

## Rauschverhalten bei optimaler Belichtung

### 1. Einleitung

Einer der großen Vorteile der Digitalfotografie ist es, die Belichtung mittels des Histogramms gleich zu prüfen und ggf. korrigierend eingreifen zu können – vorausgesetzt, man erkennt die „richtige“ Belichtung. Ein weiterer Vorteil ist die schnelle und einfache Verwendung höherer ISO-Zahlen. Dabei tritt allerdings eine Verschlechterung in der Bildqualität durch Rauschen ein, deren Ausmaß unterschiedlich beurteilt wird.<sup>1</sup>

In Anbetracht der aktuellen Einführung der Nikon D300 und D3 mit einer „dramatischen“ Verbesserung des Rauschverhaltens ist es für mich an der Zeit, mir eine eigene Meinung über Rauschen und Belichtung zu bilden. Dargestellt werden hier meine Überlegungen und Schlußfolgerungen, die ich zur Diskussion stelle. Ich habe mich etwas mit der Theorie auseinandergesetzt und die Diskussion in den Internetforen verfolgt. Letztendlich habe ich mit meiner D200 einige Vergleichsversuche durchgeführt – und das Ergebnis präsentiere ich hiermit.

Wenn es mir damit gelingt, nicht nur meine Gedanken zu ordnen, sondern auch für Andere etwas Licht in das Dunkel zu bringen, dann freue ich mich umso mehr.

Schwerpunkt in diesem Artikel ist die Vermeidung des Rauschens über die Aufnahme, d.h. bei der Belichtung – nicht durch nachträgliche Behandlung am Computer. Diese wird zwar, weil unvermeidbar, in die Überlegungen einbezogen. Aber der Ausgangspunkt ist idealerweise eine Aufnahme, die von sich aus möglichst wenig Rauschen aufweist.

### 2. Theorie des Rauschens

Nachdem ich mich diesbezüglich etwas eingelesen hatte, nahm ich von meinem Anspruch Abstand, eine klare theoretische Basis zu finden – dazu fehlt mir jetzt immer noch das Fachwissen. Aber gewisse Dinge erscheinen mir nachvollziehbar und bilden eine gewisse theoretische Basis für meine Schlußfolgerungen:

---

<sup>1</sup> [www.photo.net](http://www.photo.net); [www.dpreview.com](http://www.dpreview.com); und dort jeweils gegebene, sehr unterschiedliche, Hinweise

## 2.1. Ursachen für Rauschen

Es gibt fünf Arten von Rauschen<sup>2,3</sup> die m.E. für die beobachteten Effekte in der Digitalfotografie verantwortlich sein dürften:

1. Dunkelrauschen (dark noise)
2. Hot Pixel
3. Ausleserauschen (bias noise)
4. Schrotrauschen, Photonenrauschen (photon noise, poisson noise)
5. Quantisierungsrauschen

**Dunkelrauschen** entsteht durch thermisch induzierten Dunkelstrom der lichtempfindlichen Sensoren. Es hängt von der Sensor-Temperatur sowie der Belichtungsdauer ab. Eine Temperaturerhöhung um 6 – 10°C oder eine Verdopplung der Belichtungszeit verdoppelt jeweils das Rauschen. Der Effekt tritt besonders bei langen Belichtungszeiten z.B. in der Astrofotografie störend auf. Als bild-unabhängiger Effekt kann er durch bauliche Veränderungen (Sensor-Größe, Materialwahl u.a.m.) vom Kamera-Hersteller beeinflusst werden.

**Hot Pixel** reagieren überproportional auf das einfallende Licht und bilden weiße Bildpunkte. Sie entstehen meist durch Fertigungsfehler (d.h. der betreffende Photosensor zeigt immer den Maximalwert an), dann sind sie konstant vorhanden. Manchmal entstehen sie durch kosmische Strahlung,<sup>4</sup> dann ist ihre Position zufällig. In jedem Fall werden sie meistens durch den Rohdatenkonverter eliminiert. Bisher sind sie bei meinen Bildern kaum aufgetreten, spielen aber bei Langzeit- und Astronomieaufnahmen eine störende Rolle.

**Ausleserauschen** entsteht bei der Verstärkung der Meßsignale durch den Ausleseprozess und hängt direkt von dem Ausmaß der Verstärkung ab. Dies geschieht bei der Digitalfotografie durch die Steigerung der ISO-Zahl. Daher ist es unvermeidlich, daß bei höheren ISO-Zahlen das Rauschen zunimmt. Da es sich um einen bild-unabhängigen Effekt handelt, kann es ebenfalls durch bauliche Maßnahmen der Kamera beeinflusst werden.

Diese geschilderten Rauscharten können alle durch Verarbeitung kameraspezifischer Vergleichsdaten minimiert werden (Kalibrierung), aber nicht durch die Belichtung (d.h. durch den Fotografen). Das gilt auch für die Hot Pixel, die durch Fertigungsfehler hervorgerufen werden. Die Messung derartiger Vergleichsdaten ist aber nicht trivial. Ich gehe aber davon aus, daß derartige Vergleichsdaten von manchen Kameraherstellern innerhalb der Kamera bzw. den Herstellerspezifischen Konversionsprogrammen verwendet werden. Die kamerahersteller-unabhängige Rauschunterdrückungssoftware liefert bzw. verwendet ebenfalls Kalibrierungsdaten für gängige Kameras bzw. ermöglicht deren Herstellung für die eigene Kamera. Der Vorteil letzteren Vorgehens ist, daß eigentlich alle Kamera-abhängigen Rauschfaktoren erfasst werden.

---

<sup>2</sup> Jeff Medkeff, Using Image Calibration to Reduce Noise in Digital Images, 2004;  
[http://photo.net/learn/dark\\_noise/](http://photo.net/learn/dark_noise/)

<sup>3</sup> Wikipedia, Artikel "Bildrauschen", <http://de.wikipedia.org/wiki/Bildrauschen>

<sup>4</sup> Diese Strahlung ist sehr energiereich und wirkt wie eine punktuelle Überbelichtung.

