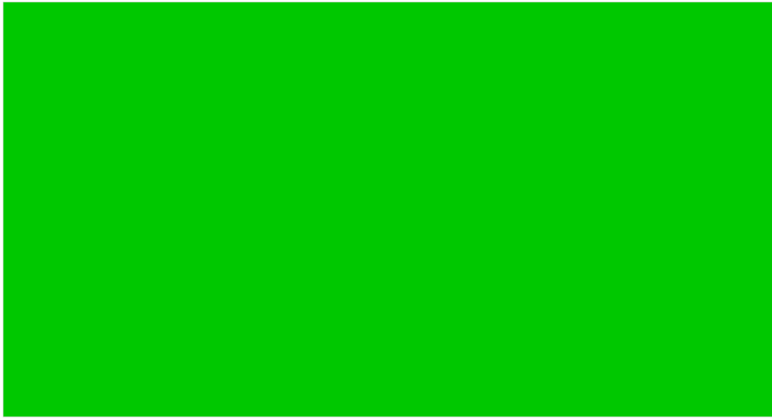
Signal-Rauschabstand



## Korngröße

Die Korngröße des Rauschens gibt an, wie grobkörnig das Rauschen erscheint (in etwa vergleichbar mit analogem Filmkorn). Ein feines Rauschen wird als angenehmer empfunden als ein grobes. Hierbei kommt es oft vor, dass einzelne Farbkanäle ein gröberes Rauschen aufweisen als andere. Da bei einer festgelegten Ausgabegröße die Körnigkeit und damit Sichtbarkeit des Rauschens auch von der absoluten Auflösung des Sensors abhängt, wird, zur besseren Vergleichbarkeit unterschiedlicher Sensoren, die Körnigkeit in Mikrometern ( $\mu\text{m}$ ) bezogen auf einen 20 x 30 Zentimeter großen Abzug beziehungsweise Ausdruck angegeben.

### Korngröße



### Luminanzrauschen

Das Luminanzrauschen beschreibt, wie stark Helligkeitsrauschen im Bild auftritt. Je größer die Abweichung (in Grauwertstufen) ist, desto stärker weicht die Helligkeit vom Sollwert ab. Das heißt Luminanzrauschen wird stärker sichtbar, wenn dieser Wert steigt.

### Luminanzrauschen



Die Bildqualität in diesem Test wurde mit DXO Analyzer von DxO Labs (<http://www.dxo.com>) ermittelt.