

**Fakultät Medien**

Nissel, Jana

Technischer Vergleich von Canon EOS 5D Mark II mit Nikon D3s.  
- Besonderer Fokus liegt auf deren Videofunktion.

Technical Comparison of Canon EOS 5D Mark II with Nikon D3s.  
- Particular focus is on the video function.

**- Bachelorarbeit -**  
**Hochschule Mittweida (FH) – University of Applied Sciences**

Reichenbach/Vogtland, 2010

**Fakultät Medien**

Nissel, Jana

Technischer Vergleich von Canon EOS 5D Mark II mit Nikon D3s.  
- Besonderer Fokus liegt auf deren Videofunktion.

Technical Comparison of Canon EOS 5D Mark II with Nikon D3s.  
- Particular focus is on the video function.

**- eingereicht als Bachelorarbeit -**  
**Hochschule Mittweida (FH) – University of Applied Sciences**

Vorgelegte Arbeit wurde eingereicht am:  
**30.08.2010**

Erstprüfer  
**Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschockelt**

Zweitprüfer  
**Dipl.-Ing. Werner Mothes**

Reichenbach/Vogtland, 2010

### **Bibliographische Beschreibung:**

Nissel, Jana:

Technischer Vergleich von Canon EOS 5D Mark II mit Nikon D3s.

- Besonderer Fokus liegt auf deren Videofunktion. – 2010- 61 S. –Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fakultät Medien, Bachelorarbeit

### **Referat:**

Die Bachelorarbeit analysiert zwei Spiegelreflexkameras mit besonderem Fokus auf deren Videofunktion.

Anfangs werden die Canon EOS 5D Mark II und die Nikon D3s in technischen Punkten verglichen.

Außerdem wird das jeweilige Zubehör wie Objektive kollationiert.

Ziel der Arbeit ist es herauszufinden, ob die Nikon D3s eine Konkurrenz in Film- und Werbeproduktionen zur Canon EOS 5D Mark II darstellt.

---

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Bibliographische Beschreibung und Referat	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
Vorwort	8
Einleitung	9
1. Kurzer Überblick der Spiegelreflexkameras	10
1.1. Die Spiegelreflexkamera	10
1.2. Canon EOS 5D Mark II	10
1.2.1. Die Firma Canon Inc.	10
1.2.2. Die Spiegelreflexkamera Canon EOS 5D Mark II	11
1.2.3. Technische Daten der Canon EOS 5D Mark II	12
1.3. Nikon D3s	13
1.3.1. Die Firma Nikon	13
1.3.2. Die Spiegelreflexkamera Nikon D3s	13
1.3.3. Technische Daten der Nikon D3s	14
2. Technischer Vergleich beider Spiegelreflexkameras	15
- Die drei wichtigsten Bild gebenden Faktoren	
2.1. Der Bildsensor – CMOS-Sensor	16
2.1.1 Der innere Photoeffekt	16
2.1.2 Aufbau und Funktionsweise eines CMOS-Sensor	17
2.1.3 Der Zusammenhang von Pixel, Auflösung und der Bildgröße	19
2.1.4 Vor- und Nachteile eines CMOS-Sensors	20
2.1.5 Der CMOS-Sensor der Canon EOS 5D Mark II	23
2.1.6 Der CMOS-Sensor der Nikon D3s	23
2.1.7 Vergleich der CMOS-Sensoren beider Spiegelreflexkameras	24
2.2. Der Prozessor	28
2.2.1. Der Nikon Expeed	28
2.2.2. Der Canon DIGIC IV	30

---

2.3. Das Objektiv	30
2.3.1. Erläuterung wichtiger technischer Faktoren eines Objektivs	30
2.3.1.1. Die Brennweite	31
2.3.1.2. Die Lichtstärke und der Blendenwert	31
2.3.1.3. Schärfentiefe	31
2.3.1.4. Der Abbildungsmaßstab	32
2.3.1.5. Der Crop-Faktor und Bildkreis	32
2.3.2. Objektivtypen	34
2.3.3. Objektiv für die Canon EOS 5D Mark II	36
2.3.3.1. Die EF-Objektive von Canon	37
2.3.4. Objektiv für die Nikon D3s	37
2.3.5. Vergleich der Objektivs von Canon und Nikon	38
3. Videofunktion der Spiegelreflexkameras	39
3.1. Videofunktion der Canon EOS 5D Mark II	39
3.2. Videofunktion der Nikon D3s	39
3.3. SD und HD Videosignal	39
3.4. Dateiformat und Komprimierung	40
3.4.1. Videodateiformat und Komprimierung der Canon EOS 5D Mark II	41
3.4.1.1. Verwendetes Videoformat der Canon EOS 5D Mark II	41
3.4.1.2. Verwendete Videokompressionsverfahren der Canon EOS 5D Mark II	45
3.4.2. Videodateiformat und Komprimierung der Nikon D3s	46
3.4.2.1. Verwendetes Videoformat der Nikon D3s	46
3.4.2.2. Verwendete Videokompressionsverfahren der Nikon D3s	47
3.5. Fazit über die Analyse der Videofunktion der DSLR Kameras	48
4. Schlussfolgerung der Gesamtbetrachtung	50
5. Vorteile und Nachteile einer Spiegelreflexkamera in Bedienung und Workflow im Vergleich zu einer Videokamera	52
6. Literaturverzeichnis	55
7. Selbstständigkeitserklärung	61

---

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 DSLR Canon EOS 5D Mark II	11
Abb. 2 DSLR Nikon D3s	13
Abb. 3 Graphische Darstellung des inneren Photoeffektes	17
Abb. 4 Aufbau CMOS-Sensor	18
Abb. 5 Fotografische Darstellung des Blooming Effektes	21
Abb. 6 Graphische Darstellung der spektralen Empfindung des Auges im Vergleich zu einem CMOS-Sensor	22
Abb. 7 CMOS-Sensor der Canon EOS 5D Mark II	23
Abb. 8 CMOS-Sensor der Nikon D3s	24
Abb. 9 Nikon Expeed	28
Abb. 10 Fotografisches Beispiel der Chromatischen Abberation	29
Abb. 11 Canon DIGIC IV	30
Abb. 12 Darstellung eines Bildkreises	33
Abb. 13 Canon EF-Objektiv 24mm 1:1,4 L IIUSM	36
Abb. 14 AF-S NIKKOR 24mm 1:1,4G ED	38
Abb. 15 Aufbau eines QuickTime-File	44
Abb. 16 Ringing Artefakt	45
Abb. 17 Kamerahalterung mit Kompendium	53
Abb. 18 LCD Monitor Lupe	54

## Abkürzungsverzeichnis

AVI = Audio Video Interleave  
B = Blau  
CIPA = Camera & Imaging Products Association  
CCD = Charge Coupled Device  
CMOS = Complementary Metal Oxide Semiconductor  
Co. = company  
DCT = diskrete Kosinustransformation  
DSLR = digital single lens reflex  
f = Brennweite in mm  
FourCC = Four Character Code  
fps = frame per second  
G = Grün  
HD = High Definition  
IS (Canon) = Image Stabilisator  
ISO = International Organization for Standardization  
JPEG = Joint Photographic Experts Group  
L = Luxury  
LP/BH = Linienpaare pro Bildhöhe  
Ltd. = Limited  
OECF = opto electronic conversion function  
R = Rot  
SD = Standard Definition  
SW = Schwarz-Weiß  
UD (Canon), ED (Nikon) = Ultra/Extra Low Dispersion  
USM (Canon) = Ultra Schall Motor  
VLC = variable Längen Codierung  
VN = Virtual Noise

## Vorwort

Während meines Studiums der Medientechnik kam ich immer wieder in Kontakt mit der Firma Canon und deren Spiegelreflexkameras und auch mit der Canon EOS 5D Mark II. Im April 2010 begann ich mein Fachpraktikum beim Westdeutschen Rundfunk WDR in Köln in der Abteilung Kamera und Ton. Dabei hatte ich die Gelegenheit, mich näher mit der Handhabung und der Bedienung der Canon EOS 5D Mark II auseinander zu setzen. Mitarbeiter des WDR begannen sich während meines Praktikums mit der Technik der Canon ebenfalls zu befassen mit der Überlegung, diese auch im Fernsbereich eventuell einzusetzen. Außerdem hörte und las ich oft über den Gebrauch der Canon EOS 5D Mark II in Werbe- und Imagefilmproduktionen.

So kam mir der Gedanke, ob die Canon EOS 5D Mark II auf dem Bereich digitaler Spiegelreflexkameras mit Videofunktion ohne Konkurrenz da steht.

Mir war von vornherein klar, dass ich zuerst nach einer digitalen Spiegelreflexkamera beim größten Konkurrenten von Canon suchen muss, Nikon. Schnell wurde ich fündig und fand die Nikon D3s. Von ihr hatte ich vor Beginn der Suche nach meinem Bachelorthema noch nichts gehört, da diese auch erst seit kurzem auf dem Markt zu finden ist.

Ich möchte mich vor allem bei meinen Eltern und Kommilitonen bedanken, welche mir den Weg der Fotografie ebneten. Dank ihnen wurde in mir das Interesse am Fotografieren, Filmen und an der Technik geweckt.

Außerdem möchte ich Thomas Petzold danken. Dank dessen CCD Kamera konnte ich Beispiele für so manchen Bildfehler fotografisch aufzeigen.

## Einleitung

Spiegelreflexkameras gibt es schon seit über einhundert Jahren<sup>1</sup>. Das Prinzip hat sich seit der Erfindung nicht wesentlich verändert, wurde lediglich technisch verbessert und ausgereift. Im Laufe des technischen Fortschrittes wurde der Film durch den digitalen Sensor ersetzt.

Derzeit gibt es auf dem Markt der digitalen einäugigen Spiegelreflexkameras kurz DSLR zwei High-End Konkurrenten, Canon und Nikon. Canon hat 2008 die Canon EOS 5D Mark II als Nachfolgerin der Canon EOS 5D auf den Markt gebracht. Das Besondere an ihr ist, dass nicht nur mit ihr fotografiert sondern auch gefilmt werden kann.<sup>2</sup>

2009 brachte Nikon die Nachfolgerin der Nikon D3, die D3s auf den Markt. Diese hat ebenfalls wie die Canon EOS 5D Mark II zusätzlich zur normalen Funktion als Fotokamera eine Videofunktion.<sup>3</sup>

Ist die Nikon D3s eine ernst zu nehmende Konkurrenz zur Canon EOS 5D Mark II?

Diese Frage zu beantworten, ist das Ziel der Arbeit. Um zu einem Ergebnis zu kommen, werden alle wichtigen technischen Aspekte einzeln betrachtet und verglichen.

Zunächst wird aber auf die einzelnen Kameras eingegangen und diese kurz vorgestellt. Es werden wichtige technische Fakten der jeweiligen Kamera entsprechend aufgelistet.

Der Hauptteil dieser Arbeit wird sich mit der konkreten Untersuchung wichtiger ausgesuchter technischer Bauteile und Fakten beschäftigen. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Videofunktion.

Als Fazit dieser Untersuchung wird sich zeigen, ob die Nikon D3s eine Konkurrenz zu der Canon EOS 5D Mark II darstellt.

---

<sup>1</sup> vgl. Peres 2007, 133

<sup>2</sup> canon-europe.com, Pressemitteilung

<sup>3</sup> nikon.de, Pressemitteilung

## 1. Kurzer Überblick der Spiegelreflexkameras

### 1.1. Die Spiegelreflexkamera

Das Prinzip einer Spiegelreflexkamera beruht darauf, dass das Motiv durch das Objektiv an einem Spiegel reflektiert wird und somit im Sucher angezeigt werden kann. Im Moment des Auslösens wird der Spiegel hochgeklappt und der Film oder Sensor belichtet. Die heutigen Spiegelreflexkameras haben vor dem Sucher ein Pentaprisma, um das Motiv aufrecht und seitenrichtig darstellen zu können.<sup>4</sup>

Es gibt zwei Arten von Spiegelreflexkameras, die einäugige und die zweiäugige Spiegelreflexkamera. Die hier von mir beschriebenen Spiegelreflexkameras sind einäugige, digitale Spiegelreflexkameras kurz DSLR (digital single lens reflex) und haben somit anstelle eines Filmes einen Bildsensor.<sup>5</sup>

### 1.2. Canon EOS 5D Mark II

#### 1.2.1. Die Firma Canon Inc.:

Der Vorgänger der Canon Inc., die Precision Optical Industry, Co., Ltd., wurde 1937 gegründet. Mehr als 130.000 Mitarbeiter beschäftigt die Canon Group heute weltweit. 245 Niederlassungen und andere Unternehmen sind an die Canon Group angeschlossen. 1957 wurde Canon Europe gegründet und beschäftigt heute 11.000 Mitarbeiter. Canon Europe beliefert Europa, Afrika und den Nahen Osten. Canon produziert nicht nur Kameratechnik, sondern hat sich auch auf Drucker, Faxgeräte, Kopierer und vieles mehr spezialisiert.<sup>6</sup>

---

<sup>4</sup> foto-net.de

<sup>5</sup> spiegelreflex-test.de

<sup>6</sup> canon.de

Die Unternehmensphilosophie von Canon ist „Kyosei – Zusammen leben und arbeiten für das Allgemeinwohl“.<sup>7</sup>

### 1.2.2. Die Spiegelreflexkamera Canon EOS 5D Mark II:

Die Canon EOS 5D Mark II, welche Ende 2008 auf den Markt kam, ist das Nachfolgemodell der Canon EOS 5D. Sie kann zusätzlich zu Fotos auch Videos aufzeichnen, was diese Kamera für die Film- und Fernsehbranche interessant macht. Aktuell wird die Canon EOS 5D Mark II in der Werbefilmbranche und bei Fernsehserien (Dr. House. 6. Staffel) eingesetzt<sup>8</sup>. Sie besitzt einen Vollformatsensor 14 Bit CMOS-Sensor mit 21,1 Megapixel Auflösung. Der maximal einstellbare ISO-Wert bei der Canon EOS 5D Mark II geht bis ISO 25.600. Es können bis zu 3,9 Bilder pro Sekunde mit bis zu 310 Einzelbildern in Reihenaufnahme aufgenommen werden. Der Kamera-Body ist aus einer stabilen Magnesiumlegierung gefertigt.<sup>9</sup>



