

## Funktionsweise einer digitalen Spiegelreflexkamera

Die Funktionsweise einer digitalen Spiegelreflexkamera (DSLR) zu verstehen, ist die Voraussetzung für qualitativ hochwertige Fotos in der professionellen Fotografie. Unser Autor Thomas Burgard gibt mit diesem Artikel eine fundierte Einführung in die Funktions- bzw. Arbeitsweise von DSLR-Kameras.

### Die unterschiedlichen Kameratypen

Zuerst sollen kurz die unterschiedlichen gängigen Kameratypen in der Digitalfotografie aufgeführt und beschrieben werden.

#### Kompaktkameras

Dieser Kameratyp wird derzeit wohl am meisten verkauft. Eine Kompaktkamera ist klein gebaut, Objektiv und Gehäuse bilden eine Einheit und sind günstig im Preis.

#### Sucher- und Messsucherkameras

Bei einer Sucherkamera ist der Sucher neben oder auch über dem Objektiv angebracht. Da hier kein Spiegel zur Lichtumleitung verwendet wird, ist das Motivbild logischerweise auch versetzt zum Objektiv. Durch diesen Effekt entsteht (vornehmlich im Nahbereich) ein sogenannter „Parallaxefehler“.

Einer besonderen Technik bedient sich die Messsucherkamera. Zur Entfernungsmessung wird ein „Mischbildentfernungsmesser“ eingesetzt. Dieser überlagert zwei Suchbilder, die bei der korrekten Entfernungseinstellung deckungsgleich übereinanderliegen.

#### Bridge-Kameras

Bridge-Kameras sind zwischen Kompaktkameras und Spiegelreflexkameras angesiedelt. Sie sind in der Ausstattung und Funktionen sehr umfangreich und kommen an die Leistungsfähigkeit nahe an die Spiegelreflexkameras ran, sind in der Regel aber preisgünstiger.

#### Spiegelreflexkameras

Man unterscheidet zweiäugige und einäugige Spiegelreflexkameras.

#### Zweiäugige Spiegelreflexkamera (Twin Lens Reflex)

Bei diesem Kameratyp ist der Sucher von der Optik getrennt

und es existieren zwei übereinander angeordnete Objektive, die jedoch für die Scharfeinstellung gemeinsam eingestellt werden können. Der dabei entstehende Parallaxefehler wird aber im Gegensatz zur Sucherkamera mittels einer speziellen Maske wieder ausgeglichen. Das Bild wird dabei über einen Spiegel seitenverkehrt, aber aufrecht auf eine Mattscheibe gebracht und kann dann über einen Lichtschacht betrachtet werden.

#### Einäugige Spiegelreflexkamera (wird in diesem Artikel beschrieben)

Einäugige Spiegelreflexkameras sind die am meisten verwendeten Kameras in der professionellen Fotografie. Die genaue Funktionsweise wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

#### Mittelformatkameras

Es wird zwischen Kleinbildformat (35 mm Film), Mittelformat (4,5 x 6, 6 x 7 und 6 x 9 cm) und Großbildformat (9 x 12 bis 18 x 24 cm) unterschieden. Die Mittelformatkamera zeichnet sich also durch einen größeren Bildsensor aus und kann Bilder mit extrem hoher Auflösung und Qualität erzeugen. Durch den sehr großen Bildsensor werden auch spezielle Objektive mit einem großen Bildkreis (durch das runde Objektiv projizierte Bild) benötigt.

#### Die einäugige digitale Spiegelreflexkamera (DSLR-Kamera)

Bei einer Spiegelreflexkamera, auch als SLR (engl. Single Lens Reflex) bezeichnet, wird im Gegensatz zur Sucherkamera durch das Objektiv geschaut. Ermöglicht wird dies über einen vertikal angebrachten Schwenkspiegel, der die Lichtstrahlen zu einem „Pentaprisma“ (fünfeitiges Prisma mit verspiegel-

ten Flächen) umlenkt, der für den Sucher ein seitenrichtiges und aufrecht stehendes Bild erzeugt. Durch diese Technik ist das Bild im Sucher identisch mit dem Bild auf dem Bildsensor. Erst beim Auslösen wird der Schwenkspiegel hochgeklappt und die Lichtstrahlen können dann auf den Bildsensor fallen. Spiegelreflexkameras besitzen eine große Funktionsvielfalt und umfangreiche Einstellmöglichkeiten, zusätzlich können je nach Anwendung verschiedene Objektive an den Kamerakorpus angeschlossen werden.