**Schrotrauschen** entsteht durch die ungleiche Verteilung von Lichtquanten (Photonen), die auf verschiedene Sensoren bei gleicher Helligkeit treffen. Diese Verteilung ist motivabhängig: in dunklen Bildstellen und bei kurzen Belichtungszeiten spielt sie eine relativ größere Rolle. Bei hellen Bildstellen oder längeren Zeiten wird der Effekt geringer, weil er sich ausmittelt. Grundsätzlich hilft es hier, die Belichtung möglichst maximal durchzuführen.

**Quantisierungsrauschen** entsteht bei der Digitalisierung von analogen Meßsignalen. Das Rauschen ist umso höher, je weniger diskrete Ebenen zur Verfügung stehen. Es ist unvermeidlich; bei der zur Zeit üblichen 12bit Verarbeitung der Sensoren bieten sich genau 4096 Ebenen zur Digitalisierung, wobei die hellen Bildstellen die meisten Ebenen besitzen<sup>5</sup>. Zur Minimierung dieses Effektes sollte man also auch möglichst überbelichten. Daß dieser Effekt in der Praxis eine große Rolle spielt, glaube ich allerdings nicht.

Als **Konsequenz für den Fotografen** wird klar, daß – bei gegebener ISO-Zahl und Motiv – im Hinblick auf die Minimierung des Rauschens lediglich die Möglichkeit zur möglichst langen Belichtung, d.h. Überbelichtung, besteht. Ansonsten wird das Rauschen durch kameraspezifische Faktoren hervorgerufen, die vermutlich (Fertigungstoleranzen) innerhalb einer Kamera-Baureihe wenig variieren. Somit ist a priori zu erwarten, daß unterschiedliche Kameratypen unterschiedliches Rauschverhalten aufweisen und damit sind entsprechende Hinweise in der Literatur prinzipiell nachvollziehbar.<sup>6</sup>

Das bei jeweils gleichem Kamera-Typ verschiedene Nutzer jeweils widersprüchliche Angaben zum Rauschverhalten machen, deutet darauf hin, daß die Belichtung einen größeren Einfluß hat, als allgemein angenommen wird.

## 2.2. Signal-Rausch-Verhältnis (SNR)

Damit wird das Verhältnis des (gemittelten) Bildsignals zum (gemittelten) Bildrauschen beschrieben und es gibt mathematische Ausdrücke, die in der Informationsübertragung zur Charakterisierung verwendet werden. Für Signalübermittlungen ist es wichtig, festzustellen, ab wann das SNR unter einen Schwellenwert fällt, der die Erkennung des Signals unmöglich macht.

---

<sup>5</sup> siehe mein Artikel „The Power of RAW“. Mit den neuen 14bit Sensoren (16384 Ebenen) dürfte sich dieser Effekt weiter verringern.

<sup>6</sup> So wird Canon-Kameras ein besseres Rauschverhalten zugewiesen. Diese verwenden ausschließlich CMOS-Sensoren. Nikon verwendete bis zur D200 CCD-Sensoren, die D2x und die neuen Kameras D300 und D3 verwenden CMOS-Sensoren. Vielleicht bietet dieser Sensor-Typ ein besseres Rauschverhalten? Zwar wurde in einer Diplomarbeit (eine vergleichende Betrachtung: CCD kontra CMOS, Daniel Göhring, Berlin, 2002) das Gegenteil angegeben, bei der Lektüre fällt allerdings auf, daß insbesondere Auslese- und Quantisierungsrauschen bei CMOS geringer sein dürften. Analog gilt für eine gegebene Pixel-Zahl (d.h. Zahl der Photosensoren), daß größere Sensoren an sich ein besseres Rauschverhalten als kleine Sensoren aufweisen sollten.

Interessant sind für uns nun die Verfahren, die zur Verbesserung des SNR angewendet werden. Wichtig sind hierbei:

1. Anheben der Signalstärke
2. Filtern
3. Mittelung

**Anheben der Signalstärke** bedeutet in der Fotografie: Überbelichten! Natürlich erreicht man dabei Grenzen, nämlich das „Ausfressen“ der Lichter, welches unbedingt vermieden werden muß – dazu später mehr! Aber solange das nicht erfolgt, ist überbelichten problemlos möglich und verbessert das SNR. Auch kleine Belichtungsschritte können wirksam sein: bei dem linear messenden Sensor bedeutet bereits 1/3 Überbelichtung eine Erhöhung der Signalstärke um ca. 30 %!

**Filtern** wäre für mich in diesem Zusammenhang das Blockieren von IR- bzw. UV-Strahlung. Während die erstere meist vom Sensor blockiert wird, ist die UV-Strahlung ggf. durch Objektivfilter abzufangen. Da IR- bzw. UV-Strahlen natürlich im Objektiv einen anderen Strahlengang besitzen, als die sichtbaren, tragen sie vermutlich zum Photonenrauschen bei. Wie stark der Effekt allerdings ist, kann ich nicht abschätzen.

**Mittelung** von verrauschten Signalen verbessert das SNR, da das Rauschen zufällig ist, und sich somit nicht immer mit addiert. Dieses Verfahren kann man in Photoshop nachstellen, in dem eine Vielzahl von verrauschten Bildern addiert.<sup>7</sup> Fotografisch dürfte es aber nur bei statischen Motiven anwendbar sein.

Auch hier ergibt sich als **Konsequenz für den Fotografen** die Folgerung zur Überbelichtung. Die Verwendung von UV-Filtern wäre auch sinnvoll, zumindest in Bereichen, in denen eine hohe UV-Belastung auftreten könnte.

### 2.3. Rauschunterdrückung über Software

Es gibt eine Reihe von kommerziellen Programmen, die auf Rauschunterdrückung spezialisiert sind, z.B.

- Noise Ninja
- Neat Image
- Noiseware
- Grain Surgery
- ...

---

<sup>7</sup> Siehe z.B. [http://www.photo.epson.de/learning/support/image\\_noise.htm](http://www.photo.epson.de/learning/support/image_noise.htm)

Eine vergleichende Übersicht<sup>8</sup> bescheinigt Noise Ninja insgesamt die beste Leistung – aber die anderen Programme liefern eben auch akzeptable Leistungen und es ist doch oft eine persönliche Frage, mit welcher Software man selbst gut klarkommt.