Abb. 1

<sup>7</sup> canon.de

<sup>8</sup> canon-europe.com

<sup>9</sup> canon.de

1.2.3. Technische Daten der Canon EOS 5D Mark II:

Bildsensor: CMOS-Sensor (36 x 24 mm)

Pixel effektiv: 21,1 Megapixel

Bildprozessor: DIGIC 4

Objektivanschluss: EF (kein EF-S)

ISO-Empfindlichkeit: 100-25600

Entfernungseinstellung mit: TTL-CT-SIR mit CMOS-Sensor

Belichtungsregelung Messverfahren: Mehrfeldmessung,  
Selektivmessung, Spotmessung,  
mittenbetonte Integralmessung

Verschlusszeiten: 30 – 1/8.000 s, B (Bulb – Langzeitbelichtung)

Suchertyp: Dachkantprisma

LCD-Monitor Typ: 3,0 Zoll TFT mit Clear View, ca. 920 000 Bildpunkte

Blitz: kein interner Blitz vorhanden, externer Blitz kann angebracht  
werden

Reihenaufnahme: bis zu 3,9 Bilder/s

Live-View Modus Typ: elektronischer Sucher mit Bildsensor

Dateiformat: JPEG, RAW, RAW + JPEG

Movies: HD (1920x1080, 16:9), SD (640x480, 4:3)

in MOV (Video: H.264, Ton: Linear PCM), 30fps, 25fps, 24fps

Schnittstellen: USB 2.0 High Speed, HDMI mini Ausgang,  
Videoausgang, Mikrofoneingang, Anschluss für WFT-E4

Speichertyp: CompactFlash I/II, externe Speicherung über WFT-E4

Gehäusematerial: Magnesiumlegierung

Betriebsumgebung: ca. 0- 40°C. max. 85 % Luftfeuchtigkeit

Abmessungen (BxHxT): ca. 152x113,5x75 mm

Gewicht (nur Gehäuse): ca. 810g <sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> canon.de

### 1.3. Nikon D3s

#### 1.3.1. Die Firma Nikon:

Nikon kann bald ein hundertjähriges Firmenjubiläum feiern. 1917 wurde Nikon in Japan gegründet. Nikon konzentriert sich ausschließlich auf die Produktion von optischen Geräten wie Spiegelreflexkameras, digitale Kameras, Ferngläser, Scanner, Mikroskope und vieles mehr. Die Nikon Group ist weltweit vertreten.<sup>11</sup> Nikons Firmenphilosophie lautet „Trustworthiness & Creativity“, was für Vertrauenswürdigkeit und Kreativität steht.<sup>12</sup>

#### 1.3.2. Die Spiegelreflexkamera Nikon D3s:



Abb. 2

<sup>11</sup> nikon.de

<sup>12</sup> nikon.com

Im November 2009 kam die Nikon D3s als Nachfolgerin der Nikon D3 auf den Markt. Sie ist laut Hersteller eine professionelle Kamera für Presse-, Sport- und Naturfotografie. Die Nikon D3s besitzt einen Vollformat CMOS-Sensor mit effektiv 12,1 Megapixel Auflösung. Sie besitzt wie die Canon EOS 5D Mark II eine Videofunktion. Der maximal einstellbare ISO-Wert bei der Nikon D3s geht bis ISO 102.400. Es kann eine maximale Bildrate von 11 Bilder pro Sekunde erreicht werden (nach CIPA Richtlinie). Der Kamera-Body ist ebenfalls wie die Canon EOS 5D Mark II aus einer stabilen Magnesiumlegierung gefertigt.<sup>13/14</sup>

### 1.3.3. Technische Daten der Nikon D3s:

Bildsensor: CMOS-Sensor (36 x 23,9 mm, Nikon FX-Format)

Pixel effektiv: 12,1 Megapixel

Bildprozessor: Expeed

Objektivanschluss: Nikon F-Bajonett mit AF-Kupplung und AF-Kontakten

ISO-Empfindlichkeit: 100-102.400

Entfernungseinstellung mit: TTL-Phasenerkennung mit Autofokus-Sensormodul Nikon Multi-Cam 3500FX

Belichtungsregelung Messverfahren: Einzelfeldsteuerung,  
dynamische Messfeldsteuerung,  
automatische Messfeldsteuerung

Verschlusszeiten: 30 – 1/8.000 s, B (Bulb – Langezeitbelichtung)

Suchertyp: Pentaprisma

LCD-Monitor Typ: 3,0 Zoll TFT-LCD Display, ca. 921 000  
Bildpunkte

Blitz: kein interner Blitz vorhanden, externer Blitz möglich

Reihenaufnahme: bis zu 11 Bilder/s (nach CIPA Richtlinie)

Live-View Modus: elektronischer Sucher mit 2 Betriebsarten Stativ und Freihand

Dateiformat: NEF (RAW), TIFF, JPEG, NEF (RAW) + JPEG

Movies: 1280x720, 640x424, 320x216; 24 fps; in AVI, Komprimierung in Motion-JPEG

Schnittstellen: USB 2.0 High Speed, HDMI Ausgang, Videoausgang, Mikrofoneingang, Zubehörschnittstelle (10-polig)

Speichertyp: CompactFlash I

Gehäusematerial: Magnesiumlegierung

Betriebsumgebung: ca. 0- 40°C. max. 85 % Luftfeuchtigkeit

Abmessungen (HxBxT): ca. 157x1159x87,5 mm

Gewicht (nur Gehäuse): ca. 1,240g <sup>15</sup>

## 2. Technischer Vergleich beider Spiegelreflexkameras

### - Die drei wichtigsten Bild gebenden Faktoren:

Die Leistung einer Digitalkamera wird wesentlich durch drei Komponenten bestimmt: die Optik, der Sensor und der Bildprozessor. Der Bildsensor, der das einfallende Licht durch das Objektiv aufnimmt und es in elektrische Signale umwandelt, kann mit einem Film in einer traditionellen Filmkamera verglichen werden, währenddessen der Bildprozessor das Bild "entwickelt". Wenn einer dieser drei Komponenten von minderer Qualität ist, wird es sich negativ auf die Bilder, welche die Kamera produziert, auswirken.

---

<sup>15</sup> nikon.de

### 2.1. Bildsensor – CMOS-Sensor

Durch die Digitalisierung der Technik insbesondere der Spiegelreflexkameras wurde der Film (ein optisch-chemischer Wandler) durch einen digitalen Sensor (ein optisch-elektrischer Wandler) ersetzt. Bei beiden Spiegelreflexkameras, welche in dieser Arbeit betrachtet werden, wurde ein CMOS-Sensor (Complementary Metal Oxide Semiconductor; dt. Komplementärer Metall-Oxid-Halbleiter) eingebaut. Der Vollformat CMOS-Sensor beider Kameras ist mit dem Kleinbildformat analoger Kameras gleich zu setzen. Dieser Sensor wird in hochwertigeren digitalen Kameras verbaut.<sup>16</sup>

#### 2.1.1. Der innere Photoeffekt:

Ein CMOS-Sensor ist ein optisch, elektrischer Wandler, welcher auf dem inneren Photoeffekt basiert<sup>17</sup>. Beim inneren Photoeffekt wird ein Elektron durch die Energie eines eingestrahnten Photons von seinem Atom bzw. aus seinem gebundenen Zustand (Valenzband) gelöst, verbleibt aber in dem Festkörper als bewegliches Leistungselektron. Das Elektron springt vom Valenzband in einen freien Zustand (Leistungsband).<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> fen-net.de

<sup>17</sup> vgl. Freyer 2009, 125

<sup>18</sup> vgl. Sauter, Weinerth 1993, 222

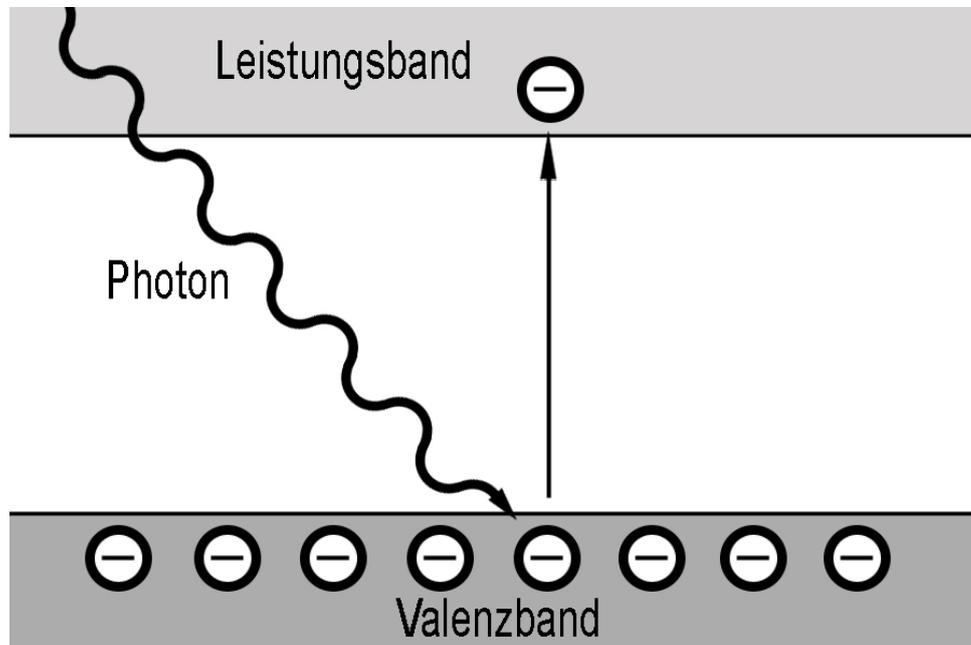


Abb. 3

### 2.1.2. Aufbau und Funktionsweise eines CMOS-Sensors:

Es werden in einem CMOS-Sensor lichtempfindliche Zellen (Fotodioden) verbaut. Jeder Fotodiode ist ein Kondensator parallel geschaltet, welcher durch den Fotostrom geladen bzw. gepolt wird. Jede Zelle bzw. Pixel besteht aus einem Farbfilter (R, G, B), einer Halbleiterschicht, einer Mikrolinse und Transistoren (Verstärkung des Fotostroms) und liegt an einer Spannung an. Beim Auftreffen von Licht (energiereiche Photonen) findet der innere Photoeffekt statt. Durch den jeweiligen Farbfilter wird aus dem Licht ein bestimmtes Spektrum herausgefiltert. Mit der bestimmten Wellenlänge und Energie der Photonen werden die Elektronen aus ihrem Valenzband in das Leitungsband befördert. Die anliegende Spannung löst diese und der eingebaute Prozessor der Kamera wertet diese Spannungen aus und das Bild wird gespeichert.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> itwissen.info

In der Zelle wird durch das einfallende Licht ein Fotostrom generiert und der Sperrwiderstand reduziert. Die Intensität des Lichtes ist proportional zum generierten Fotostrom. Es wird der Strom gemessen, welcher benötigt wird, um die Sperschichtkapazität in der Fotodiode am pn-Übergang umzuladen. Jede Zelle ist mit ihren eigenen Verstärkern (Transistoren) verbunden.

Die Pixel eines CMOS-Sensor sind in einer zweidimensionalen Matrix-Struktur angeordnet, zu der vertikal und horizontal Leitungen geschaltet sind. Der Adressdeko­der wählt horizontal eine Zeile aus und die Pixel der selektierten Zeile werden durch die vertikalen Leseleitungen, welche mit analogen Signalprozessoren (Anzahl der analogen Signalprozessoren entspricht der Anzahl horizontaler Leseleitungen) verbunden sind, ausgelesen.<sup>20</sup>

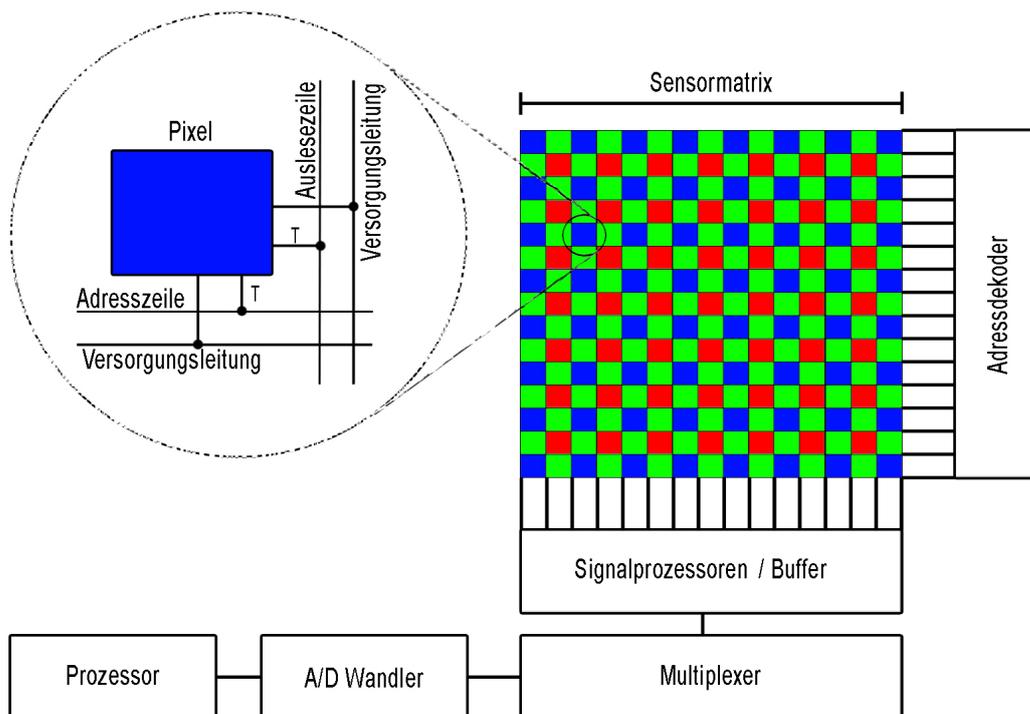


Abb.4

<sup>20</sup> vgl. Erhardt 2008, 39

Die dort in der analogen Signalprozessoren-Bank (Buffer) zwischengespeicherten Ausgangssignale werden von dem Multiplexer angewählt. Das ausgewählte analoge Ausgangssignal wird über den A/D-Wandler an den Prozessor weitergeleitet und dort verarbeitet. Zusätzlich zu den Leseleitungen und Adressierungsleitungen kommen die Versorgungsleitungen, welche die Pixel mit einer Betriebsspannung, Taktsignal, etc. versorgen.