Abb. 1: Innenansicht einer Canon DSLR-Kamera. Quelle: Canon Deutschland

Zusätzlich lässt sich vom Autofokus in den manuellen Fokussiermodus umschalten, was in vielen Fällen sehr entscheidend ist. Die Vorteile einer digitalen Spiegelreflexkamera:

- Optimale manuelle Einstellmöglichkeiten.
- Zeitautomatik („A“ = aperture priority). Hier wird die Blende vorgewählt, was für die Dentalfotografie entscheidend ist. Die Schärfentiefe, auch im Makrobereich, wird über den Blendenwert eingestellt.
- Der Manuelle Modus („M“) wird dann verwendet, wenn

auch die Farben (z.B. Zahnfarben) genau stimmen müssen.

- Manueller Weißabgleich für farbneutrale Fotos (korrekte Zahnfarben).
- Extrem kurze Auslöseverzögerung. Bei digitalen Spiegelreflexkameras macht sich sozusagen keine Auslöseverzögerung wie bei den digitalen Kompaktkameras und Bridge-Kameras bemerkbar. *Beispiel Dentalfotografie:* Für die Dentalfotografie ist dies ein entscheiden-

reich bei korrekt gewähltem Abbildungsmaßstab eingestellt werden.

• Objektivwechsel möglich. *Beispiel Dentalfotografie:* Hier wird hauptsächlich im Makrobereich fotografiert. Hierfür muss ein geeignetes Makro-Objektiv verwendet werden, um in ausreichender Entfernung bei der intraoralen und periorale Fotografie optimale Ergebnisse zu erreichen. Ein Zoom-Objektiv wie bei einer Kompaktkamera reicht nicht aus, denn die guten Makroigenschaften dieser Objektive zeigen sich nur bei kurzen Brennweiten und erfordern deshalb kurze Entfernungen zum Objekt. Dies ist unangenehm für den Patienten und erzeugt perspektivisch verzerrte Bilder, die für die Dentalfotografie nicht zu gebrauchen sind.

• Optimales Blitzsystem verwendbar. Für digitale Spiegelreflexkameras gibt eine große Auswahl von zusätzlichen Blitzlichtsystemen, die über die Blitzsynchronisationskontakte gesteuert werden. *Beispiel Dentalfotografie:* hier kommen hauptsächlich Ringblitz-, Zangenblitz-Systeme zum Einsatz.

• Große Zubehörauswahl. Für digitale Spiegelreflexkameras wird eine große Anzahl von Zubehör wie z.B. spezielle Stativ für den Einsatz am Fotostisch, Fernsteuerung und vieles mehr (siehe Abb.1).

In der professionellen Fotografie haben sich die DSLR-Kameras mit einem Bildformat von 24 x 36 mm durchgesetzt. Für die unterschiedlichsten Anwendungsgebiete und Qualitätsansprüche werden DSLR-Kameras mit entsprechenden Wechselobjektiven und großer Auswahl an Zubehörprodukten von günstig bis teuer auf dem Markt angeboten.

### Wie arbeitet die DSLR nun genau?

Die eigentliche Arbeitsweise einer DSLR-Kamera hat sich eigentlich im Vergleich zur analogen SLR-Kamera nicht wesentlich geändert. Lediglich die Art der Bilderfassung ist grundlegend verschieden. Als Film, den man in einer analogen SLR-Kamera noch in die Kamera einlegen musste, dient heute ein digital arbeitender Bildsensor und Speicher zur Bilddateispeicherung.

Ich möchte nun die einzelnen Arbeitsschritte vom Aufnehmen des Lichtes im Objektiv bis zum Speichern der Bilddatei erklären (Abbildung 2: Funktionsweise einer DSLR-Kamera):

ANZEIGE

LABOR EXPRESS

Die Abrechnungs-Software für das Dental-Labor

Der Service stimmt!

CD anfordern!  
kostenlos testen

Jetzt informieren:  
Telefon: 02744 / 920837

www.dental-laborsoftware.de

BEYCODENT

Wolfsweg 34 • D-57562 Herdorf

- 1) Das einfallende Licht wird von den Objektivlinsen je nach Linsentyp mehrmals gebrochen und auf einen Kippspiegel geleitet.
- 2) Der Kippspiegel leitet das Licht auf die Einstellscheibe weiter.
- 3) Nach Betätigen des Auslöseknopfs wird der Kippspiegel nach oben geklappt, der Verschluss öffnet sich und das Licht wird auf die Filmebene bzw. Bildsensor gelenkt. Im Augenblick der Aufnahme wird das Licht nicht mehr zum Pentaprisma weitergeleitet.
- 4) Der Bildsensor wandelt die Lichtsignale in digitale Werte um und kann dann alle Bildinformationen so aufbereiten, dass der Mikrocomputer der Kamera diese Informationen in einer Datei (z. B. JPEG-Format) speichert.
- 5) Die Einstellebene leitet das Licht zu einer speziellen Sammellinse weiter.
- 6) Die Sammellinse, auch Feldlinse genannt, fokussiert die Lichtstrahlen und leitet sie dann zu einem sogenannten Pentaprisma weiter.
- 7) Das Pentaprisma lenkt die Lichtstrahlen dann schließlich zum (Spiegelreflex-)Sucher weiter.
- 8) So wie das Auge sieht der Fotograf das Motiv dann im Sucher.