Eine ebenfalls mögliche Lösung benötigt keine spezialisierte Software, sondern benutzt den Lab-Farbraum und die Tatsache, daß das Rauschen meistens nur in den Farbkanälen auftritt (sogenanntes Farbrauschen, im Gegensatz zum Helligkeitsrauschen).<sup>9</sup> Dieses Vorgehen beinhaltet natürlich einiges an Handarbeit, hat aber den Vorteil der totalen Kontrolle und des geringen Detailverlusts.

Allen diesen Lösungen ist gemeinsam, daß die Rauschunterdrückung nach der eigentlichen Aufnahme im Computer erfolgt – interessant für mich ist aber eine bereits weitgehende Reduktion von Rauschen direkt bei der Aufnahme bzw. in der Kamera und darauf gehen wir jetzt ein.

### 3. Rauschunterdrückung durch optimale Belichtung

Mit meiner D200 und dem Micro-Nikkor 200 mm f/4.0 auf Stativ habe ich verschiedene Belichtungsreihen erstellt – das Motiv befindet sich auf der gegenüberliegenden Straßenseite. Mit hellen und dunklen Bildstellen bildet es ein gutes Beispiel für die hier diskutierte Fragestellung.



Abbildung 1: Testmotiv - ISO 100; +0,7 EV (Matrixmessung)

<sup>8</sup> [http://www.michaelalmond.com/Articles/noise\\_conc.htm](http://www.michaelalmond.com/Articles/noise_conc.htm)

<sup>9</sup> siehe z.B. [http://www.adorama.com/Catalog.tpl?op=academy\\_new&article=121207](http://www.adorama.com/Catalog.tpl?op=academy_new&article=121207)

Die Bilder wurden in Rohdaten aufgenommen und mit zwei verschiedenen Konvertern verarbeitet (zur Rohdatenkonversion und deren Bedeutung siehe meinen Artikel „The Power of RAW“). Bei den höheren ISO-Zahlen wurde noch Noise Ninja in Photoshop eingesetzt, so daß sich die folgenden Vergleiche ergeben:

- a) Lightroom 1.3.1 (= LR), ggf. mit interner Rauschunterdrückung
- b) Bibble 4.9.9b (= B4) ggf. mit Noise Ninja Pro<sup>10</sup>
- c) LR ohne Rauschunterdrückung, gefolgt von Noise Ninja Pro in Photoshop CS2

Im Anschluß daran wurde noch eine Serie von Rohdaten mit jpg-Dateien aufgenommen, um die Qualität der Kamera-internen Rauschunterdrückung zu bewerten. Die Rohdaten wurden dann nur in LR konvertiert.

### 3.1. Einfluß der Belichtung - Belichtungsreihen

Bei ISO 400 ist das Rauschen relativ gering, daher wurden hier nicht so viele Varianten ausprobiert (Tabelle 1):

Belichtung	Rausch-Bewertung	Optimierung in LR
0 EV	sichtbares Rauschen	Nach-Belichtung erforderlich, erhöht Rauschen
+0,7 EV	schwaches sichtbares Rauschen	Rauschunterdrückung einfach (ca. 20 bei Luminanz), Bild ok
+1 EV	schwaches sichtbares Rauschen	Rauschunterdrückung einfach (ca. 20 bei Luminanz), Bild ok
+2 EV	kaum sichtbares Rauschen	Rauschen wird durch Belichtung -1 EV minimiert, Bild ok

Tabelle 1: Belichtungsreihe bei ISO 400

<sup>10</sup> Noise Ninja ist zwar in Bibble integriert, fortgeschrittene Funktionen sind aber nur nach Lizenzierung verfügbar (empfehlenswert!), diese ist über <http://www.picturecode.com> erhältlich. Der Kauf eines Photoshop-Plug-ins ist ausreichend, die Freischaltung erfolgt dann für Bibble automatisch.

Ab ISO 800 wird das Rauschen sichtbar, wie die folgenden Tabellen zeigen. Angegeben sind auch Bewertungen der Möglichkeiten zur Rauschunterdrückung:

<b>Belichtung</b>	<b>Bewertung „ohne Bel. korr.“ in LR</b>	<b>Bewertung mit Bel. korr. zu visuell gleichem Eindruck in LR</b>	<b>Rauschunterdrückung in LR</b>	<b>B4 mit Rauschunterdrückung</b>
0 EV	sichtbares Rauschen, Bild zu dunkel	sichtbares mittleres Rauschen (Bel.korr. +0,5 EV)	schwierig (ca. 55 Luminanz), fleckiger Eindruck	einfach, NR-Wert 12; Detailverlust, Bild akzeptabel
+0,7 EV	schwaches sichtbares Rauschen, Bild etwas zu dunkel	sichtbares Rauschen	einfach (ca. 30 Luminanz), Bild ok	einfach, NR-Wert 10; schwaches Rauschen sichtbar, Bild ok
+1 EV	schwaches sichtbares Rauschen, Bild ok	schwaches sichtbares Rauschen	einfach (ca. 25 Luminanz), Bild ok	einfach, NR-Wert 9; schwaches Rauschen sichtbar, Bild ok
+2 EV	kaum sichtbares Rauschen, Bild zu hell	kaum Rauschen (Bel.-korr. -0,8 EV)	leicht, u.U. nicht erforderlich, Bild ok	sehr einfach, NR-Wert 6; Bel.-korr. -1 EV, Highlight-Recovery 10, Bild ok

Tabelle 2: Belichtungsreihe bei ISO 800 mit LR und Bible im Vergleich

<b>Belichtung</b>	<b>Bewertung „ohne Bel. korr.“ in LR</b>	<b>Bewertung mit Bel. korr. zu visuell gleichem Eindruck in LR</b>	<b>Rauschunterdrückung in LR</b>	<b>B4 mit Rauschunterdrückung</b>
0 EV	deutlich sichtbares Rauschen, Bild zu dunkel	starkes Rauschen	schwer (100 Luminanz), Bild nicht ok	einfach, NR = 12; Detailverlust, Rauschen sichtbar, Bild akzeptabel
+0,7 EV	deutlich sichtbares Rauschen, Bild etwas zu dunkel	deutlich sichtbares Rauschen	möglich (ca. 80 Luminanz), Detailverlust	einfach, NR = 12, Detailverlust, schwaches Rauschen sichtbar, Bild ok
+1 EV	deutlich sichtbares Rauschen, Bild ok	deutlich sichtbares Rauschen	möglich (ca. 80 Luminanz), leichter Detailverlust	einfach, NR = 12, nur wenig Detailverlust, schwaches Rauschen sichtbar, Bild ok
+2 EV	deutlich sichtbares Rauschen, Bild zu hell	sichtbares schwaches Rauschen	einfach (ca. 35 Luminanz), Bild akzeptabel, Detailverluste sichtbar	einfach, NR = 8; Bel.-korrektur -1,35 EV, Highlight-Recovery nötig (20), Bild akzeptabel

Tabelle 3: Belichtungsreihe bei ISO 1600 mit LR und Bible im Vergleich

Es bestätigt sich die theoretische Schlußfolgerung: Überbelichtung unterdrückt das Rauschen. Der Effekt ist m.E. ziemlich dramatisch, sogar bei ISO 1600 vermindert eine deutliche Überbelichtung das Rauschen signifikant. Festzuhalten ist auch, daß eine nachträgliche positive Belichtungskompensation im Rohdatenkonverter zur Erhöhung des Rauschens führt.

Allerdings ist die **fotografische Konsequenz** noch nicht eindeutig. Der Sinn der Verwendung einer höheren ISO-Zahl ist es, kürzere Verschußzeiten zu erreichen. Dem widerspricht natürlich eine Überbelichtung, die zu längeren Verschußzeiten führt. Um dies zu beurteilen, werden im Folgenden die Bilder verschiedener ISO-Zahlen miteinander verglichen.

In dem hier gezeigten Einfluß der Belichtung liegt vermutlich der wesentliche Grund für die Uneinheitlichkeit der kommunizierten Erfahrungswerte. Wahrscheinlich kommen die Berichte über starkes Rauschen im Wesentlichen von Fotografen, die in der Tendenz eher unterbelichten oder dies sogar absichtlich tun, um noch kürzere Verschußzeiten zu erzielen.

### 3.2. Vergleich zwischen verschiedenen ISO-Zahlen

In der Praxis werden höhere ISO-Zahlen verwendet, um bei schwachem Licht kürzere Verschußzeiten zu erreichen. Dies ist z.B. notwendig, um Bewegungsunschärfe zu vermeiden oder auf ein Stativ verzichten zu können.

Interessant ist daher der Vergleich der verschiedenen Belichtungskombinationen unter dem Gesichtspunkt des dabei erzielten Vorteils in der Verschußzeit. Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse.



Belichtung	Blenden-Gewinn gegen ISO 100	Rauschunterdrückung in LR	LR, gefolgt von Rauschunterdrückung mit Noise Ninja in CS2	B4 mit Rauschunterdrückung
ISO 100 +0,7 EV	0 EV (1/30)	nicht erforderlich, <b>Bild gut</b>		
ISO 400 +0,7 EV	+ 2,0 EV (1/125)	einfach (ca. 20 bei Luminanz)		
ISO 400 +2 EV	+ 0,7 EV (1/50)	einfach (ca. 20 bei Luminanz), Bild ok		
ISO 800 +0,7 EV	+ 3,0 EV (1/250)	einfach (ca. 30 Luminanz), Bild ok	<b>einfache Bearbeitung, Bild gut</b>	einfach, NR-Wert 10; schwaches Rauschen sichtbar, Bild ok
ISO 800 +2 EV	+ 1,7 EV (1/100)	leicht, u.U. nicht erforderlich, Bild ok		sehr einfach, NR-Wert 6; Bel.-korr. -1 EV, Highlight-Recovery 10, Bild ok
ISO 1600 +0,7 EV	+ 4,0 EV (1/500)	möglich (ca. 80 Luminanz), Rauschen sichtbar, Detailverlust	einfach, leichtes Rauschen sichtbar, Detailverlust	<b>einfach, NR = 12, Detailverlust, schwaches Rauschen sichtbar, Bild ok</b>
ISO 1600 +2 EV	+ 2,7 EV (1/200)	einfach (ca. 35 Luminanz), Bild akzeptabel		einfach, NR = 8; Bel.-korrektur -1,35 EV, Highlight-Recovery nötig (20), Bild akzeptabel

Tabelle 4: Fotografischer Vergleich der verschiedenen Belichtungskombinationen mit verschiedenen Aufarbeitungen.

Ich folgere, auch ISO 1600 lässt sich bei entsprechender Aufarbeitung fotografisch – unter Verzicht auf feinste Details – verwenden. In jedem Fall bevorzuge ich eine leichte Überbelichtung, so daß sich dann ein Blendengewinn von 4 EV ergibt. In Abbildung 1 werden entsprechende 100%-Ausschnitte aus den drei Favoriten gezeigt.

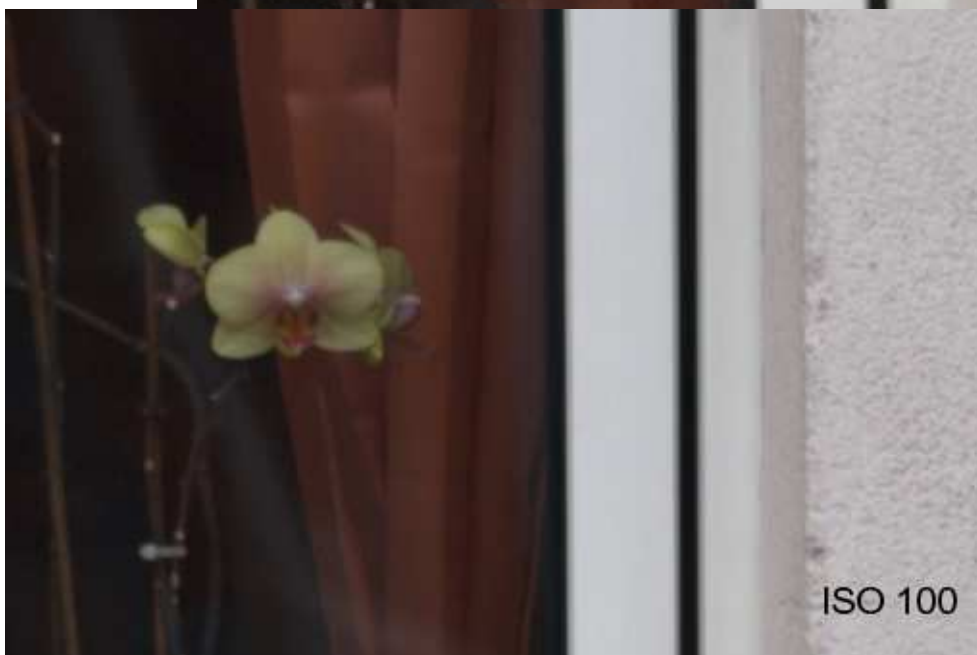
Wichtig ist aber neben der (Über-)Belichtung auch die verwendete Software zur Rauschunterdrückung. Noise Ninja ist hier Lightroom klar überlegen – dies zeigt sich sowohl in Bible als auch bei der Anwendung in Photoshop (nach der Konversion in Lightroom). Bei ISO 800 sind die Ergebnisse sehr ähnlich und auch Lightroom allein liefert akzeptable Ergebnisse. Bei ISO 1600 sollte in jedem Fall Noise Ninja eingesetzt werden. Motivabhängig ist Bible zu bevorzugen<sup>11</sup>, da dann nur ein Programm zur Datenaufbereitung benötigt wird. Lediglich falls selektives Entrauschen erforderlich ist, sollte Noise Ninja als Plug-in bei Photoshop eingesetzt werden.

<sup>11</sup> In der aktuellen Version 4.x hat Bible eine Schwäche in der Highlight-Konversion, ist daher bei Motiven mit sehr hellen Bildteilen nur bedingt (und schwierig) einsetzbar. Version 5 soll das beheben...

Abbildung 2:

100%-Ausschnitte (Bild siehe Abb. 1) zum Vergleich der jeweils besten Bearbeitungsergebnisse (vgl. Tab. 4); Belichtung +0,7 EV

*(bitte beachten: alle Bilder sind ungeschärft – daher der insgesamt weiche Eindruck)*



### 3.3. Kamera-interne Rauschunterdrückung – Fotografie im jpg-Format

Bei der Verwendung von Rohdaten haben die internen Rauschunterdrückungsprogramme keinen Einfluß auf das Bildergebnis bei der D 200. Weder mit Lightroom noch mit Bibble sind sichtbare Verbesserungen festzustellen<sup>12</sup> - somit sind diese Einstellungen nur für Fotografen interessant, die direkt jpg-Dateien als Ergebnis erhalten.

Um einen direkten Vergleich zu haben, habe ich mehrere Serien mit gleichzeitiger Speicherung von .nef und .jpg Dateien durchgeführt. Wie erwartet, zeigen die jpg-Dateien weniger Rauschen aufgrund der Rauschunterdrückung in der Kamera.<sup>13</sup> Aber es tritt ein nicht unerheblicher Verlust von Details auf. Wie Abb. 3 zeigt, ist die Rauschunterdrückung der kamera-internen Verarbeitung in der D200 der von Noise Ninja deutlich unterlegen.

Bei genauerer Betrachtung der Bildserien fiel mir aber auch auf, daß die „überbelichteten“ jpg-Dateien eben dies genau sind – d.h. die hellen Bildstellen wirken ausgefressen, es fehlen Details und das Bild wirkt insgesamt zu hell. Es bieten sich offensichtlich nicht die Toleranzen zur Überbelichtung, die durch den Rohdatenkonverter gegeben werden. Diese Frage beschäftigt mich schon länger und ich möchte die Gelegenheit ergreifen, im nächsten Kapitel mehr zur „richtigen“ Belichtung zu sagen.

Hier möchte ich abschließend betonen, daß für die Fotografie in jpg-Dateien der Spielraum zur Rauschunterdrückung durch erhöhte Belichtung geringer ist. Die Rauschunterdrückung in der Kamera löst das Problem schlechter als die Fremd-Software Noise Ninja.<sup>14</sup> Ich empfehle daher, bei höheren ISO-Zahlen auf jeden Fall in Rohdaten zu fotografieren und die Rauschunterdrückung hinterher am PC durchzuführen.

Ansonsten sind die Bildergebnisse stärker verrauscht. Auch dies könnte ein Grund für die unterschiedlichen Beurteilungen von Rauschverhalten der Kameras sein – die einen fotografieren Rohdaten und sind zufrieden, die anderen jpg und wundern sich über das Rauschen...

---

<sup>12</sup> In Internet-Foren wird erwähnt, daß Nikon Capture diese Einstellungen berücksichtigt und die Rauschunterdrückung durchführt. Allerdings deutet auch das auf eine mathematische Operation hin, deren Effektivität von den verwendeten Algorithmen abhängt.

<sup>13</sup> Einstellung im Kamera-Menü: „hohe Empfindlichkeit“ HIGH – d.h. starke Rauschunterdrückung. Es ist natürlich davon auszugehen, daß bei geringeren Werten der Detailverlust vermindert wird.

<sup>14</sup> An dieser Stelle möchte ich darauf hinweisen, daß es neben Noise Ninja noch eine Reihe weiterer kommerzieller Programme zur Rauschunterdrückung gibt, die sicherlich ähnlich effektiv arbeiten und vergleichbar gute Resultate bieten. Ein Vergleich der verschiedenen Programme findet sich z.B. hier: [http://www.michaelalmond.com/Articles/noise\\_conc.htm](http://www.michaelalmond.com/Articles/noise_conc.htm)

Abbildung 3:  
100%-Ausschnitte (Bild siehe  
Abb. 1) zum Vergleich  
(Belichtung +1,0 EV):

oben:  
Rauschunterdrückung in D200  
-> direkt jpg  
(Einstellung: HIGH)

mitte:  
B4 mit Noise Ninja aus  
Rohdaten

unten:  
LR aus Rohdaten ohne  
Rauschunterdrückung



## 4. Die optimale Belichtung...

... orientiert sich in erster Linie an der Bildidee und hat daher erst in zweiter Linie mit Technik zu tun. Aber mit den vorher geschilderten Tests stellt sich automatisch die Frage nach der richtigen Belichtung, auch ohne das Rauschverhalten zu berücksichtigen.

Ich werde hier keine absoluten Regeln für die einzig richtige Belichtung aufstellen – aber mit den folgenden Ausführungen ist es sicher einfacher, eine der Situation angemessene und somit dort richtige Belichtung zu finden.

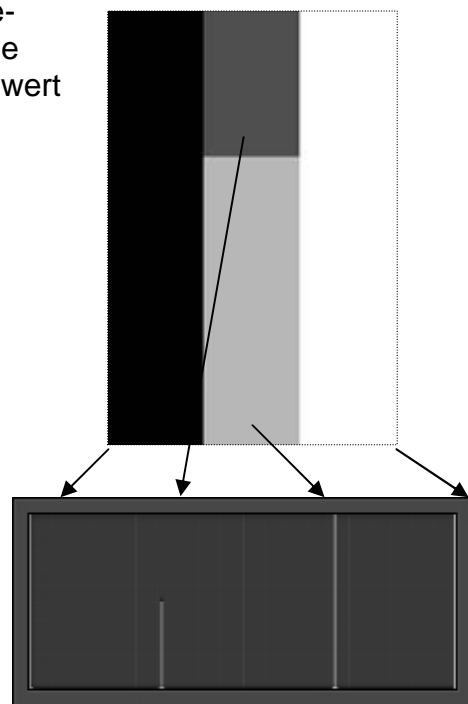
### 4.1. Auswertung des Histogramms

Ein Histogramm gibt Informationen über die statistische Verteilung der Tonwerte (pro Farbkanal) in einem Bild. Üblicherweise werden 256 Tonwerte beschrieben. Auf der x-Achse entspricht die Position 0, d.h. ganz links, dem „schwarz“. Ganz rechts, die Position 255, entspricht „weiß“. Auf der y-Achse wird die Häufigkeit aufgetragen, mit der der entsprechende Wert im Bild vorkommt. Je höher als der Balken ist, desto häufiger ist dieser Helligkeitswert im Bild vorhanden.

Zur Illustration dient das nebenstehende Graubild:<sup>15</sup> Hier gibt es nur Grauwerte, weiß und schwarz sind gleichverteilt, das dunklere Grau belegt die Hälfte der Fläche des mittleren Grautons.

Das bestätigt das darunter abgebildete Histogramm:<sup>16</sup> weiß ist rechts und schwarz ganz links! Die beiden Grauwerte sind in der Mitte dargestellt. Bei ihnen stimmt das Größenverhältnis, die beiden äußeren Werte werden als „clipped“ angezeigt – aber dazu später.

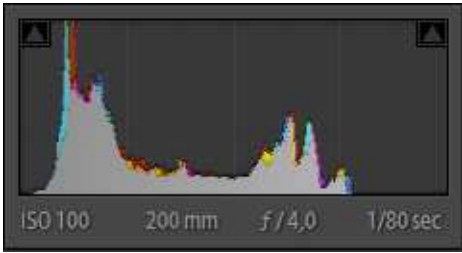
Natürlich sind in realen Bildern mehr Tonwerte dargestellt und es ist farbig. Da ergibt sich das Gesamt-Histogramm aus der Summe der einzelnen Farbkanäle. Je nach Kamera kann man sich auch die drei RGB-Kanäle anzeigen lassen. Die Ableitung des Gesamt-Histogramms ist nicht einfach additiv, da die verschiedenen Farbkanäle unterschiedlich gewichtet werden.



<sup>15</sup> in Analogie zu Jost J. Marchesi, digital Photokollegium 2, Gilching, 2007, S. 88 ff.

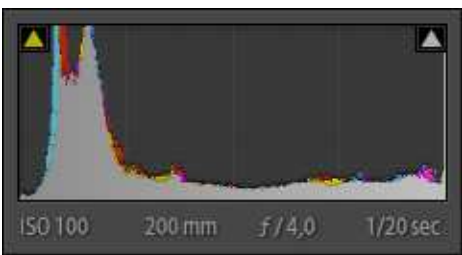
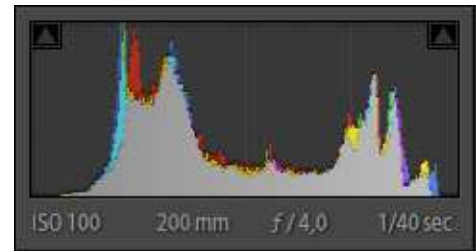
<sup>16</sup> Histogramm, wie in Lightroom angezeigt. Die Höhenverhältnisse stimmen hier allerdings nicht, in Photoshop CS2 werden sie korrekt angezeigt.

Jetzt aber zur realen Welt der realen Bilder... im Histogramm:



Bei dem Histogramm links fehlt der rechte Teil. Hier sind die hellen Tonwerte deutlich unterrepräsentiert, das Bild ist unterbelichtet. Die zur Verfügung stehenden Datenkanäle werden nicht optimal ausgenutzt, die empfindlichsten Bereiche zur Messung der Helligkeit werden nicht eingesetzt.<sup>17</sup>

Das Histogramm rechts zeigt eine gleichmäßige Verteilung der Helligkeitswerte mit einer Annäherung an den rechten Teil – das ist eine technisch korrekte Belichtung, in der die zur Verfügung stehenden Datenkanäle maximal ausgenutzt werden.



Dieses Histogramm zeigt ein überbelichtetes Bild, ganz rechts ist ein sehr hoher Balken zu sehen (clipping, ausgefressene Lichter), der anzeigt, daß sehr viele Helligkeitswerte auf „weiß“ stehen, d.h. an den dortigen Bildstellen kann keine Differenzierung mehr sichtbar sein.

Die oben gezeigten Histogramme sind das Ergebnis einer Belichtungsreihe:

Matrixmessung	0 EV:	1/80
	+1,0 EV:	1/40
	+2,0 EV:	1/20

Die Spitzlichterwarnung der D200 hat bei der Belichtungskompensation +2,0 EV deutlich angeschlagen – dazu noch einmal etwas unter Punkt 4.3.

## 4.2. Beurteilung nach Bildeindruck

In der oben angeführten Belichtungsreihe ergibt sich ein analoger Gesamteindruck – d.h. die überbelichteten Bilder erscheinen auch überbelichtet und benötigen eine entsprechende software-technische Abdunkelung. Meiner Vorstellung würde eine Belichtungskompensation von +0,7 EV am ehesten entsprechen. Aber die notwendige Nachbearbeitung erscheint widersprüchlich – warum dann überhaupt eine Überbelichtung – warum nicht gleich „richtig“ belichten? Bezüglich des Rauschverhaltens habe ich die Gründe oben dargestellt, bezüglich der allgemeinen Bildqualität habe ich in meinem bereits zitierten Artikel etwas gesagt – und

<sup>17</sup> Siehe auch meinen Artikel „The Power of RAW“ zur Frage der Meßwerterfassung und der Meß-Ebenen.

grundsätzlich möchte ich meine kreativen Entscheidungen lieber selber treffen als diese der Kamera überlassen.<sup>18</sup>

Ich betone ausdrücklich, daß eine vernünftige Korrektur überbelichteter Bilder nur mit Rohdaten erfolgen kann – der Spielraum bei jpg-Dateien ist viel geringer!

### 4.3. Spitzlichterwarnung – und Rohdatenkonverter

Bei der Behandlung von Spitzlichtern unterscheiden sich die Rohdatenkonverter deutlich – hier zeigt Bibble deutliche Schwächen, Adobe Lightroom ist darin deutlich besser. Ein detaillierter Vergleich würde den Umfang dieses Artikels sprengen, aber ich möchte ein kleines Beispiel bringen.

Die obigen Beispielsbilder waren – aus didaktischen Gründen – Bilder mit geringem Tonwertumfang. Hier war es sehr einfach, den gesamten Tonwert-„Berg“ mittels Veränderung der Belichtung im Histogramm zu verschieben. In der Praxis sind die interessanten Situationen aber gerade diejenigen, die einen sehr hohen Tonwertumfang aufweisen und bei denen man sich in der Regel entscheiden muß, ob Bildteile über- bzw. unterbelichtet werden. Ein typisches „Problem“ ist ein Blässhuhn in der Sonne: der weiße Schnabel und der schwarze Körper bilden einen sehr harten Kontrast.

Abbildung 4 zeigt den Vergleich eines Kopfes mit Schnabel. Der schwarze Körper ist gut erfasst, könnte aber mehr Licht vertragen. Der Schnabel hingegen ist deutlich überbelichtet und – wie das Histogramm zeigt – ruft am rechten Rand des Histogramms ein Spitzlicht-Signal hervor. Dies wird auch in der Spitzlichterwarnung der D200 angezeigt – allerdings für den ganzen Schnabel!

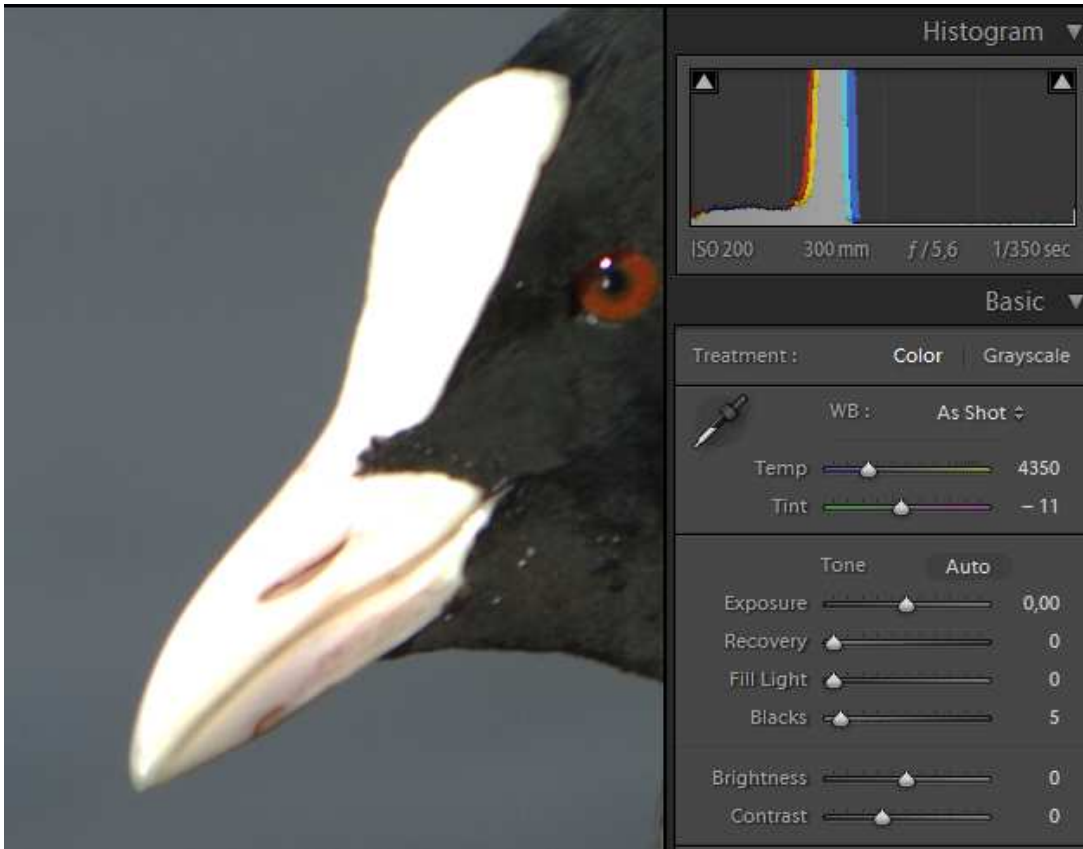
Durch LR lässt sich ein wesentlicher Teil des Schnabels rekonstruieren und erscheint nun durchgezeichnet. Die „Kunst“ bei der Belichtung besteht nun darin, zu erkennen, wann diese Rekonstruktion möglich ist – und wann nicht. Das Beispiel illustriert die feine Linie, die vorhanden ist. Es gelang eben hier nicht, den ganzen Schnabel wiederherzustellen – das Bild habe ich daher nun gelöscht (auch wegen der leichten Unschärfe, die nur teilweise durch das noch fehlende Nachschärfen kompensiert werden würde).

In der Praxis hätte ich das Bild -0,3 EV unterbelichten müssen, um den Schnabel komplett in LR abbilden zu können. Bei einem direkten jpg-Bild wäre eine noch stärkere Unterbelichtung (-0,7 bzw. -1,0 EV) nötig gewesen, somit wären die dunklen Bildteile vermutlich ganz verschwunden und hätten sich nur schwierig aufhellen lassen.

---

<sup>18</sup> Oder anders gesagt: wenn es nicht so darauf ankommt, dann fotografiere ich jpg – aber sonst nur RAW.

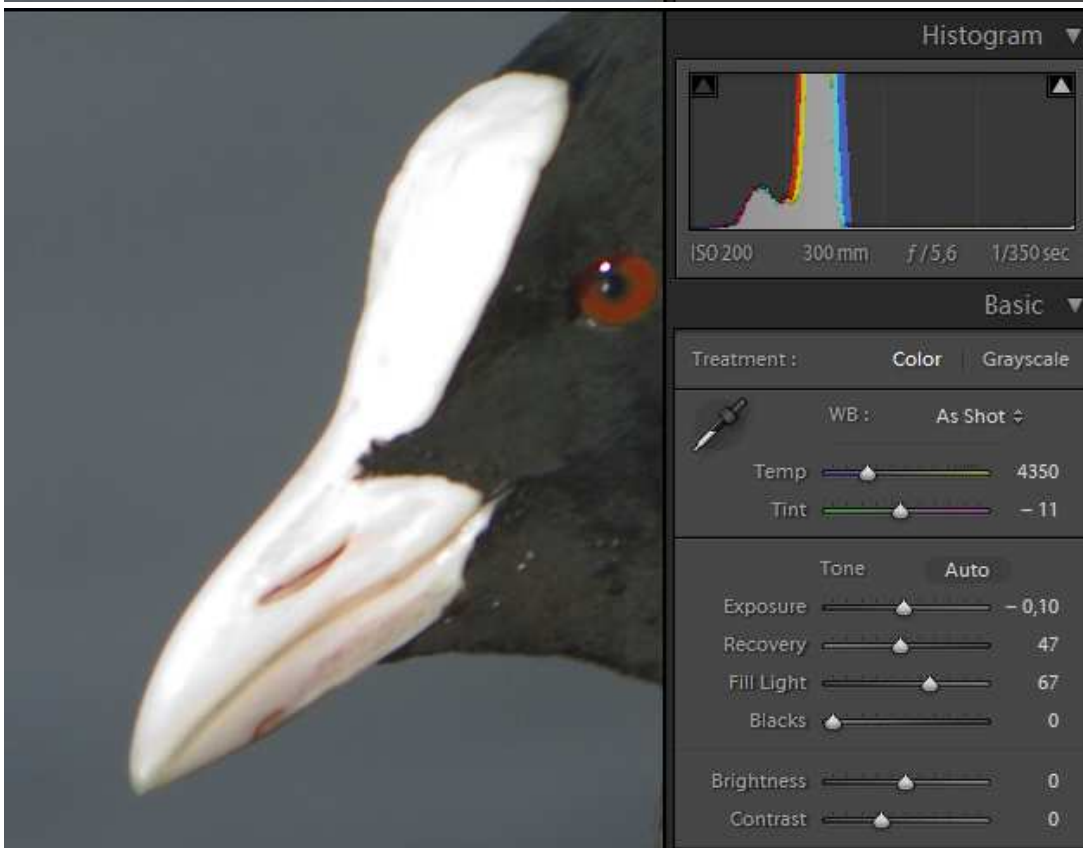
Abbildung 4: 100%-Ausschnitte inkl. LR-Bearbeitungsdaten zum Vergleich – bitte Schnabel beachten!



**vor LR-Verarbeitung:**

Schnabel ausgefressen in großen Bereichen.

Histogramm zeigt viele Daten links („unterbelichtet“), aber kleines Spitzlicht rechts



**nach LR-Verarbeitung:**

Schnabel weitgehend hergestellt

Histogramm zeigt immer noch viele Daten links („unterbelichtet“), aber kleines Spitzlicht rechts weg ist unterdrückt.



## 5. Zusammenfassung und Fazit

Um das Rauschverhalten von Kameras (bzw. derer Sensoren) zu beurteilen, ist die „optimale“ Belichtung sehr wichtig. Ohne Kenntnis der Situation und der entsprechend durchgeführten Belichtung sind Aussagen zum Rauschverhalten von Kameras einfach nicht zu vergleichen.

Die einzige sichere Methode, das Rauschen zu unterdrücken, ist die Überbelichtung – mit den dargestellten Vor- bzw. Nachteilen. Für eine abschließende Beurteilung ist allerdings noch die letztendliche Verwendung des Bildes zu beachten – hier spielen weitere Faktoren eine Rolle, die das vorhandene Rauschen überhaupt nicht sichtbar erscheinen lassen (kleine Ausdrucke bis A3, Web-Anwendung) oder es gar hervorheben (großformatige Prints).

Wie Bjørn Rørslett schreibt<sup>19</sup>: *The entire "noise" discussion is getting out of hand and losing scope. Have the lessons and experience with fast films already been forgotten?*

Für mich hat diese Untersuchung gezeigt, daß die Möglichkeiten viel größer sind, als üblicherweise erkannt werden – und es motiviert mich, nach neuen fotografischen Anwendungsmöglichkeiten für diese hohen Empfindlichkeiten zu suchen, um auf das eigentliche Thema des Fotografen zurückzukommen: die Fotografie und das Bild an sich!

---

<sup>19</sup> [http://www.naturfotograf.com/D200\\_rev03.html](http://www.naturfotograf.com/D200_rev03.html)