Das Ausgangssignal des Pixels wird über einen MOS-Transistor, welcher als Schalter fungiert und von einer horizontalen Adressleitung angesteuert wird, auf eine vertikale Leseleitung geleitet.<sup>21</sup>

### 2.1.3. Der Zusammenhang von Pixel, Auflösung und der Bildgröße:

Die Farbfilter werden in Streifen- oder Mosaikmuster aufgebracht. Im Vergleich zu einem Farbsensor kann bei einem schwarz-weiß Sensor jede einzelne Zelle zur Auflösung beitragen. Jede einzelne Zelle kann einen Grauwert von Schwarz bis Weiß darstellen. Somit entspricht die Zellenanzahl tatsächlich auch der Pixelzahl. Die Fotozellen sind von den Farben unabhängig. Bei einem Farbsensor werden auf die Zellen Farbfilter in Rot, Blau oder Grün angebracht im Streifen- oder Mosaikmuster. Jeder Farbfilter lässt einen Bereich des Lichtspektrums passieren. Die Pixelzahl wird gedrittelt. Das heißt, dass ein Pixel theoretisch durch drei Zellen beim Farbfilter dargestellt wird. Tatsächlich wird ein Pixel aus vier Zellen dargestellt, aus einer roten, einer blauen und zwei grünen Zellen. Dieses Verhältnis soll das menschliche Sehempfinden nachempfinden. Das Filterverhältnis wurde vom Kodak-Mitarbeiter Bayer erfunden und nennt sich "Bayer-Filter". Zwischen den Pixeln befindet sich ein Gitternetz, welches für die Elektronik, für die Ansteuerung und Adressierung der Pixel verantwortlich ist.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> vgl. Erhardt 2008, 39

<sup>22</sup> fen-net.de

Viele Pixel auf einer Fläche können auch nachteilig sein. Die Fläche der Zellen wird kleiner und somit wird die Lichtempfindlichkeit herabgesetzt und das Rauschen wird größer. Das heißt bei gleichbleibender Sensorgröße je mehr Zellen, desto kleiner wird die Pixelfläche, desto geringer wird die Lichtempfindlichkeit, desto größer wird die Verstärkung und das Rauschen.

### 2.1.4. Vor- und Nachteile eines CMOS-Sensors:

Vorteile eines CMOS-Sensors:

- Erreichen hoher Bildraten:

CMOS-Sensoren messen ständig den vom einfallenden Licht generierten Fotostrom.

- Blooming-Effekt tritt nicht auf:

Blooming (dt.: ausstrahlend) tritt bei CCD-Sensoren auf, wenn in einem Bild ein Bereich sehr überstrahlt ist bzw. die Helligkeitswerte zu hoch sind. Die Helligkeitswerte bzw. Ladungen springen auf benachbarte Pixel über und somit erscheint eine weiße Fläche auf dem Bild.



Abb. 5 Blooming Effekt

- Smear-Effekt tritt nicht auf:  
Ist ein vertikaler, weißer Streifen im Bild.
- nahezu gleiches Spektrum wie menschliches Auge:  
Der CMOS-Sensor deckt das Spektrum, welches vom menschlichen Auge gesehen wird, ab. Das menschliche Auge hat aber einen Spitzenwert bei grünem Licht, wohingegen der CMOS-Sensor ein Maximum im roten Licht hat und sein Spektrum bis ins Infrarotlicht hineinreicht. Somit ist der CMOS-Sensor eher Rot empfindlich. Um die Tendenz ins Rötliche auszugleichen, werden die Pixel im CMOS-Sensor im Verhältnis 1:2:1 (R:G:B) im sogenannten Bayern-Pattern angeordnet.

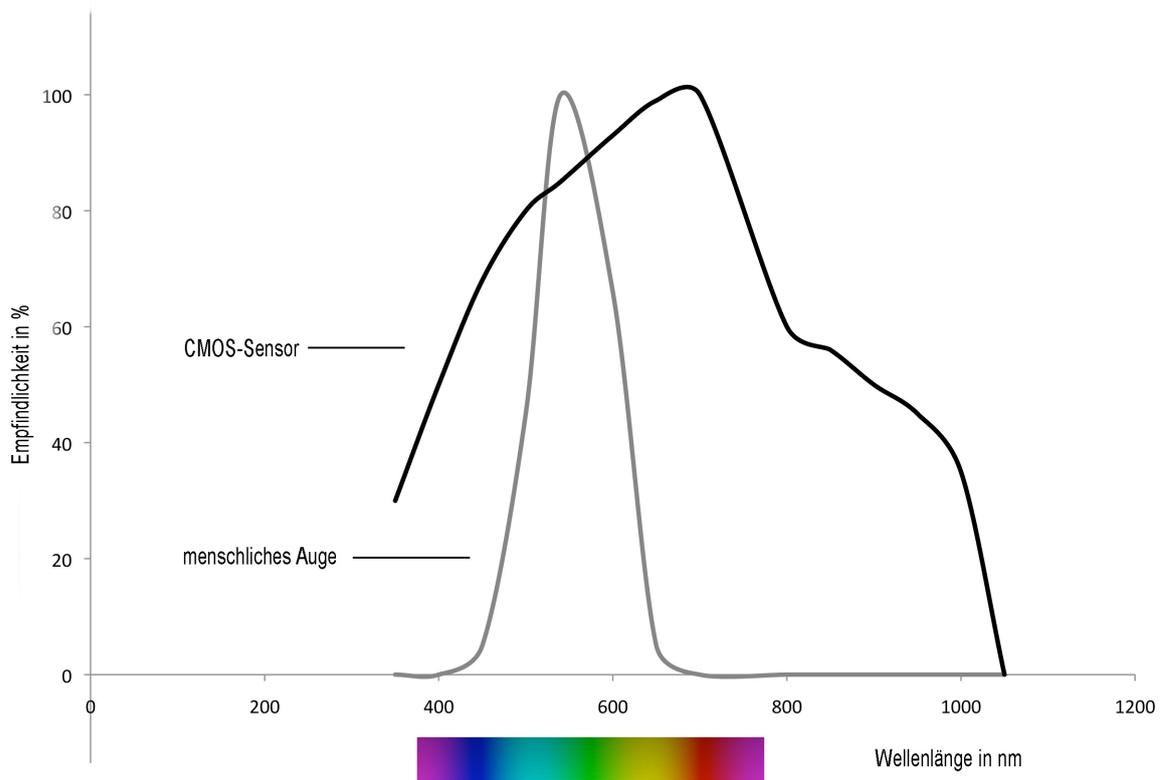


Abb. 6

### Nachteile:

#### - wenig lichtempfindlich:

Der CMOS-Sensor ist ein Farbsensor. Damit lässt sich begründen, weshalb ein CMOS-Sensor geringer lichtempfindlich als ein SW-Sensor ist. Ein schwarz-weiß Sensor kann nahezu alles ankommende Licht verarbeiten. Bei einem Farbsensor wie einem CMOS-Sensor wird auf die Sensoroberfläche eine Farbschicht (R;G;B) aufgebracht und diese schluckt Licht. Diese Erklärung wurde ohne die Einbeziehung eines Objektivs betrachtet.

- Interpolarisation zwischen den Pixeln, dadurch leidet die Schärfe und der Kontrast.<sup>23</sup>

#### 2.1.5. Der CMOS-Sensor der Canon EOS 5D Mark II:



Abb. 7

Die Canon EOS 5D Mark II hat einen CMOS-Sensor mit 21,1 Megapixel effektiv. Es ist ein Vollformatsensor mit den Abmessungen 36x24 mm (BxH).<sup>24</sup> Die Pixel sind 6,4x6,4µm groß. Es ergibt sich eine Pixelfläche von 40,96µm<sup>2</sup>.

#### 2.1.6. Der CMOS-Sensor der Nikon D3s:

Der CMOS-Sensor der D3s hat effektiv 12,1 Megapixel. Er ist ein Vollformat-Sensor, in der analogen Fotografie ist er der Größe einer Kleinbild-Spiegelreflexkamera gleich zu setzen. Die Sensorgöße beträgt 36,0x23,9 mm (BxH) im FX-Format.<sup>25</sup> Daraus ergibt sich eine einzelne Pixelgröße von 8,45x8,45 µm und eine Pixelfläche von 71,4µm<sup>2</sup>.

---

<sup>23</sup> fen-net.de

<sup>24</sup> canon.de

<sup>25</sup> nikon.de



Abb. 8

#### 2.1.7. Vergleich der CMOS-Sensoren beider Spiegelreflexkameras:

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass beide Spiegelreflexkameras die Canon EOS 5D Mark II und die Nikon D3s einen in seiner Größe identischen CMOS-Sensor haben. Beide haben einen Vollformatsensor mit den Abmessungen 36,0xca.24,0 mm (BxH). Beide unterscheiden sich in ihrer effektiven Pixelanzahl. Der Canon Sensor hat 21,1 Megapixel, wohingegen der Nikon Sensor etwas mehr als die Hälfte, nämlich 12,1 Megapixel, aufweist.

Grundsätzlich gilt, dass es immer darauf ankommt, in welchen Situationen eine Kamera einsetzen werden möchte. Unter Betrachtung dieses wichtigen Faktors ließ sich für mich folgendes Fazit ziehen. Beide Kameras haben sehr gute CMOS-Sensoren. Der CMOS-Sensor der Canon EOS 5D Mark II hat fast doppelt so viele Pixel als die Nikon D3s und somit auch eine bessere Auflösung. Für den Fall eine Kamera möchte in gut beleuchteten Situationen gebraucht werden, wie z.B. in Studiofotografie, dann schneidet die Canon EOS 5D Mark II im Punkt Auflösung besser ab. Aber wer in schlechteren Lichtbedingungen fotografieren möchte, dann empfiehlt sich die Nikon D3s.

Bei der Nikon D3s (Objektiv Nikon AF Nikkor 1:2,8/60 mm Micro D) und Canon EOS 5D Mark II (Objektiv Canon EF 1:2,5/50 mm Compact Makro) wurden folgende Grenzauflösungen in LP/BH gemessen<sup>26</sup>.

<b>ISO</b>	<b>100</b>	<b>400</b>	<b>800</b>	<b>1600</b>
<b>Nikon</b>	1215	1207	1202	1200
<b>Canon</b>	1670	1681	1614	1571

Die Canon EOS 5D Mark II zeigt deutlich bei gleicher ISO-Reihe mehr Linienpaare pro Bildhöhe als die Nikon D3s und hat somit in dem ISO-Bereich bis 1600 eine bessere Auflösung als die Nikon D3s<sup>27</sup>. Testobjektive sind Makroobjektive mit einer Brennweite um 50 mm. Dadurch wird der Einfluss des Objektivs auf die Messergebnisse minimiert. Die Testtafel ist nach OECF Norm ISO 12233<sup>28</sup>.

Der Dynamikumfang ist die maximale Differenz von der hellsten zur dunkelsten Stelle und beschreibt den Kontrast. Der Objektkontrast wird als Verhältnis ( $1:K_m$ ), Dichte (Logarithmus zur Basis 10,  $\log K_m = d$ ) oder als Blendenzahl (Logarithmus zur Basis 2;  $\log_2 K_m = \text{Blendenzahl}$ ) angegeben<sup>29</sup>. Die Canon EOS 5D Mark II und die Nikon D3s schaffen beide ein Verhältnis von 1:1000, was einer Blendenzahl von 10 entspricht, was für eine DSLR ein guter Wert ist. Bei steigendem ISO-Wert sinkt auch das Kontrastverhältnis und somit die Blendenzahl. Die Nikon D3s weist bei einem ISO-Wert von 200 eine Blendenzahl von 10,0 auf<sup>30</sup>, wohin gegen die Canon EOS 5D Mark II nur noch einen Blendenwert von 9,5 aufweist<sup>31</sup>, was ungefähr einem Kontrastverhältnis von 1:724 entspricht.

Wenn ein Bild rauscht, hängt es nicht in erster Linie von der Verstärkung des Pixels ab. Es können auch hohe Temperaturen das Rauschen (thermisches Rauschen) verstärken. Auch rauscht der Sensor schon von allein, da jeder Sensor in einer DSLR Störungen produziert bzw. jedes Pixel eine andere spezifische Empfindlichkeit besitzt (fix pattern noise), die der Hersteller durch eine kamerainterne Weißkalibrierung zu verhindern versucht. Das Rauschen ist auch von der Größe des Pixels abhängig.<sup>32</sup>

<sup>26,31</sup> colorfoto 2/2010, 23

<sup>27,30</sup> colorfoto 2/2009, 25

<sup>28</sup> colorfoto 2/2010, 38

<sup>29</sup> wikipedia.org

<sup>32</sup> colorfoto 2/2010, 38-39

Je kleiner die Pixelfläche, desto geringer ist die Lichtempfindlichkeit des Pixels. Das Signal muss bei schlechten Lichtverhältnissen verstärkt werden und führt zum Rauschen.

Die Nikon D3s hat deutlich größere Pixel in ihrer Fläche. Die Pixel der Nikon D3s sind  $71,4\mu^2\text{m}^2$  groß, wohingegen die Pixel der Canon EOS 5D Mark II gerade einmal  $40,96\mu^2\text{m}^2$  Fläche aufweisen. Durch die geringere Pixelfläche der Canon kann weniger Licht auf die Fotodiode der Zelle treffen und weniger Fotostrom generiert werden. Somit kommt es zu einer größeren Verstärkung bei höheren ISO-Werten und somit zum Bildrauschen. Die Nikon D3s schafft durch ihre großen Pixel einen maximalen ISO-Wert bis H3 (entspricht 102.400). Das ist für eine Kamera ein erstaunlicher ISO-Wert. Das Rauschen eines Sensors kann in VN (virtual noise) angegeben werden. Ein Wert unter  $\text{VN}=1$  ist ein sehr guter Rauschwert bei einem gewissem ISO-Wert. Ein Wert von 1 – 2 ist noch erträglich, wohingegen ein Wert über 2 ein deutliches und unansehnliches Rauschen darstellt.<sup>33</sup>

Die Nikon D3s hat folgende VN-Werte (ISO-Werte: 100/200/400/800/1600/3200/6400/12800/H1 = 25.600/H2 = 51.200/H3 = 102.400) 0,4/0,5/0,6/0,7/1,0/1,3/1,6/2,1/2,0/3,0/14,1.<sup>34</sup>

Deutlich ist zu sehen, dass ein wahrnehmbares Rauschen ab einem ISO-Wert von 1600 anfängt und bis zu einem ISO-Wert von H1 = 25.600 noch erträglich ist. Erst ab einem ISO-Wert von H2 ist das Rauschen deutlich zu sehen. Die Canon EOS 5D Mark II hat folgende Rauschwerte (ISO-Werte: 100/400/800/1600/6400) 0,5/0,6/0,7/0,9/4,2 VN.<sup>35/36</sup> Diese sind höher als die Rauschwerte der Nikon D3s, aber zeigt bis ISO 1600 einen guten Rauschwert. Ab ISO 6400 rauscht das Bild erheblich und zeigt einen höheren Rauschwert als die Nikon D3s bei ISO 51.200.

---

<sup>33</sup> colorfoto 2/2010, 39

<sup>34</sup> colorfoto 2/2010, 21

<sup>35</sup> colorfoto 2/2009, 25

<sup>36</sup> heise.de

Natürlich ist das Bildrauschen nicht nur von der Flächengröße des Pixels abhängig, sondern auch von der verbauten Elektronik des Sensors. Die Flächengröße eines Pixels ist ein wichtiger physikalischer Fakt.

Der Sensor der Nikon D3s ist auch schneller, da dieser nur halb so viele Pixel auslesen muss als die Canon EOS 5D Mark II. Die tatsächliche Schnelligkeit eines Sensor ist vom Prozessor abhängig. Trotzdem schafft die Nikon D3s eine Reihenaufnahme von 9 Bilder pro Sekunde<sup>37</sup>, wohingegen die Canon EOS 5D Mark II nur 3,9 Bilder pro Sekunde in Reihe schafft<sup>38</sup>.

Als Fazit zur Betrachtung der CMOS-Sensoren beider Kameras, der Nikon D3s und der Canon EOS 5D Mark II, lässt sich sagen, dass beide Kamerasensoren gute Werte aufweisen in Dynamikumfang, ISO- und Rauschwerte, etc.. Es kommt ganz darauf in welcher Situation ein Fotograf agiert, ob er eher Sport-, Theater- oder Naturfotograf ist. Dann ist eine Nikon D3s mit ihren sehr guten Rauschwerten besser geeignet als die Canon EOS 5D Mark II. Ist ein Fotograf in der Mode- oder Katalogbranche tätig, wird sich dieser eine Canon EOS 5D Mark anstatt der Nikon D3s zulegen, da die Canon bei gut ausgeleuchteter Situation (bei niedrigen ISO-Werten) gute Rauschwerte hat und eine höhere Auflösung als die Nikon D3s. Es kommt auf den Gebrauch und Einsatzort einer Kamera an. Somit lässt sich zu den Sensoren der Kameras kein klares und eindeutiges Fazit ziehen.

---

<sup>37</sup> nikon.de

<sup>38</sup> canon.de

## 2.2. Der Prozessor

Der Bildprozessor ist ein weiteres wichtiges Glied für ein optimales Bildergebnis. Er ist die Bildverarbeitungsengine. Wie schon der Name sagt, ist der Prozessor der Motor, die treibende Kraft, welche die Signale des Sensors verarbeitet. Ein Bildprozessor besteht aus einer Hardware, dem Prozessor an sich und einer Software, den Algorithmen. Die Algorithmen berechnen aus den von dem Sensor gelieferten Werten von Luminanz und Chromanz den entsprechenden Farbton des Bildpunktes und sind somit für die Farbdarstellung eines Bildes verantwortlich. Der Prozessor interpoliert aus den 4 Farbpixeln (R, 2xG, B) einen Farbton. Außerdem sorgt der Algorithmus des Bildprozessors für die Rauschunterdrückung. Rauschen ist eine Störung des Bildes, das bei hohen ISO-Werten oder zu kurzer Belichtungszeit auftreten kann. Dabei fängt das Bild an zu kriseln bzw. sind Bildpunkte mit abweichenden Farb- und Helligkeitswerten zu sehen. Auch für die Schärfe bzw. Unschärfe ist der Bildprozessor verantwortlich. Ein wichtiger Faktor ist auch die Schnelligkeit des Prozessors d.h. wie schnell ein Prozessor die ankommenden Signale der Pixel auswerten kann.<sup>39</sup>

### 2.2.1. Der Nikon Expeed:



Abb. 9

---

<sup>39</sup> wikipedia.org

Der Bildprozessor von Nikon wurde im eigenen Haus produziert. Es ist ein Prozessor mit Wortbreite 16 Bit. Er hat einen integrierten Digitalen Signalprozessor (DSP). Ein Problem bei Vollformatsensoren aufgrund ihrer Größe ist die Chromatische Abberation<sup>41</sup>. Nikon Prozessor Expeed hat eine Funktion zur Verminderung der Chromatischen Abberation (chroma = Farbe, Abberation =abschweifen). Um diesen Bildfehler zu vermeiden, generiert Nikon in seinem Bildprozessor eine Reduktionsfunktion. Nikon kompensiert die Größenunterschiede der Farben. Durch die chromatische Abberation hat auch das Bild einen unscharfen Eindruck und durch die ausgleichende Funktion des Prozessors, macht das Bild einen schärferen Eindruck.

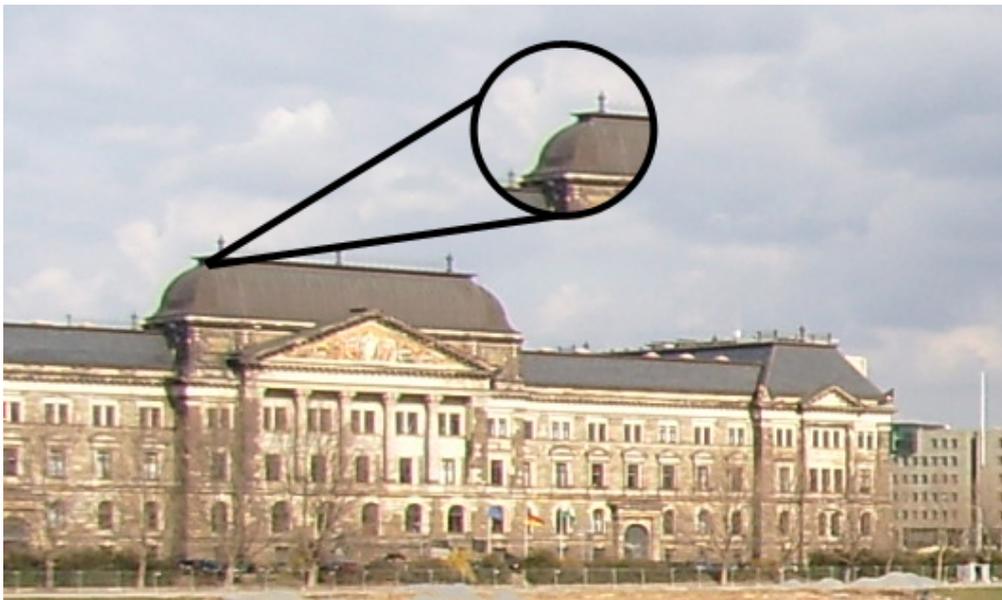


Abb. 10

Im Expeed Prozessor wird eine 16-Bit-Bildverarbeitung eingesetzt. Das analoge Signal wird über 12 Kanäle transmittet und durchläuft einen 14-Bit A/D Wandler. Im Bildverarbeitungssystem wird die Wortbreite auf 16 Bit erweitert.<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> [imaging.nikon.com](http://imaging.nikon.com)

<sup>41</sup> [elmar-baumann.de](http://elmar-baumann.de)

### 2.2.2. Der Canon DIGIC IV:



Abb. 11

DIGIC ist die Abkürzung für Digital Image Core<sup>42</sup>. DIGIC IV ist die derzeit neueste Version der DIGIC Bildprozessoren von Canon. Er wird seit 2008 in die EOS-Modelle von Canon eingebaut unter anderem auch in die Canon EOS 5D Mark II<sup>43</sup>. Canon hat den Prozessor selbst entwickelt.

Canon verwendet für den DIGIC IV Dryos als Echtzeitbetriebssystem. Dryos hat ein Kernel-Modul in seinem Kern und verfügt über einen 16 KB großen Kernel. Es ist mit 10 CPU-Typen kompatibel.<sup>44</sup>

## 2.3. Das Objektiv

### 2.3.1. Erläuterung wichtiger technischer Faktoren eines Objektivs:

Bevor ein Vergleich der Canon Objektive mit den Objektiven von Nikon stattfinden kann, müssen wichtige technische Faktoren, welche für die Beurteilung maßgebend sind, erklärt werden.

---

<sup>42</sup> canon.de

<sup>43</sup> canon-europe.com

<sup>44</sup> web.archive.org

### 2.3.1.1. Die Brennweite:

Der Brennpunkt ist der Schnittpunkt des gebrochenen Strahls mit der optischen Achse. Die Entfernung von der Linsen-Ebene zum Brennpunkt ist die Brennweite. Die Brennweite wird in der Einheit Millimeter mm angegeben. Die Brennweite einer Optik gibt an wie groß ein Objekt dargestellt wird und sie ist für den Abbildungsmaßstab mit verantwortlich. Je größer die Brennweite, desto kleiner wird der Bildwinkel bzw. desto größer wird das Objekt dargestellt (bei gleich bleibendem Betrachtungsstandpunkt).<sup>45</sup>

### 2.3.1.2. Die Lichtstärke und der Blendenwert:

Die Angaben über die Lichtstärke an einem Objektiv definieren sich aus der größtmöglichen Blendenzahl des Objektivs. Die Lichtstärkeangaben sind Verhältniszahlen aus der Brennweite und Objektivöffnung. Die Lichtstärke wird meistens als Kehrwert angegeben  $1:k$  oder  $f/k$  Bsp.:  $1:2,8$ . Die genormten Blendenwerte nehmen mit dem Faktor  $\sqrt{2}$  zu bzw. ab, wenn sich der Lichtdurchfluss verdoppelt bzw. halbiert ( $1,0 - 1,4 - 2 - 2,8 - 4 - 5,6 \dots$ ). Der Blendenwert beeinflusst zusätzlich zur Menge des durchgelassenen Lichtes auch die Schärfentiefe.<sup>46</sup>

### 2.3.1.3. Schärfentiefe:

Die Schärfentiefe wird durch den Abbildungsmaßstab und Blende bestimmt. Der Bereich, welcher unser Auge noch als scharf erkennt, zwischen dem nächsten und entferntesten Punkt wird Schärfentiefe genannt.<sup>47</sup>

---

<sup>45</sup> colorfoto 3/2008, 65

<sup>46</sup> colorfoto 3/2008, 65

<sup>47</sup> colorfoto 3/2008, 66

## 2.3.1.4. Der Abbildungsmaßstab:

Der maximalste Abbildungsmaßstab ist ebenfalls ein Verhältniswert, welcher sich durch die original Objektgröße ( $b_{\text{Objekt}}$  = Breite des Objektes) zur Bildgröße (Sensorgröße,  $b_{\text{Sensor}}$  = Breite des Sensors) definiert beim kürzesten Abstand der Kamera zum Objekt, wo das Objekt scharf gestellt werden kann.<sup>48</sup>

$$\text{Abbildungsmaßstab} = 1 / (b_{\text{Objekt}} / b_{\text{Sensor}})$$

## 2.3.1.5. Der Crop-Faktor und Bildkreis:

Der Crop-Faktor ist eine Verhältnisgleichung. Die Bezugsgröße des Crop-Faktors ist der Kleinbild-Film bzw. im digitalen Sektor das Vollformatsensor.

Der Crop-Faktor lässt sich wie folgt berechnen:

Rechenbeispiel für ein EF-S Objektiv von Canon (APS-C Sensor):<sup>49</sup>

- I. Grundlage: Satz des Pythagoras  $c^2 = a^2 + b^2$
- II. Berechnung der Diagonalen des Vollformatsensors:  
 geg.:  $a_{\text{VF}} = 24,00 \text{ mm}$                        $b_{\text{VF}} = 36,00 \text{ mm}$   
 $c_{\text{VF}} = \sqrt{a_{\text{VF}}^2 + b_{\text{VF}}^2} = \underline{43,27 \text{ mm}}$     *VF = Vollformat*
- III. Berechnung der Diagonalen eines APS-C Sensors:  
 geg.:  $a_{\text{APS-C}} = 14,80 \text{ mm}$                        $b_{\text{APS-C}} = 22,20 \text{ mm}$   
 $c_{\text{APS-C}} = \sqrt{a_{\text{APS-C}}^2 + b_{\text{APS-C}}^2} = \underline{26,68 \text{ mm}}$
- IV. Berechnung des Crop-Faktors:  
 $CF = c_{\text{VF}} / c_{\text{APS-C}} = 43,27 \text{ mm} / 26,68 \text{ mm}$   
 $\underline{CF = 1,62 \approx 1,6}$

<sup>48</sup> colorfoto 3/2008, 65

<sup>49</sup> elmar-baumann.de

Crop-Faktor =  $\frac{\text{Diagonale einer Vollbildkamera}}{\text{Diagonale eines kleineren Formates}}$

Jedes Objektiv erzeugt eine kreisrunde Abbildung des Motivs. Dass das Objekt auch vollständig dargestellt werden kann, muss der Durchmesser des Bildkreises der Diagonalen des Sensors entsprechen. Wird an einer Vollformat DSLR ein Objektiv benutzt, welches für eine kleinere Sensorbreite konstruiert wurde, werden Kanten abgeschnitten bzw. die Kanten schwarz, weil die Kanten des Sensors durch den geringen Durchmesser des Bildkreises nicht belichtet werden. Daher auch der Name Crop (engl. für Beschnitt).<sup>50</sup>



Abb. 12

<sup>50</sup> kwerfeldein.de

Außerdem lässt sich sagen, dass durch die Anbringung einer Optik für eine Kamera mit Crop-Faktor an einer Vollformat DSLR bzw. an einer analogen Kleinbildkamera sich nicht die Brennweite ändert, es nur den Eindruck erweckt. Tatsächlich bleibt die Brennweite gleich, nur ändert sich der Bildwinkel, wodurch es scheint, dass das Objektiv eine längere Brennweite hätte.<sup>51</sup>

### 2.3.2. Objektivtypen: (Bezugsgröße ist der Vollformatsensor)

- Makroobjektive: Makroobjektive werden eingesetzt, um Objekte ganz nah zu fotografieren. Diese Objektive ermöglichen, den Aufnahmeabstand sehr gering zu halten und der Fokussierweg wird lang gehalten. Somit sind Fotografien von Objekten im Maßstab von 1:1 bis 1:10 möglich. Die Schärfentiefe bei Makroobjektiven ist sehr gering und somit kann bei der Makrofotografie auf ein Stativ nicht verzichtet werden, um Verwacklungen zu vermeiden.
  
- Normalobjektive: Normalobjektive sind Objektive deren Bildwinkel 40° bis 50° beträgt. Das entspricht dem menschlichen Geradeaussehen. Eine Normaloptik bei einem digitalen Vollformatsensor mit einer Diagonalen von ca. 43 mm hätte eine Brennweite von  $f = 40\text{mm}$  bis  $50\text{ mm}$ . Diese Objektive haben meist eine sehr gute Lichtstärke.

---

<sup>51</sup> kwerfeldein.de

- Weitwinkelobjektive: Weitwinkelobjektive haben einen Bildwinkel von mehr als  $60^\circ$  und eine Brennweite unter 40 mm. Damit wird möglich, dass mit einem Weitwinkelobjektiv Motive ohne großen Abstand formatfüllend fotografiert werden. Außerdem wird bei Weitwinkelobjektiven eine große Schärfentiefe erreicht.
  
- Teleobjektive: Teleobjektive haben einen Bildwinkel von über  $40^\circ$  und eine Brennweite von über 50 mm. Teleobjektive werden genutzt, um fern liegende Objekte größer darstellen zu können. Sie funktionieren wie Ferngläser. Teleobjektive werden in der Tierfotografie, der Sportfotografie, der Astrofotografie und vielem mehr eingesetzt. Teleobjektive werden gern in der Portraitfotografie benutzt, da diese die Proportionen des Gesichtes behalten.
  
- Zoomobjektive: Zoomobjektive, auch Varioobjektive genannt, sind Objektive mit veränderlichen Brennweiten. Es gibt diese in den verschiedensten Brennweitenbereichen. Somit sind diese Allroundobjektive. Mit diesen Objektiven ist eine hohe Flexibilität gewährleistet, da ein ständiger Objektivwechsel nicht nötig ist.<sup>52</sup>

---

<sup>52</sup> colorfoto 4/2008, 70-73

### 2.3.3. Objektive für die Canon EOS 5D Mark II:

An die Canon EOS 5D Mark II passen nur EF Objektive und keine EF-S Objektive. Das lässt sich anhand des Crop-Faktors erklären. Die EF-S Objektive sind für den kleineren APS-C Sensor mit einem Crop-Faktor im Vergleich zum Vollformatsensor konstruiert.

Um einen kreisrunden Beschnitt des Bildes zu vermeiden, ist es mechanisch nicht möglich, an die Canon EOS 5D Mark II mit Vollformatsensor ein EF-S Objektiv anzubringen.

Für solch eine Profi-Kamera bieten sich für das beste Bildergebnis die L-Objektive an. Die L-Objektive sind die Profi-Objektive bei Canon. Sie sind deutlich durch ihren roten Ring erkennbar. Es gibt diese als Festbrennweiten, Zoom-Objektive, Tilt and Shift Objektive, Makro-Objektive und Objektive mit integriertem Bildstabilisator.<sup>53</sup>



Abb. 13

---

<sup>53</sup> canon.de

### 2.3.3.1. Die EF-Objektive von Canon:

EF- Objektive verwenden asphärische Linsen, um eine sphärische Abberation, welche eine Unschärfe des Bildes bewirkt, zu verhindern. Lichtstrahlen werden an den Linsenrändern stärker gebrochen als in der Mitte und somit treffen sich die gebrochenen Lichtstrahlen nicht in einem Brennpunkt und das Bild wird unscharf. Um eine chromatische Abberation zu vermeiden, werden bei Canon die Linsen aus Fluoridkristall bzw. UD-Glas (Ultra-Low Dispersion) gefertigt. Fluorid wird dem Glas beigemischt, um die Dispersion des Lichtes, was eine Chromatische Abberation zu Folge hat, zu verringern. In vielen EF-Objektiven wird ein Ultra-Schall-Motor verbaut, was ein leises und präzises Scharfstellen ermöglicht. Außerdem verbaut Canon in seinen EF-Objektiven einen Bildstabilisator IS (Image-Stabilisator). Dabei werden Zitterbewegungen der Hand bei langen Brennweiten und langen Belichtungszeiten ausgeglichen. Diese Zitterbewegungen werden durch quer zur optischen Achse stehenden Linsen ausgeglichen. Zwei gyroskopische Sensoren für die Längs- und Querachse stellen den Winkel und die Geschwindigkeit der Bewegung fest. In einem Prozessor werden die Signale verarbeitet und dieser schickt den IS-Linsen Informationen zur Korrektur des Wackelns.<sup>54</sup>

### 2.3.4. Objektive für die Nikon D3s:

Bei Nikon heißen die Objektive Nikkor. Es gibt keine klare Profillinie im Gegensatz bei Canon. Für die Nikon D3s werden vom Hersteller G- und D-AF und AF-S Nikkor Objektive empfohlen. Es gibt Festbrennweiten, Zoomobjektive und Spezialobjektive wie z.B. Fisheye – Objektiv.

---

<sup>54</sup> canon.de



Abb. 14

Der Bildstabilisator bei den Nikkor-Objektiven hat die selbe Funktionsweise wie der Bildstabilisator bei den EF-Objektiven. Außerdem verbaut Nikon in den AF-S Optiken einen Ultraschallmotor zur leiseren und präziseren Fokussierung. Nikon verbaut ebenfalls wie Canon UD-Linsen, bei Nikon ED- Linsen (Extra- Low Dispersion) genannt, sowie asphärische Linsen, um eine chromatische und sphärische Abberation zu vermeiden.<sup>55</sup>

### 2.3.5. Vergleich der Objektive von Canon und Nikon:

Beide Hersteller Canon und Nikon bauen gute bis sehr gute Objektive. Somit lässt sich nicht klar differenzieren, welcher der Hersteller bessere Objektive baut. Es gibt Unterschiede zwischen den Optiken, doch sind diese sehr minimal. Beide Hersteller verwenden asphärische Linsen, das selbe Prinzip der Bildstabilisation und Ultraschallmotoren. Nur haben beide Hersteller unterschiedliche Bezeichnungen.

Im Grunde lässt sich sagen, dass beide Hersteller Optiken für Amateure und für die Profi-Sektion bauen. Bei Canon ist die Profi-Sektion durch die L-Linie von den normalen Objektiven getrennt. Dies ist bei den Nikkor-Objektiven nicht der Fall.

---

<sup>55</sup> nikon-highlights.de

### 3. Videofunktion der Spiegelreflexkameras

In diesem Kapitel wird speziell die Videofunktion der einzeln vorgestellten DSLR Kameras vorgestellt und verglichen.

#### 3.1. Videofunktion der Canon EOS 5D Mark II

Die Canon EOS 5D Mark II kann in Full-HD (1920x1080) und in SD (640x480) aufzeichnen. Die Bildfrequenz ist auswählbar zwischen 30fps, 25fps und 24fps.

Canon speichert das Video in MOV mit MPEG-4 AVC bzw. H.264 Kompression ab. Ein Mono-Mikrofon ist in der Canon unterhalb der Aufschrift 5D integriert und eine Mini-Buchse für ein externes Stereo-Mikrofon ist vorhanden.<sup>56</sup>

#### 3.2. Videofunktion der Nikon D3s

Die Nikon D3s kann in HD (1280x720), 640 x 424 und 320 x 216 mit einer Bildfrequenz von 24fps aufzeichnen. Das Video wird in AVI gespeichert mit einer Motion-JPEG Kompression. Ein Mikrofon ist ebenfalls integriert und das Anstecken eines externen Mikrofons ist über eine Stereo Mini Buchse möglich.<sup>57</sup>

#### 3.3. SD und HD Videosignal

SD ist die englische Abkürzung für „Standard Definition“ und eine Fernsehnorm mit folgenden typischen Auflösungen:

- PAL: 768 x 576 Pixel, bei einer Bildfrequenz von 50 Hz
- NTSC: 640 x 480 Pixel, bei einer Bildfrequenz von 60 Hz<sup>58</sup>

SD wurde von HD (High Definition) abgelöst mit typischen

---

<sup>56</sup> software.canon-europe.com

<sup>57</sup> nikonusa.com

<sup>58</sup> wikipedia.org

Auflösungen:

- 720p50: 1280 x 720, progressiv, mit Bildfrequenz 50 Hz (PAL)
- 1080i60: 1920 x 1080, progressiv, mit Bildfrequenz 60 Hz (NTSC)
- 1080p25: 1920 x 1080, progressiv, mit Bildfrequenz 25 Hz (PAL)
- 1080i50: 1920 x 1080, interlaced, mit Bildfrequenz 50 Hz (PAL)<sup>59</sup>

### 3.4. Dateiformat und Komprimierung

Das Dateiformat gibt an in welcher Form und Struktur Daten in der Datei gespeichert werden. Der Inhalt der Datei ist dabei unwichtig.

Der Codec (kurz **Encoder** – **Decoder**) hingegen ist ein Algorithmus, der Bild- und Tondaten in eine digitale unverständliche Form konvertiert und komprimiert. Ein Codec hat in erster Linie die Datenkompression bzw. Datengrößenreduktion als Ziel. Durch einen Decoder werden die codierten Daten in uncodierte Daten zurück gewandelt.

Somit gibt es einen deutlichen Unterschied zwischen Dateiformat und Codec. Doch der Unterschied ist oft durch die Namensgebung des Dateiformates und Codecs irre führend. MPEG-2 ist z.B. ein Codec und Dateiformat.<sup>60</sup>

Einige Dateiformate sind Containerformate, bei denen das Datenformat als Art Verpackung für die Daten (Audio- und Videodaten) dient. Der Kompressionsalgorithmus wird aus einer Liste vieler Codecs gewählt. Als ein Beispiel gelten QuickTime Dateien mit der Endung \*.mov, bei denen nicht klar erkennbar ist mit welchem Codec gearbeitet wurde.

---

<sup>59</sup> Apple Inc 2008, 10

<sup>60</sup> Apple Inc 2007, 255

### 3.4.1. Videodateiformat und Komprimierung der Canon EOS 5D Mark II:

#### 3.4.1.1. Verwendetes Videodateiformat der Canon EOS 5D Mark II:

Canon EOS 5D Mark II verwendet das QuickTime Videodateiformat MOV. MOV ist ein Containerformat von QuickTime. Containerformat ist ein Datenformat, welches viele verschiedene Daten beinhaltet.<sup>61</sup>

Apple Computer Inc. entwickelte 1991 QuickTime als ein Format für multimediale Inhalte. In einem QuickTime-File bzw. in einer QuickTime-Datei werden vorwiegend Video- und Audiodaten Spuren (Tracks) zugeteilt.

Die QuickTime-Struktur ist hierarchisch und nach einer Baumstruktur geordnet. QuickTime baut sich aus Einheiten auf, bei denen die kleinste Einheit Atom genannt wird. Parent-Atome werden bei QuickTime als Container bezeichnet, welche Abzweigungen zu Children-Atomen aufweisen. Leaf-Atome sind Atome ohne Abzweigungen.

Für das Container-Atom ist das Header-Atom am wichtigsten, da es hier seine ID-Nummer zugeordnet bekommt. Die ID-Nummer ermöglicht das Auffinden des Container-Atomes innerhalb der Struktur. Das erste Atom in der Hierarchie also das Root-Atom erhält die ID-Nummer eins. Die Children-Atome können in drei möglichen Versionen lokalisiert werden. Erste Möglichkeit ist, dem Children-Atom ein Offset zu zuweisen. Das heißt, dass jedes Atom mit seiner eigenen Offset Nummer, welche in Zehnerschritten erfolgt, beschriftet wird. Dabei ist die Struktur und Hierarchie unwichtig. Die zweite Variante wäre die Angabe des Parent-Atomes und die Angabe der ID- und Typbezeichnung des Children-Atomes. Die dritte Möglichkeit wäre dem Children-Atom anstatt einer ID einen Index zu zuordnen.

---

<sup>61</sup> software.canon-europe.com

Ein Atom baut sich wie folgt auf: Der erste Teil des Atoms, welcher 32 Bit umfasst, gibt die Größe des Atoms in Byte an. Das wäre eine maximale Größe von 4GByte. Sollte es die maximale Größe von 4GByte überschreiten, wird die Größe auf eins gesetzt und als Anhang ein 64 Bit langer Eintrag gespeichert, welcher eine maximale Größe von 16 Exabyte erfassen kann. Sollte es das letzte Atom der Datei sein, wird die Datengröße Null gesetzt. Im zweiten Teil wird der Typ des Atoms im Four Character Code (FourCC) gespeichert. Dabei handelt es sich um eine 4Byte große Darstellung im ASCII-Code. Der dritte Teil wären dann der Anhang der Größe, wenn die Größe 4GByte überschreiten sollte. Nach den maximalen drei Teilen folgen die Daten.

Eine QuickTime-Datei hat zwei Hauptäste. Diese sind das Movie Data Atom (enthält alle audiovisuellen Daten) und das Movie Atom (enthält alle Daten zur Beschreibung der Inhalte).

Das Movie-Atom setzt sich bei Betrachtung einer Spur aus dem Movie-Atom, Track-Atom, Media-Atom, Video Media Information Atom und dem Sample Table Atom zusammen.

Das Movie-Atom:

Im Movie-Header-Atom enthält Informationen über die gesamte Datei. Das sind Informationen über die Dateigröße und Typ im FourCC 'mvhd' und zwei Zeitangaben. Die eine Zeit gibt den Erstellungszeitpunkt an und die zweite Zeit den letzten Zeitpunkt der Abänderung. Die Zeit wird in Sekunden angegeben, welche seit dem Beginn des systemspezifischen Referenzdatum 1. Januar 1904, 0 Uhr (bei Macintosh) verstrichen ist. Im User-Data-Atom 'udta' werden allgemeine Informationen für das Abspielen der Datei gespeichert und dessen Children-Atom ist das Movie-User-Data-Atom 'User defined'. Dem Movie-Clipping-Atom 'clip' stehen auch einzelne Spuren zur Verfügung.

Das Children-Atom Clipping-Region-Atom 'crgn' gibt wiederum an, wo der Film beschnitten werden soll.

Das Track-Atom:

Das Track-Atom setzt sich im einfachsten Fall aus einer Spur des Filmes zusammen. Auch dieses Atom hat einen Header, das Track-Header-Atom 'tkhd'. Es hat ebenfalls wie das Movie-Header-Atom die Größe, Typenbezeichnung und die zwei Zeitangaben gespeichert. Es besteht die Möglichkeit mehrere Spuren anzuordnen. Diese müssen in Layer zugeordnet werden. Das Track-Matte-Atom 'matt' ermöglicht die zu einer Ebene zugeordneten Spuren übereinander zu legen und gibt der obersten Ebene eine Transparenzebene (Matte), deren Kompression im Compressed-Matte-Atom 'kmat' festgelegt wird. Das Edit-Atom 'edts' bzw. das Children-Atom Edit-List-Atom 'elst' speichert Daten über Zeitbereiche, welche angeben welcher Teil des Tracks in einem Film angezeigt werden darf. Desweiteren ist ein Children-Atom des Track-Atoms das Track-Clipping-Atom 'clip' mit dem Clipping-Region-Atom 'Crgn', welches wie das Movie-Clipping-Atom arbeitet.

Das Media-Atom:

Das Media-Atom hat ebenfalls ein Media-Header-Atom 'mdhd' mit den Angaben der Größe, FourCC-Bezeichnung und Zeitangaben. Außerdem werden in dem Media-Atom Angaben über die Sprache festgelegt und verschiedensprachige Untertitel können gespeichert werden.

Das Sample-Table-Atom:

Das Sample-Table-Atom 'stbl' enthält einige Leaf-Atome mit Informationen über Proben des Media-Data-Atoms. Das Sample-Description-Atom 'stds' speichert Informationen der audiovisuellen Datei ab wie den Codec, den Kompressionsgrad, Größe, Auflösung, etc.. Im Time-to-Sample-Atom 'stts' wird eine Tabelle mit

Längenangaben der Sample gespeichert. Im Sync-Sample-Atom 'stss' werden Keyframes für die Decodierung des komprimierten Datenstroms gespeichert. Im Sample-to-Chunk-Atom 'stsc' werden die Zuweisungen der einzelnen Samples gespeichert. Im Sample-Size-Atom 'stsz' werden die Größen der Samples gespeichert.

Der zweite Hauptast des Movie-Data-Atoms hat alle Mediendaten gespeichert auf die das Movie-Atom zugreift. Das Movie-Data-Atom steht vor dem Movie-Atom. Das Movie-Data-Atom ist in Blöcke bzw. Chunks strukturiert. In den Chunks, welche ca. eine halbe Sekunde Material enthalten, befinden sich die Mediadaten. Der Ton wird immer vor den Videodaten gespeichert.<sup>62</sup>

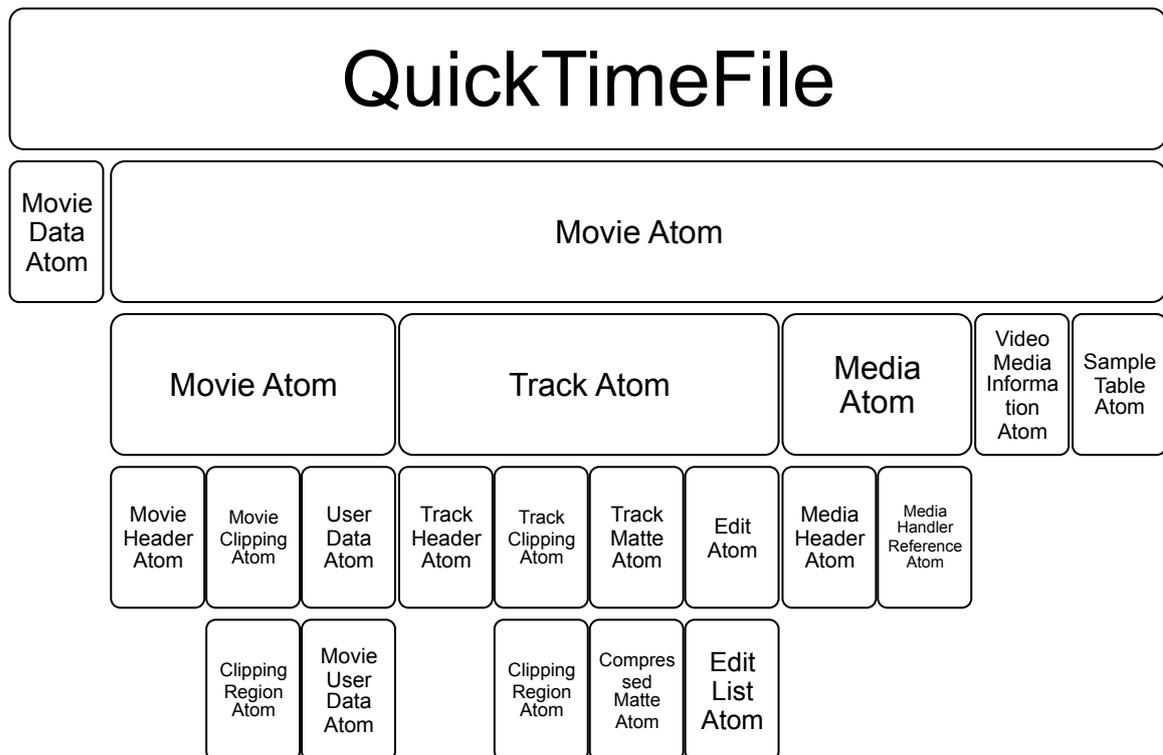


Abb.15

<sup>62</sup> Heyna, Briede, Schmidt 2003, 175-186

## 3.4.1.2. Verwendete Videokompressionsverfahren der Canon EOS 5D Mark II:

Der Codec, den Canon anwendet, ist H.264/MPEG-4 AVC Codec<sup>63</sup>. Dieser ist ein Codec, welcher sehr effizient Videos komprimiert. Der Codec ist darauf ausgelegt, hoch aufgelöste Bilddaten (HD) auf ein Drittel der MPEG-2 (1:2 bis 1:3) Datenmenge zu reduzieren. Der H.264/AVC Codec ist das Produkt einer Zusammenarbeit von MPEG und dem Joint Video Team (JVT).

Bei diesem Verfahren werden die Komponentensignale  $Y C_R C_B$  4:2:0 progressiv oder interlaced kodiert. Anstatt einer DCT mit 8 x 8 Pixel Blöcken wird eine Integertransformation mit 4 x 4 Pixel Block angewendet und das Ringing Artefakt verringert, welches z.B. bei einem JPEG komprimierten Bild an den Kontrastgrenzen entsteht<sup>64</sup>.



Es werden Makroblöcke für die Komponentensignale erstellt. Diese Makroblöcke werden zu Slices zusammengefasst. Für die Luminanz Y ergibt sich ein Makroblock von 16 x 16 Pixeln und für die jeweiligen Chromasignale  $C_R$  und  $C_B$  ein 8 x 8 Pixel großer Block. Es werden Bewegungen kompensiert, die Quantisierungsmatrix angewendet und das Verfahren endet mit einer Entropiereduktion. Die Bewegungsvektoren werden auf ein Viertel Pixel Genauigkeit bestimmt.<sup>65</sup>

<sup>63</sup> software.canon-europe.com

<sup>64</sup> wikipedia.org

<sup>65</sup> Heyna, Briede, Schmidt 2003, 100-101

### 3.4.2. Videodateiformat und Komprimierung der Nikon D3s:

#### 3.4.2.1. Verwendetes Videodateiformat der Nikon D3s:

Als Pendant zum QuickTime Dateiformat hat Microsoft Corporation ebenfalls 1991 mit dem Start von Windows 3.0 das AVI-Dateiformat herausgebracht. Das AVI-Dateiformat wurde für Video- und Audiodateien entwickelt. AVI ist eine Abkürzung für Audio-Video-Interleave.

Das AVI-Format ist sehr einfach aufgebaut, aber es können Video- und Audiodaten aufgenommen werden und dies jeweils auf nur einem Strom. Microsoft hat IFF (Interchange File Format), später zum RIFF (Resource Interchange File Format) weiter entwickelt, als Grundlage für das AVI-Format genommen. Dabei wird die Datei in Chunks mit unterschiedlichen Aufgaben aufgeteilt. Als erstes kommt der RIFF-Header zur Identifizierung des Chunks mit einer RIFF-Signatur (4 Byte in FourCC), mit der Dateigröße (4 Byte in FourCC) und dem RIFF-Typ (4 Byte in FourCC) hier AVI. Es ergibt sich wieder durch die 32 Bit Länge der Dateigröße eine maximale Dateigröße von 4 GByte. Um eine größere Dateigröße zu erzielen, wird im Extended AVI-Header die Information (dem ersten Chunk folgen weitere Chunks mit nur reinen Mediendaten) gespeichert. Dem RIFF-Header folgt die Header-List 'hdl'. Danach ist der Main AVI Header 'avih' mit globalen Informationen wie die Abspielrate und die Bildmaße angeordnet. Darauf folgt die Stream List 'strl'. Die Stream-List ist für jeden Datenstrom einmal angelegt. Jeder Datenstrom setzt sich aus einem Stream Header 'strh' (Klassifizierung des Datenstromes Audio oder Video, Codec), Stream Format 'strf' (Bildmaße, Farbtiefe, Kompressionstyp), Additional Header Data 'strd' (Konfigurationsspezifische Angaben des Codecs) und dem Junk Chunk (Bytegröße, Null-Bytes,

Ausfüllen des restlichen Platzes, wird oft von Anwendungen ignoriert) zusammen. Der Stream List folgt die List 'movi' mit den eigentlichen Mediendaten. Dieser wiederum kann in Unter-Chunks 'rec' gespeichert werden. Als letzter Chunk (optional) folgt der Index-Chunk, welcher die Datei abschließt und der eine Liste der Daten-Chunks beinhaltet für einen wahlfreien Zugriff innerhalb des Filmes.<sup>66</sup>

#### 3.4.2.2. Verwendete Videokompressionsverfahren der Nikon D3s:

Die Nikon D3s verwendet Motion-JPEG (M-JPEG) als Videokompressionsverfahren. Dies basiert auf dem Einzelbildkompressionsverfahren JPEG, welches nicht in Echtzeit komprimiert, aber für M-JPEG in Echtzeit komprimiert werden muss.

JPEG ist die Abkürzung für Joint Photographic Experts Group und ist eine Arbeitsgruppe der ISO (internationale Standardisierungsorganisation). 1992 wurde das Komprimierungsverfahren eingeführt.

Beim JPEG-Kompressionsverfahren wird das Bild in 8 x 8 Pixel große Blöcke aufgeteilt. Es werden die Blöcke der diskreten Kosinustransformation (DCT) unterzogen und die daraus entstandenen Faktoren werden durch eine Quantisierungsmatrix gewichtet bzw. die DCT-Koeffizienten durch die Quantisierungsmatrix geteilt und gewichtet. Vor der VLC (Variable Längen Codierung) werden die DC-Koeffizienten mit dem Zick-Zack-Scanning ausgelesen. Dadurch sind am Ende der Zahlenfolge nur noch Nullen vorhanden, welche weggelassen werden können und durch End of Block (EOB) ersetzt werden. Zum Schluss wird die Huffman-Codierung (eine entgegengesetzt verlaufende Shannon-Fanon-Kodierung) eingesetzt.

---

<sup>66</sup> Heyna, Briede, Schmidt 2003, 192 - 196

Die Kompressionsrate im Vergleich zu MPEG-2 beträgt 1:25 bis 1:100.<sup>67</sup>

### 3.5. Fazit über die Analyse der Videofunktion der DSLR Kameras:

Die Canon EOS 5D Mark II zeichnet in zwei Auflösungen auf. Der Anwender kann sich zwischen Full HD (1920 x 1080, 16:9) und SD (640 x 480, 4:3, NTSC) entscheiden. Die Nikon D3s hat hingegen nur HD-Auflösung (1280 x 720) und zwei weitere für den professionellen Bereich nicht zu gebrauchende Auflösungen (640 x 424 3:2, 320 x 216 3:2). Somit hat die Canon EOS 5D Mark II im Bereich Auflösung bessere Fakten zu bieten als die Nikon D3s.

Beide DSLR Kameras haben eine Bildfrequenz von 24fps (Kino). Die Nikon D3s hat nur die Bildfrequenz anzubieten. Bei der Canon EOS 5D Mark II kann zwischen 30fps (NTSC), 25fps (PAL) und 24fps (Kino) entschieden werden. Somit liegt auch in diesem Fakt die Canon 5D vor der Nikon D3s. Die Videos der Canon können sich auch anhand der Bildfrequenzen dem jeweiligen Ausstrahlungsort anpassen, weil durch die unterschiedlichen Netzspannungsfrequenzen zwischen Europa (50Hz) und USA (60Hz) Artefakte auftreten könnten.

Aber beide DSLR Kameras haben eine Mini-Stereo Buchse, um extern Ton aufzeichnen zu können.

Für die Beurteilung der Bildqualität von der jeweiligen hier vorgestellten DSLR Kamera ist maßgeblich der Codec verantwortlich. Der H.264 Codec ist im Vergleich zum M-JPEG Codec besser. Der H.264 Codec hat ein Datenreduzierungsverhältnis zu MPEG-2 1:2 bis 1:3, wohingegen der M-JPEG Codec eine Datenreduzierung um 1:25 bis 1:100 betreibt. Dadurch gibt es deutlich Datenverluste und die Qualität der Bilder ist schlechter als

---

<sup>67</sup> Heyna, Briede, Schmidt 2003, 64-65

die Bilder des H.264 Codecs. Außerdem treten bei dem auf JPEG basierendem M-JPEG Codec Ringing Effekte auf, welche ebenfalls die Bildqualität beeinträchtigen.

Beide Dateiformate der Kameras sind Containerformate von unterschiedlichen Herstellern. Trotz dessen, dass beide Formate von unterschiedlichen Herstellern sind, können beide jeweils auf Mac und PC abgespielt werden. AVI hat den Vorteil, dass seine Struktur sehr einfach aufgebaut ist. Aber die Flexibilität des AVI-Formates ist sehr eingeschränkt im Gegensatz zum QuickTime-Format MOV. Datenmaterial kann bei AVI nur auf Audio und Video beschränkt werden und diese nur auf jeweils einem Stream. Außerdem kann es bei Nichtbenutzung des Interleaving zu einer Zeitverzögerung des Audiosignals zum Videosignal kommen. Das Videosignal wird komplett neu in einer AVI-Datei gespeichert, wodurch ein starker Überfluss zu den auf der Festplatte vorliegenden Rohdaten verursacht wird. AVI ist außerdem ein sehr anfälliges Datenformat, weil nur eine kleine Beschädigung der Datei dazu führt, dass diese nicht mehr gelesen werden kann. Somit findet das AVI-Format mehr im Heimbereich und das MOV-Format im Heim- und professionellen Bereich Anwendung.

Die Nikon D3s speichert bei der höchsten Auflösung nur eine maximale Videolänge von fünf Minuten. Die Canon EOS 5D Mark II speichert bis zu 4GB ab. Das wären bei einer maximalen Auflösung knapp 30 Minuten. Das ist ein klarer Vorteil der Canon EOS 5D Mark II gegenüber der Nikon D3s.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass die Videos der Canon EOS 5D Mark II deutlich besser und professioneller abgespeichert werden als die Videos der Nikon D3s.<sup>68</sup>

---

<sup>68</sup> Heyna, Briede, Schmidt 2003, 193

#### 4. Schlussfolgerung der Gesamtbetrachtung

Die Canon EOS 5D Mark II hat eine höhere Auflösung (nicht interpoliert) von 5615 x 3744 Pixeln und die Nikon eine Auflösung von 4256 x 2832 Pixeln. Dieser Fakt bezieht sich auf die größere Pixelfläche der Nikon D3s mit  $71,4\mu^2\text{m}^2$  und der Canon EOS 5D Mark II mit  $40,96\mu^2\text{m}^2$ . Beide DSLR Kameras haben einen CMOS-Vollformatsensor mit den Maßen 36 x 24 mm und können in den Fotodatenformaten JPEG, RAW, RAW+JPEG speichern. Die Nikon D3s kann noch zusätzlich in TIFF speichern.

Deutliche Unterschiede zeigen sich bei der Betrachtung Autofokussierungsfelder AF-Felder. Die Canon EOS 5D Mark II hat 9 AF-Sensoren mit einem Kreuzsensor, wohingegen die Nikon D3s 51 AF-Sensoren mit 15 Kreuzsensoren aufweist. Beide können auch manuell fokussieren.

Die Verschlusszeiten beider DSLR Kameras sind identisch von 1/8000 bis 30 Sekunden. Außerdem speichern beide Kameras in den Farbräumen sRGB oder Adobe RGB ab.

Die Nikon D3s schafft eine größere Bildfolgezeit bei maximaler Auflösung (8,8 B/s) als die Canon EOS 5D Mark II mit 3,8 B/s.

Deutlich besser als die Canon EOS 5D Mark II ist die Nikon D3s im ISO-Rauschverhältnis. Dabei erzielt die Nikon D3s durch ihre größeren Pixel bessere Rauschwerte, als die Canon EOS 5D Mark II (siehe 2.1.1.7).

Beide haben einen 3,0 Zoll großen Monitor mit 307000 Pixel RGB Auflösung.

Bei der Betrachtung der beiden DSLR Kameras, nur auf den Fokus der fotografischen Faktoren beschränkt, muss entschieden werden unter welchen Bedingungen eine der DSLR Kameras eingesetzt werden soll. Die Canon EOS 5D Mark II ist eine Studiokamera, welche sehr

gute Fotografien bei gut ausgeleuchteten Situationen aufnimmt. Die Nikon D3s hingegen ist eher ein Kamera für schnelle Aufnahmen und lichtschwache Fotografien wie z.B. Sport- und Naturfotografien. Die Objektivpalette beider Hersteller Canon und Nikon hat hervorragende Objektive. Die Profi-Linie von Canon ist die L-Linie, wo die Nikkor-Objektive nicht zusätzlich durch eine Profi-Linie gekennzeichnet sind. In die Struktur der Prozessoren ließen sich verständlicherweise keiner der beiden Hersteller bis ins Detail erkunden. Somit lässt sich kein Résumé über die Bildprozessoren ziehen.

Die Canon EOS 5D Mark II (mit Akku) ist mit ihren 906g im Gegensatz zu der Nikon D3s (mit Akku) mit ihren 1420g ein Fliegengewicht. Von der Handhabung und Bedienung sind beide sehr angenehm. Die Canon EOS 5D Mark II kostet ca. 2400 €. Im Gegensatz zur Nikon D3s ein richtiges Schnäppchen, denn diese kostet ca. 4000€.

Deutliche Unterschiede zeigen sich in der Betrachtung beider Videofunktionen. Beide speichern in unterschiedlichen Dateiformaten (Canon in MOV und Nikon in AVI) und Codecs (Canon mit H.264 und Nikon mit M-JPEG). Es ergab sich, dass die Canon EOS 5D Mark II professioneller, qualitativ besser und sicherer Videodateien abspeichert. Außerdem ist die kurze Videoaufzeichnungslänge der Nikon D3s mit nur fünf Minuten deutlich ein Nachteil im Vergleich zur Canon EOS 5D Mark II, welche eine maximale Aufzeichnungsdauer von ca. 30 Minuten hat.

Die Schlussfolgerung lautet, dass die Canon EOS 5D Mark II unter Betrachtung der Videofunktion im Vergleich zur Nikon D3s deutlich besser abgeschnitten hat. Würde Nikon die Videofunktion weiter ausbauen und sich die Videofunktion der Canon EOS 5D Mark II als Beispiel heranziehen, könnte eine Weiterentwicklung der Nikon D3s in Zukunft in echter Konkurrenz in der Werbe- und Imagefilmproduktion zur Canon EOS 5D Mark II stehen.<sup>69,70</sup>

---

<sup>69</sup> colofoto 2/2009, 25

<sup>70</sup> colorfoto 2/2010, 23

## **5. Vorteile und Nachteile einer Spiegelreflexkamera in Bedienung und Workflow im Vergleich zu einer Videokamera**

Ganz klarer Vorteil ist, dass eine Spiegelreflexkamera mit Objektiv deutlich leichter und kleiner ist als jede Videokamera. Das ist ein klarer Vorteil besonders bei Aufnahmen, wo wenig Platz zur Verfügung steht. So geschehen bei der aktuellen produzierten Staffel von Dr. House. Die Räume sind klein, da diese Krankenzimmer etc. darstellen. Somit ist das Platzangebot sehr beschränkt, da von vornherein immer viel Platz für Licht, Schauspieler und deren Spielraum, etc. verloren geht. Somit hat ein Kameramann mit einer kleineren Kamera viel mehr Bewegungsspielraum.

Trotz ihrer kleineren Größe kann diese alles wie eine Videokamera. Es besteht die Möglichkeit sehr gute Objektive in vielen Variationen anzubringen. Außerdem besitzen beide hier vorgestellten DSLR einen Vollformat CMOS-Sensor und eine sehr gute Auflösung, bei denen so einige Videokameras nicht mithalten können.

Ein weiterer Fakt ist, dass die DSLR Kameras ein geringeres Gewicht aufweisen als andere normale Videokameras. Somit sind Bilder mit Handkamera gedreht, körperlich nicht so sehr anstrengend.

Bei Handkameraaufnahmen sorgt dieses geringe Gewicht und die nicht optimierte Bauform für Handaufnahmen zu einer erhöhten Verwacklungsgefahr. Dies kann durch ein Erschweren bzw. Rigging der DSLR gelöst werden.



Abb. 17

Die Kamera wird auf eine spezielle Kamerahalterung montiert und kann somit z.B. als Schulterkamera fungieren. Außerdem kann Schärfeneinrichtung, Kompendium, Monitor, Licht etc. montiert werden. Somit erhöht sich das Gewicht der DSLR und die Bedienung ist besser, professioneller und verwacklungsärmer. Durch das Rigging wird eine DSLR in ihrer Bedienung zu einer professionellen Video- und Filmkamera.

Ein weiteres Problem tritt auf bei der Schärfenbeurteilung. Oftmals ist es durch den sehr kurzen Sucher für den Kameramann nicht möglich, die Schärfe direkt zu beurteilen. Durch den kleinen integrierten Monitor der DSLR kann nicht die Schärfe beurteilt werden. Abhilfe schafft eine LCD Monitor Lupe, welche auf den Monitor montiert wird. Somit kann der Kameramann das Bild viel besser beurteilen.



Abb. 18

Grundsätzlich stelle ich fest, dass doch einige Einschränkungen im Vergleich zu einer professionellen Filmkamera auftreten und eine DSLR mit guter Videofunktion in Sachen Bedienung bisher noch nicht einer professionellen Filmkamera gleichkommt. Besonders sind die Anschaffungskosten und Materialkosten geringer im Vergleich zu einer Filmkamera.

Für kleinere Produktionen, wie Imagefilm oder Werbefilm, ist der Einsatz einer DSLR von großem Vorteil. Der Einsatz einer DSLR Kamera in einer Serie wird noch eine Seltenheit bleiben und die erste Produktion eines Kinofilmes mit einer DSLR wird noch auf sich warten müssen.<sup>71</sup>

---

<sup>71</sup> colorfoto 6/2009, 90-91

## 6. Literaturverzeichnis

### 6.1. Bücher:

- [1] Peres, Michael/Carter, Roger L./Mark Ostermann et. al/Peres, Michael R. (Hrsg.): the Focal encyclopedia of Photography. 4. Auflage. Burlington, Oxford 2007
- [17] Freyer, Ulrich: Nachrichten-Übertragungstechnik. 6. Auflage. München 2009
- [18] Sautter, Weinerth: Elektrotechnik und Mikroelektronik. 2. Auflage. Düsseldorf 1993
- [20] Erhardt, Angelika: Einführung in die Digitale Bildverarbeitung. 1. Auflage. Wiesbaden 2008
- [21] Erhardt, Angelika: Einführung in die Digitale Bildverarbeitung. 1. Auflage. Wiesbaden 2008
- [59] Apple Inc.: Final Cut Pro 6. Arbeiten mit HD- und Sendeformat. München, Wien, Wallisellen 2008
- [60] Apple Inc.: Final Cut Pro 6. Benutzerhandbuch. München, Wien, Wallisellen 2007
- [62] Heyna, Arne/Briede, Marc/Schmidt, Ulrich: Datenformate im Medienbereich. München, Wien 2003
- [65] Heyna, Arne/Briede, Marc/Schmidt, Ulrich: Datenformate im Medienbereich. München, Wien 2003
- [66] Heyna, Arne/Briede, Marc/Schmidt, Ulrich: Datenformate im Medienbereich. München, Wien 2003
- [67] Heyna, Arne/Briede, Marc/Schmidt, Ulrich: Datenformate im Medienbereich. München, Wien 2003
- [68] Heyna, Arne/Briede, Marc/Schmidt, Ulrich: Datenformate im Medienbereich. München, Wien 2003

**6.2. Fachzeitschriften:**

- [26] Stechel, Karl: Das Nikon System. In: colorfoto, Nr. 02/2010, 14-23
- [27] Stechel, Karl: Vollformat für alle. In: colorfoto, Nr. 02/2009, 12-25
- [28] colorfoto, 02/2010, Der Digitaltest Kameras, 38-39
- [30] Stechel, Karl: Vollformat für alle. In: colorfoto, Nr. 02/2009, 12-25
- [31] Stechel, Karl: Das Nikon System. In: colorfoto, Nr. 02/2010, 14-23
- [32] colorfoto, 02/2010, Der Digitaltest Kameras, 38-39
- [33] colorfoto, 02/2010, Der Digitaltest Kameras, 38-39
- [34] Stechel, Karl: Das Nikon System. In: colorfoto, Nr. 02/2010, 14-23
- [35] Stechel, Karl: Vollformat für alle. In: colorfoto, Nr. 02/2009, 12-25
- [45] Gottfried, Horst: Kleines Objektiv-ABC. In: colorfoto, Nr. 03/2008, 64-66
- [46] Gottfried, Horst: Kleines Objektiv-ABC. In: colorfoto, Nr. 03/2008, 64-66
- [47] Gottfried, Horst: Kleines Objektiv-ABC. In: colorfoto, Nr. 03/2008, 64-66
- [48] Gottfried, Horst: Kleines Objektiv-ABC. In: colorfoto, Nr. 03/2008, 64-66
- [52] Gottfried, Horst: Objektivkategorien und –eigenschaften. In: colorfoto, Nr. 04/2008, 70-73
- [69] Stechel, Karl: Vollformat für alle. In: colorfoto, Nr. 02/2009, 12-25
- [70] Stechel, Karl: Das Nikon System. In: colorfoto, Nr. 02/2010, 14-23
- [71] Biebel, Martin: Filmreif. In: colorfoto, Nr. 06/2009, 90-91

**6.3. Internetquellen:**

- [2] [http://www.canon-europe.com/Images/EOS%205D%20Mark%20II\\_Press%20Release\\_tcm13-548723.pdf](http://www.canon-europe.com/Images/EOS%205D%20Mark%20II_Press%20Release_tcm13-548723.pdf)
- [3] [http://www.nikon.de/de\\_DE/press\\_room/press\\_releases\\_main.page?Period=Archive&Quarter=0&SY=2009&ID=templatedata\de\\_DE\news\\_article\data\DE\\_PR\\_20091014\\_D3S](http://www.nikon.de/de_DE/press_room/press_releases_main.page?Period=Archive&Quarter=0&SY=2009&ID=templatedata\de_DE\news_article\data\DE_PR_20091014_D3S)
- [4] <http://www.foto-net.de/net/kameras/slr.html>
- [5] <http://www.spiegelreflex-test.de/spiegelreflex-technologie.html>

- [6/7] [http://www.canon.de/About\\_Us/About\\_Canon/Facts\\_\\_Figures/index.asp](http://www.canon.de/About_Us/About_Canon/Facts__Figures/index.asp)
- [8] [http://cpn.canon-europe.com/content/news/EOS\\_5D\\_mark\\_II\\_shoots\\_house.do](http://cpn.canon-europe.com/content/news/EOS_5D_mark_II_shoots_house.do)
- [9] [http://www.canon.de/for\\_home/product\\_finder/cameras/digital\\_slr/eos\\_5d\\_mark\\_ii/index.aspx](http://www.canon.de/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_5d_mark_ii/index.aspx)
- [10] [http://www3.canon.de/images/pro/fot/slr/geh/file/EOS50D\\_5DMkII\\_kl.pdf](http://www3.canon.de/images/pro/fot/slr/geh/file/EOS50D_5DMkII_kl.pdf)
- [11] [http://www.nikon.de/de\\_DE/local\\_content/articles/2009/Unternehmensprofil.page?](http://www.nikon.de/de_DE/local_content/articles/2009/Unternehmensprofil.page?)
- [12] <http://www.nikon.com/about/info/philosophy/index.htm>
- [13/14] [http://www.nikon.de/de\\_DE/press\\_room/press\\_releases\\_main.page?Period=Archive&Quarter=0&SY=2009&ID=templatedata\de\\_DE\news\\_article\data\DE\\_PR\\_20091014\\_D3S](http://www.nikon.de/de_DE/press_room/press_releases_main.page?Period=Archive&Quarter=0&SY=2009&ID=templatedata\de_DE\news_article\data\DE_PR_20091014_D3S)  
<http://www.nikon.de/tmp/DE/2419865273/3760176746/2327365364/27184057/3815855123/2396756336/3726938141/2852325810.pdf>
- [15] <http://www.nikon.de/tmp/DE/2419865273/3760176746/2327365364/27184057/3815855123/2396756336/3726938141/2852325810.pdf>
- [16] <http://www.fen-net.de/walter.preiss/d/slomoinf.html>
- [19] <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/CMOS-Sensor-CMOS-sensor.html>
- [22] <http://www.fen-net.de/walter.preiss/d/slomoinf.html>
- [23] <http://www.fen-net.de/walter.preiss/d/slomoinf.html>
- [24] [http://www.canon.de/for\\_home/product\\_finder/cameras/digital\\_slr/eos\\_5d\\_mark\\_ii/index.aspx](http://www.canon.de/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_5d_mark_ii/index.aspx)
- [25] <http://www.nikon.de/tmp/DE/2419865273/3760176746/2327365364/27184057/3815855123/2396756336/3726938141/2852325810.pdf>
- [29] <http://de.wikipedia.org/wiki/Dynamikumfang>
- [36] [http://www.heise.de/foto/produkt Daten/kameras/spiegelreflex/canon/eos-5d-mark-ii-30246/technische\\_daten/](http://www.heise.de/foto/produkt Daten/kameras/spiegelreflex/canon/eos-5d-mark-ii-30246/technische_daten/)

- 
- [37] <http://www.nikon.de/tmp/DE/2419865273/3760176746/2327365364/27184057/3815855123/2396756336/3726938141/2852325810.pdf>
- [38] [http://www.canon.de/for\\_home/product\\_finder/cameras/digital\\_slr/eos\\_5d\\_mark\\_ii/index.aspx](http://www.canon.de/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_5d_mark_ii/index.aspx)
- [39] <http://de.wikipedia.org/wiki/Bildprozessor>
- [40] <http://imaging.nikon.com/products/imaging/technology/d-technology/expeed/index.htm>
- [41] <http://www.elmar-baumann.de/fotografie/techtutorial/objektiv-5-03.html>
- [42] <http://www.canon.de:80/Support/System/Search.aspx?TcmUri=tcm:83-520779&SearchType=3>
- [43] [http://www.canon-europe.com/about\\_us/press\\_centre/press\\_releases/consumer\\_news/cameras\\_accessories/eos50d\\_press\\_release.asp](http://www.canon-europe.com/about_us/press_centre/press_releases/consumer_news/cameras_accessories/eos50d_press_release.asp)
- [44] [http://web.archive.org/web/20080116050120/http://www.canon.com/technology/canon\\_tech/explanation/dryos.html](http://web.archive.org/web/20080116050120/http://www.canon.com/technology/canon_tech/explanation/dryos.html)
- [49] <http://www.elmar-baumann.de/fotografie/techtutorial/objektiv-4-05.html>
- [50] <http://kwerfeldein.de/index.php/2009/06/15/was-ist-eigentlich-der-crop-faktor/>
- [51] <http://kwerfeldein.de/index.php/2009/06/15/was-ist-eigentlich-der-crop-faktor/>
- [53] [http://www.canon.de/For\\_Home/Product\\_Finder/Cameras/EF\\_Lenses/index.aspx](http://www.canon.de/For_Home/Product_Finder/Cameras/EF_Lenses/index.aspx)
- [54] [http://www3.canon.de/images/pro/fot/slr/obj/file/EF\\_Lenses\\_GER\\_03\\_Ir.pdf](http://www3.canon.de/images/pro/fot/slr/obj/file/EF_Lenses_GER_03_Ir.pdf)
- [55] <http://www.nikon-highlights.de/de-de/images/NIKKOR-Objektive.pdf>
- [56] <http://de.software.canon-europe.com/software/0038051.asp?model=>
- [57] [http://www.nikonusa.com/pdf/manuals/noprint/D3S\\_ENnoprint.pdf](http://www.nikonusa.com/pdf/manuals/noprint/D3S_ENnoprint.pdf)
- [58] [http://de.wikipedia.org/wiki/Standard\\_Definition\\_Television](http://de.wikipedia.org/wiki/Standard_Definition_Television)
- [61] <http://de.software.canon-europe.com/software/0038051.asp?model=>
- [63] <http://de.software.canon-europe.com/software/0038051.asp?model=>
- [64] [http://de.wikipedia.org/wiki/Gibbssches\\_Phänomen](http://de.wikipedia.org/wiki/Gibbssches_Phänomen)

**6.4. Grafiken:**

[Abb. 1 DSLR Canon EOS 5D Mark II]

*[http://www.canon.de/About\\_Us/Press\\_Centre/Product\\_Information/cameras\\_accessories/EOS\\_5D\\_Mark\\_II.asp](http://www.canon.de/About_Us/Press_Centre/Product_Information/cameras_accessories/EOS_5D_Mark_II.asp)*

[Abb. 2 DSLR Nikon D3s]

*[http://www2.nikon.de/bilddatenbank.php?hauptordner=digital\\_slr&produktordner=D3S&object=D3S\\_24\\_70\\_front\\_rgb.jpg](http://www2.nikon.de/bilddatenbank.php?hauptordner=digital_slr&produktordner=D3S&object=D3S_24_70_front_rgb.jpg)*

[Abb. 3 Graphische Darstellung des inneren Photoeffektes]

*Eichler, Jürgen: Physik. 2. Auflage. Wiesbaden 2004, Seite 236, Bild 10-2*

[Abb. 4 Aufbau CMOS-Sensor]

*Erhardt, Angelika: Einführung in die Digitale Bildverarbeitung. 1. Auflage. Wiesbaden 2008, Seite 39, Abbildung 3.183*

[Abb. 5 Fotografische Darstellung des Blooming Effektes]

*Petzold, Thomas*

[Abb. 6 Graphische Darstellung der spektralen Empfindung des Auges im Vergleich zu einem CMOS-Sensor]

*<http://www.fen-net.de/walter.preiss/d/slomoinf.html>*

[Abb. 7 CMOS-Sensor der Canon EOS 5D Mark II]

*[http://www.canon.de/About\\_Us/Press\\_Centre/Product\\_Information/cameras\\_accessories/EOS\\_5D\\_Mark\\_II.asp](http://www.canon.de/About_Us/Press_Centre/Product_Information/cameras_accessories/EOS_5D_Mark_II.asp)*

[Abb. 8 CMOS-Sensor der Nikon D3s]

*[http://www2.nikon.de/bilddatenbank.php?hauptordner=digital\\_slr&produktordner=D3S&object=D3S\\_Cmos\\_1\\_rgb.jpg](http://www2.nikon.de/bilddatenbank.php?hauptordner=digital_slr&produktordner=D3S&object=D3S_Cmos_1_rgb.jpg)*

[Abb. 9 Nikon Expeed]

*[http://www2.nikon.de/bilddatenbank.php?hauptordner=digital\\_slr&produktordner=D3S&object=Expeed\\_rgb.jpg](http://www2.nikon.de/bilddatenbank.php?hauptordner=digital_slr&produktordner=D3S&object=Expeed_rgb.jpg)*

[Abb. 10 Fotografisches Beispiel der Chromatischen Abberation]

*Petzold, Thomas*

[Abb. 11 Canon DIGIC IV]

*[http://www.canon.com/technology/canon\\_tech/explanation/digic.html](http://www.canon.com/technology/canon_tech/explanation/digic.html)*

[Abb. 12 Darstellung eines Bildkreises]

*Nissel, Jana*

[Abb. 13 Canon EF-Objektiv 24mm 1:1,4 L II USM]

<http://www.canon.de/For%5FHome/Product%5FFinder/Cameras/EF%5FLenses/Fixed%5FFocal%5FLength/EF%5F24mm%5Ff1.4L%5FII%5FUSM/>

[Abb. 14 AF-S NIKKOR 24mm 1:1,4G ED]

[http://www.nikon.de/de\\_DE/products/product\\_details.page?ParamValue=NIKKOR%20Lenses&Subnav1Param=Auto%20Focus%20Lenses&Subnav2Param=FX&Subnav3Param=Fixed%20Focus&RunQuery=l4&ID=6381081](http://www.nikon.de/de_DE/products/product_details.page?ParamValue=NIKKOR%20Lenses&Subnav1Param=Auto%20Focus%20Lenses&Subnav2Param=FX&Subnav3Param=Fixed%20Focus&RunQuery=l4&ID=6381081)

[Abb. 15 Aufbau eines QuickTime-File]

*Heyna, Arne/Briede, Marc/Schmidt, Ulrich: Datenformate im Medienbereich. München, Wien 2003, Seite 179, Abb. 10.3*

[Abb. 16 Ringing Artefakt]

*Nissel, Jana*

[Abb. 17 Kamerahalterung mit Kompendium]

[http://freshdv.com/wp-content/uploads/2008/10/redrock\\_dslr\\_rig.jpg](http://freshdv.com/wp-content/uploads/2008/10/redrock_dslr_rig.jpg)

[Abb. 18 LCD Monitor Lupe]

[http://www.enjoyyourcamera.com/images/product\\_images/popup\\_images/10881669\\_2.jpg](http://www.enjoyyourcamera.com/images/product_images/popup_images/10881669_2.jpg)

## **7. Selbstständigkeitserklärung**

Name: Jana Nissel

Reichenbach, den 29.08.2010

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Hausarbeit in allen Teilen selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel (einschließlich elektronischer Medien und Online-Quellen) benutzt habe. Alle wörtlich oder sinngemäß übernommenen Textstellen habe ich als solche kenntlich gemacht.

---

Unterschrift