Der Bayer-Filter nimmt auch benachbarte Zellen zur Berechnung der tatsächlichen Farbe heran. Diese Verfahren werden auch als Farbinterpolation bezeichnet.

### Die Belichtung

Was bedeutet Belichtung genau? Ganz einfach: Der Prozess, bei dem das einfallende Licht auf den Bildsensor einwirkt.

aber, dass man mit den unterschiedlichen Zeit-Blenden-Kombinationen auch die Dynamik und Schärfentiefe steuern kann.

### Die Einstellmöglichkeiten für die Belichtung

Jede DSLR-Kamera lässt sich hinsichtlich der Belichtung vollständig manuell einstellen, d. h. der Fotograf kann den Blendenwert und die Verschlusszeit unabhängig voneinander einstellen. In vielen Situationen ist die

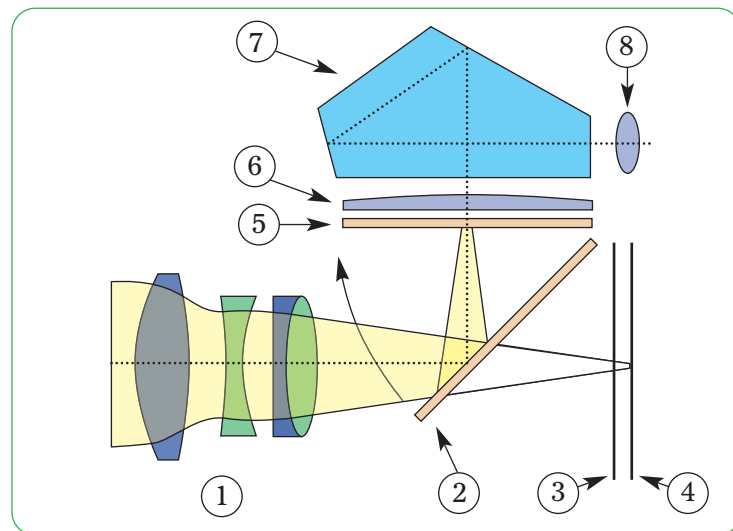


Abb. 2: Funktionsweise einer DSLR-Kamera.

Quelle: Wikipedia

$Belichtung = Lichtintensität \times Belichtungsdauer$

manuelle Einstellung die entscheidende Wahl.

Eine geringe Lichtintensität bei langer Belichtungsdauer bringt dasselbe Ergebnis wie eine größere Lichtintensität bei kurzer Belichtungsdauer.

### Die Einstellung der Belichtungszeit (Verschlusszeit)

Die Belichtungszeit ist die Dauer der Lichteinwirkung auf den Bildsensor und steuert die Lichtmenge. Je länger der Verschluss geöffnet ist, desto mehr Licht fällt auf den Bildsensor. Die Verschlusszeit ist somit identisch zur Belichtungszeit und beschreibt dasselbe. Die genormte Belichtungszeitenreihe: ... 2; 1; 1/2; 1/4; 1/8; 1/15; 1/30; 1/60; 1/125; 1/250; 1/500; 1/1.000; 1/2.000 ...

### Die Einstellung der Blende

Die Blende ist zwar ein mechanisches Element des Objektivs, wird aber durch die DSLR-Kamera gesteuert bzw. eingestellt.

Die eingestellte Blende ist nichts anderes als die daraus resultierende Lichteintrittsöffnung des Objektivs und steuert somit ebenfalls die Lichtmenge auf den Bildsensor. Gleichzeitig steuert die Blende auch die Schärfentiefe, d. h. der Bereich, in dem alles scharf abgebildet wird. Des Weiteren ist die Blende auch das Maß für die Lichtstärke eines Objektivs. Zu beachten ist: Je größer die Öffnung der Blende ist, desto kleiner ist die Blendenzahl. Die genormte Blendenreihe: ... 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32; 45 ... Wie man erkennen kann, erhält man durch unterschiedliche Zeit-Blendenkombinationen die gleiche Belichtung. Der Unterschied ist

**Zeitautomatik:** Hier wird die Blende vorgewählt und die Verschlusszeit wird von der Kamera automatisch eingestellt. Mit der Zeitautomatik wird die Schärfentiefe optimal gesteuert.

**Blendenautomatik:** Hier wird die Verschlusszeit vorgewählt und die Blende wird von der Kamera automatisch eingestellt. Mit der Blendenautomatik werden die Dynamik und die Konturschärfe des Bildes gesteuert.

### Der Autofokus

Ein weiterer wichtiger Bestandteil der DSLR-Kamera ist der Autofokus. Bei den meisten DSLR-Kameras ist ein sogenannter „Passiver Autofokus“ im Einsatz. Hierbei wird von der Kamera eine Kontrastanalyse des Bildes vorgenommen. Die Kamera projiziert das Bild auf zwei unterschiedlichen Stellen. Je nachdem, wie die Objektivlinsen zu diesem Zeitpunkt gerade positioniert sind, fällt der Abstand der beiden Projektionsstellen unterschiedlich klein bzw. groß aus. Die Kameraelektronik des Autofokussystems kann nun eine Korrektur der Objektivlinsen exakt vornehmen, sodass das Bild scharf auf der Bildsensorebene eingestellt wird.

### Fazit

Digitale DSLR-Kameras eignen sich auch für die Digitalfotografie aus folgenden Gründen am besten:

- Kamera kann manuell eingestellt werden.

- Die Auslösegeschwindigkeit ist extrem gut.
- Die Belichtung kann manuell oder automatisch bzw. teilautomatisch eingestellt werden.
- Hohe Blendenwerte für eine ausreichende Schärfentiefe können eingestellt werden.
- Motiv kann manuell fokussiert werden (manuelle Linseneinstellung).
- Das Objektiv kann gewechselt werden, d. h. der Fotograf kann je nach Anwendungsbereich das richtige Objektiv auswählen (z. B. hochwertiges Makroobjektiv in der Dental fotografie kann eingesetzt werden).
- Die Schärfentiefe kann mittels Knopf schnell überprüft werden.
- Gewählter Abbildungsmaßstab wird korrekt ins Bild übertragen.
- Hochwertige Blitzlichtsysteme können verwendet werden.
- Eine große Auswahl von Zubehör wird angeboten.
- Gewicht und Maße sind akzeptabel.
- Eine hochwertige DSLR-Kamera kann mittlerweile relativ günstig erworben werden. ZT

### Der Bildsensor

Der Bildsensor ist das Herzstück einer DSLR-Kamera und hat die Aufgabe, das einfallende Licht in digitalen Informationen umzuwandeln. Man unterscheidet zwei Arten von Halbleiter-Sensortypen:

- CCD-Sensor (Charge-Coupled Device)
- CMOS-Sensor (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)

Beide Sensortypen basieren auf demselben Prinzip und bestehen aus vielen lichtempfindlichen Zellen bzw. Pixeln, die das Licht (Photonen) in elektrische Signale umwandeln. Nach der vollständigen Belichtung werden die Signale mittels Verstärker dann in digitale Signale umgewandelt (Analog-Digital-Wandlung). Die Verstärkung wird über die eingestellte Lichtempfindlichkeit gesteuert.

Jede Zelle des Bildsensors kann nur Helligkeitswerte (Graustufen) aufnehmen. Ein überlagerter Filter filtert dann für eine Zelle entweder nur den roten, grünen oder blauen Anteil der Farbe aus. Da das menschliche Auge jedoch mehr grünempfindlich ist, wird für etwa 50 % der Zellen die Farbe Grün gefiltert. Die restlichen 50 % teilen sich zu gleicher Hälfte Rot und Blau.

Dieses Filterverfahren wird als „Bayer-Filter“ bzw. „Bayer-Pattern“ (nach einem Namen eines Wissenschaftlers von der Firma Kodak) bezeichnet.

### ZT Adresse

Thomas Burgard  
Dipl.-Ing.(FH) Softwareentwicklung & Webdesign  
Bavariastr. 18b  
80336 München  
Tel.: 0 89/54 07 07-10  
E-Mail: info@burgardsoft.de  
www.burgardsoft.de



ANZEIGE

Ein Fräszentrum, das Ihr Handwerk versteht!

# white wandelbar

Unser hochmodernes Fräszentrum, verfügt über die Ressourcen und die Ausstattung, um die gesamte Palette an gefrästen oder geschliffenen zahntechnischen Halbfertigprodukten zu fertigen. Präzise, schnell, sicher!

**Erweitern Sie Ihr Leistungsspektrum!**  
Zum Beispiel mit dem Lithium-Disilikat e.max.

Senden Sie uns Ihre Mundscanner- oder offene STL-Daten **und wir schleifen für Sie**

- Inlays/Onlays
- Veneers (hauchdünn)
- Kronen
- whiteON-Kronen (e.max auf Zirkonoxid)

Wenn Sie uns keine STL-Daten senden können, nutzen Sie einfach unsere Dienstleistung whiteSD scan & design.

**Mehr Infos erhalten Sie unter**  
www.mywhite.de oder 0800-5204975

e.max CAD ist eine eingetragene Marke der Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein