



39 – 63
15 – 25%

141 – 166
55 – 65%

0 – 13
0 – 5%

14 – 38
5 – 15%

39 – 63
15 – 25%

64 – 89
25 – 35%

90 – 115
35 – 45%

116 – 140
45 – 55%

141 – 166
55 – 65%

167 – 191
65 – 75%

192 – 216
75 – 85%

217 – 242
85 – 95%

243 – 255
95 – 100%

II
51

VI
153

0
0

I
25

II
51

III
76

IV
102

V
127

VI
153

VII
178

VIII
204

IX
229

X
255

Digitales Zonensystem

Was würde Ansel Adams heute machen?

167 – 191
65 – 75%

VII
178

243 – 255
95 – 100%

X
255

192 – 216
75 – 85%

VIII
204

64 – 89
25 – 35%

III
76

39 – 63
15 – 25%

II
51

90 – 115
35 – 45%

IV
102



1. Motivation

3

- 1.1 Warum dieser Vortrag? 4

2. Analoges Film

5

- 2.1 Analoges Zonensystem von Ansel Adams. 6
- 2.2 Eigene Testreihen mit Großformatnegativen. 6
- 2.3 Mein analoges Zonensystem. 8
- 2.4 Zusammenfassung analoges Zonensystem. 9
- 2.5 Ausblick. 9

3. Digitales Zonensystem

10

- 3.1 Ausgangspunkt meiner Überlegungen. 11
- 3.2 Meine ersten Versuche für ein digitales Zonensystem. 11
- 3.3 Sensorkurve. 12
- 3.4 Einfacher Test. 12
- 3.5 Was ist wichtig? 13
- 3.6 Wie ergibt sich mittleres Grau? 14
- 3.7 Kameraeinstellungen. 14
- 3.8 Dynamikumfang und Anzahl der Zonen. 15
- 3.9 Tonwertverteilung im Sensor für JPG-Format. 15
- 3.10 Photonenfüllung des Sensors und Zonensystem. 18
- 3.11 Photonenfüllstand linear und logarithmisch 20
- 3.12 Brauchen wir eine neue Zonenskala? 22
- 3.13 Ist das nun ein digitales Zonensystem? 22
- 3.14 Histogramm richtig lesen. 23
- 3.15 Beurteilung der Tonwerte im RawDigger. 24

4. Fazit

27

- 4.1 Was würde Ansel Adams heute machen? 28
- 4.2 Bilder in der Qualität eines großformatigen Negativs erstellen. 28
- 4.3 Selber Drucken. 28
- 4.4 Fazit 29

5. Epilog

30

- 5.1 Tieferes Verständnis 31

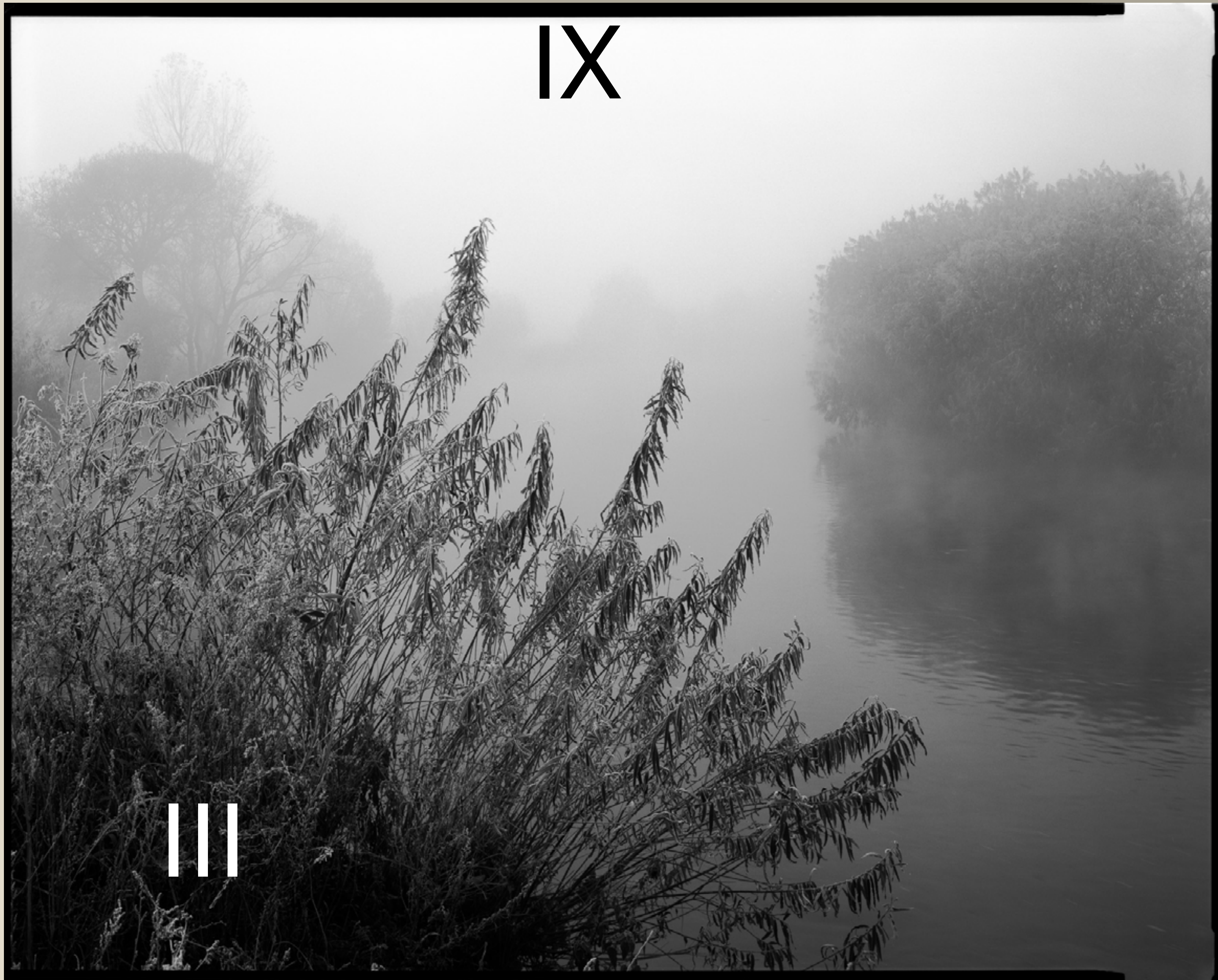


01

1. Motivation

1.1 Warum dieser Vortrag?

Das Internet ist voll von Lernvideos zu allen Lebensbereichen, und ich selbst biete einige zum Thema Fotografie an. Auch Webinare sind heute ein beliebtes Mittel, um Wissen zu vermitteln. Dabei fällt mir auf, dass einige Experten wohl nie nach dem Zonensystem von Ansel Adams gearbeitet haben und dennoch darüber sprechen. Wenn dieses falsche Verständnis auf die digitale Welt übertragen wird, passt nichts mehr zusammen. Deshalb habe ich meine bisherigen Bemühungen zum digitalen Zonensystem neu geordnet und möchte mein heutiges Wissen weitergeben. Ich frage mich auch, was Ansel Adams heute in der digitalen Welt mit seinem Zonensystem machen würde. Natürlich ist das Spekulation, und ich kann mich irren. Aber ich denke, dass ich einen Ansatz verfolge, den auch Adams gewählt haben könnte. Sollte es Experten geben, die mehr vom System verstehen als ich, können sie sich über meine Kontaktdaten [auf Seite 32](#) des Skripts mit mir in Verbindung setzen. Ich stehe gerne zur Diskussion bereit.



IX

III

02

2. Analoger Film

2.1 Analoges Zonensystem von Ansel Adams.

Ansel Adams hat mit seinen Bildern eine Epoche geprägt, technisch basierend auf seinem Zonensystem. Jeder, der vom Zonensystem spricht, denkt an den Graukeil mit den 11 Zonen von 0 bis X. Zone Null ist reines Schwarz, Zone X reines Weiß. Ankerpunkt ist die Mitte mit Zone V, einem Grautonwert mit 18% Reflexion. Alle Stufen zwischen Zone I und IX sind jeweils um einen Blendenwert voneinander entfernt. Adams entwickelte sein Zonensystem, um Negative so zu belichten und zu entwickeln, dass ein beliebiger Motivkontrast auf Papier normaler Gradation wiedergegeben werden konnte. Damit überzeugte er viele Fotografen, ebenfalls nach diesem System zu arbeiten.

2.2 Eigene Testreihen mit Großformatnegativen.

Auch ich habe mir diese Technik über Workshops bei Peter Gasser und Bob Werling angeeignet, die beide mit Adams zusammenarbeiteten. Es gibt keine Abkürzungen; jeder Fotograf muss für einen Film (bei mir Kodak T-Max 400, 8x10") eigene Tests machen. Es geht darum, bei welcher Belichtung erste Schwärzungen in der Filmemulsion auftreten, und das für alle Entwicklungsstufen von N bis $N \pm 1, 2, 3$. In [Tab. 1 auf Seite 7](#) beschreibt Adams Zone I als „Near black, no detail. Effective threshold. First step above complete black in the print. Slight tonality, but no texture.“

Was damit gemeint ist, sehen wir aus dem nebenstehenden Beispiel.

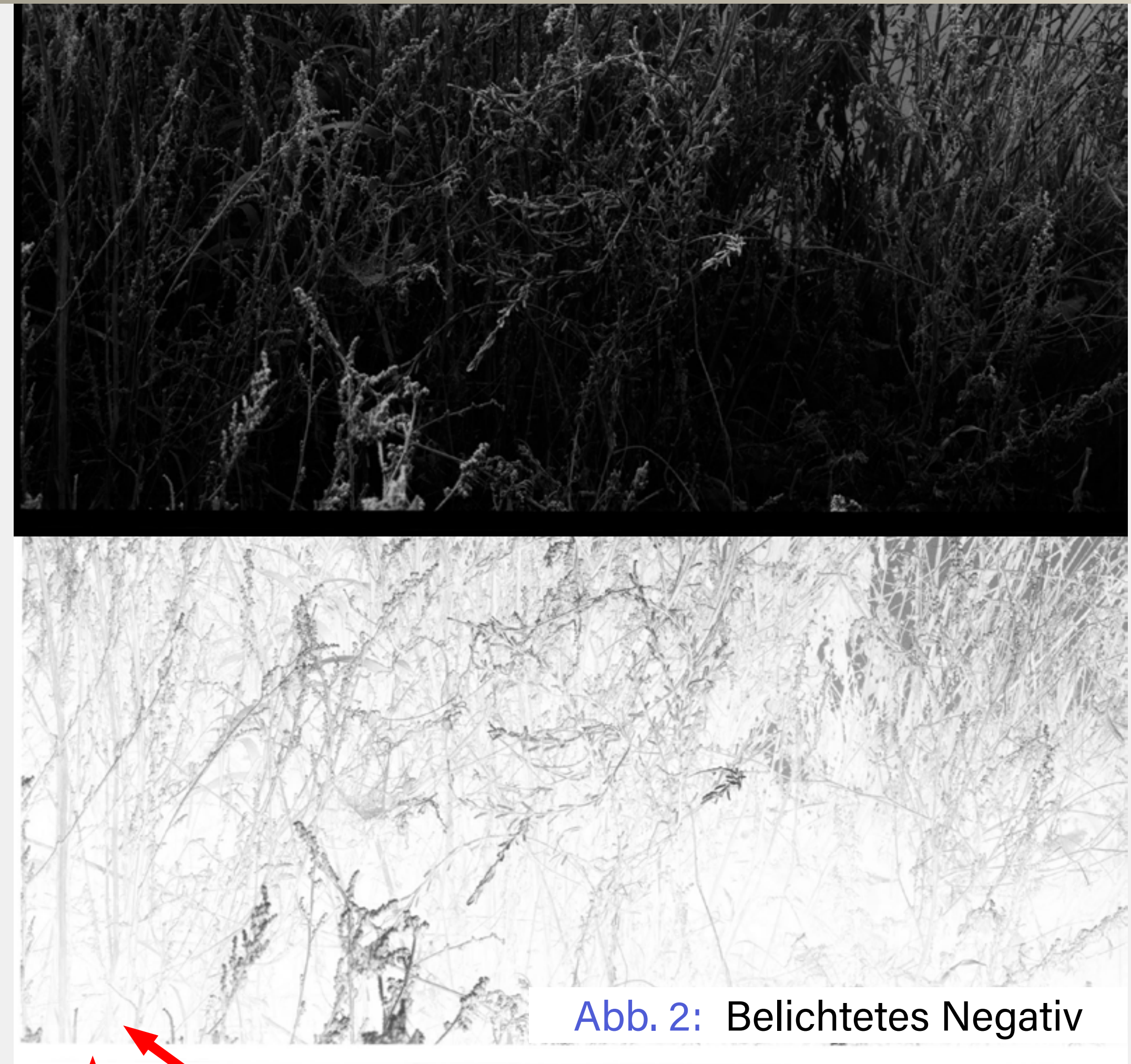


Abb. 2: Belichtetes Negativ

Abgesetzt vom weißen Rand erkennen wir im belichteten Negativ einen Hauch von Schwärzung; eine erste Abstufung noch ohne Details; diese kommen erst später.

Weißer Rand im Negativ ergibt pures schwarz im Bild.

DR: Dynamic range
TR: Textural range

DR	TR	Spot	Zone	Description
Singulärer Wert: RGB 0			0	Total black. Complete lack of density, other than dark current noise (or film base density + fog in the case of a film negative). Should appear as total black in the print.
Low			I	Near black, no detail. Effective threshold. First step above complete black in the print. Slight tonality, but no texture.
	Texturaal range		II	Dark grey-black. First suggestion of texture. Very dark details in shadows. Deep tonalities, representing the darkest part of the image in which some slight detail is required.
		Sha- dow	III	Very dark grey. Dark textured bark on shadow side of tree. Average dark materials. Good texture and detail can be seen. This is where you will want to place shadow details.
		IV	Medium-dark grey. Average dark green foliage, shadow side of skin, dark stone, landscape shadow. Details plainly visible. This where you want to place the shadow side of Caucasian portraits in sunlight.	
Mid		Aver- age	V	Middle grey. Standard Kodak 18 % grey reflectance card. Clear northern sky (panchromatic rendering), dark skin, grey stone, average weathered wood. Excellent detail visible.
			VI	Rich mid-tone grey. Caucasian skin in sunlight, light stone and sand, shadows in snow in brightly sunlit snowscapes. Sharp fine detail visible.
		High	High- light	VII
			VIII	Almost white (not blank whites). Textured snow in sun, reflected highlights on Caucasian skin. Delicate texture and some gradation exist, but no detail.
			IX	Nearly pure white without texture (must be compared to pure white to tell difference). Glaring white surfaces, snow in flat sunlight. No detail or significant texture visible.
Singulärer Wert: RGB 255			X	Pure white. Specular highlights, glares or light sources in the picture area. Danger of photon well over-flow. Rendered as the maximum white value of the paper surface

Tab. 1: Zone descriptions. (Adapted from Ansel Adams)



2.3 Mein analoges Zonensystem.

Ich habe mich für den Kodak T-Max 400 entschieden, was nicht bedeutet, dass ich immer eine Empfindlichkeit von ISO 400 hatte. Die Stärke eines analogen Films liegt darin, dass mit veränderter Empfindlichkeit, Belichtung und Entwicklung unterschiedliche Motivkontraste abgedeckt werden können.

Eine Packung mit 50 Filmen im Großformat 8x10" habe ich gebraucht, um die Tests abzuschließen. Erst dann konnte ich in die Natur und erste echte Bilder machen. Die anfängliche Unsicherheit verschwindet schnell, wenn die ersten entwickelten Bilder vorliegen und alles wie geplant funktioniert. Die Kurven zeigen zwei wichtige Grenzwerte: den Schwellenwert ([Abb. 2 auf Seite 6](#)) und den Grenzwert für papierweiß (rechts [Abb. 3: „analoges Clipping - meine Wortschöpfung“](#)). Fotografen müssen ihr Material gut kennen, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen. Adams ging immer vom fertigen Print aus, und papierweiß ist reines Weiß, das gezielt nur an wenigen Stellen im Print vorkommt. Eine zu hohe Dichte im Negativ entspricht dem Clipping im Sensor.

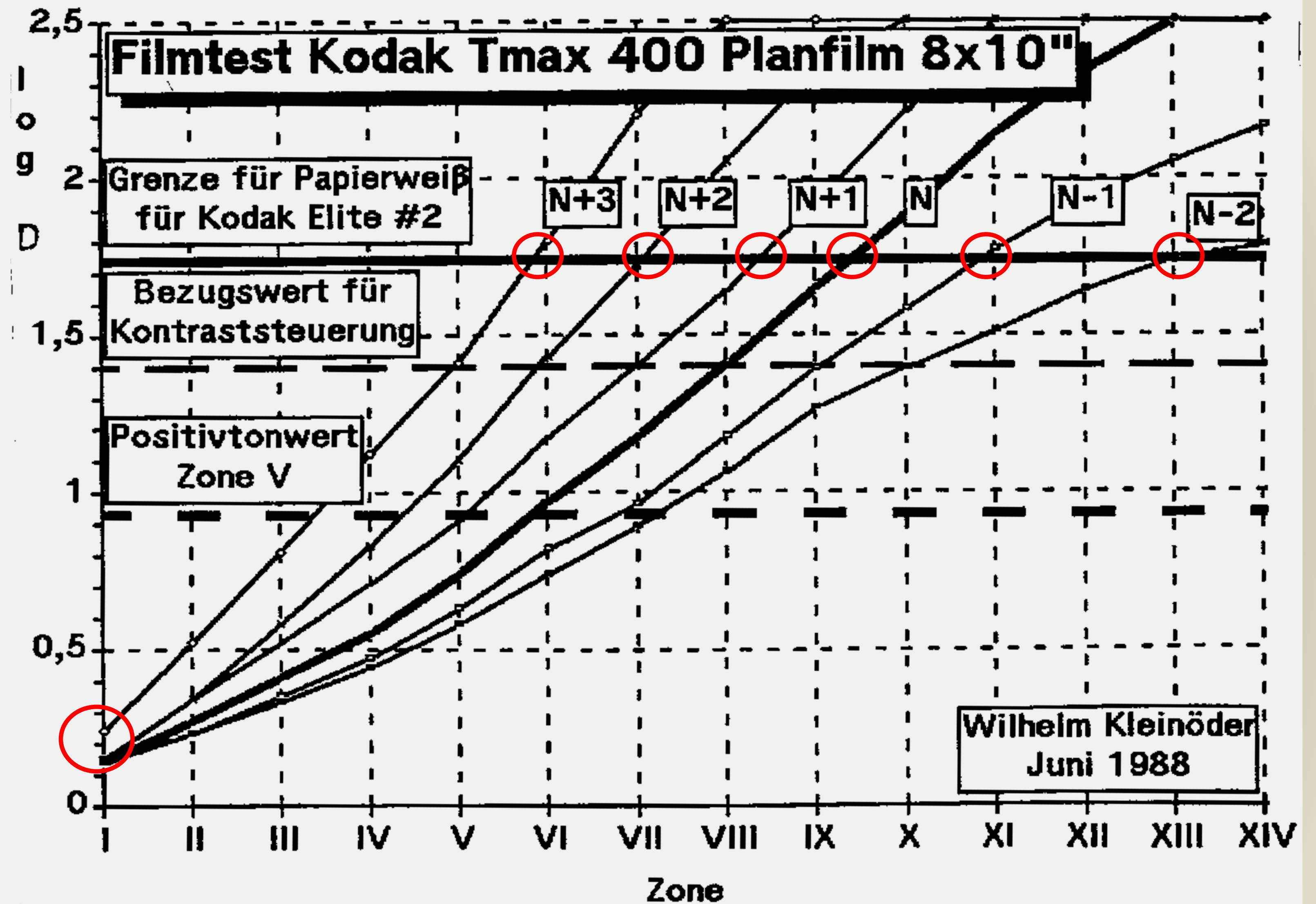


Abb. 3: Filmtest Kodak Tmax 400

Der Film ist aber dahingehend sehr flexibel, da er sowohl bei geringen als auch bei hohen Motivkontrasten das gewünschte Ergebnis liefern kann. Innerhalb der Entwicklungsstufen reagiert er jedoch wie ein digitaler Sensor. Es gibt für jede Lichtsituation und jedes Motiv nur eine korrekte Belichtung und Entwicklung, um einen Print mit allen gewünschten Tonwerten zu erstellen.

2.4 Zusammenfassung analoges Zonensystem.

Grundlage ist das verwendete Material von der Kamera mit Objektiv, dem Film und Papier mit der Chemie bis zur Verarbeitung mit dem fertigen Bild.

1. Die Aufnahme beginnt mit einer ersten Messung eines bildwichtigen Punktes; das muss keinesfalls ein mittlerer Grautonwert sein. Bei meinem Beispielbild war es der dunkle Bereich mit den Blättern in der linken unteren Ecke ([Abb. 1 auf Seite 5](#)). Ich habe hierfür die Zone III gewählt, um im Blattwerk sichtbare dunkle Strukturen zu bekommen. Diese Zone wird auf dem Belichtungsmesser eingestellt (anstatt der üblichen Zone V).
2. Dann wird der hellste Bereich angemessen, der im Bild noch Zeichnung haben soll. Der Belichtungsmesser zeigt an, dass dieser Punkt in der Zone VI 1/2 liegt.
3. Mein Ziel ist, dass der helle Nebel eine Helligkeit

entsprechend der Zone VIII bis IX bekommen soll, also zwei Zonen angehoben werden muss.

4. Erst jetzt, mit der Festlegung der N+2 Entwicklung, ergibt sich die zu verwendende ISO-Einstellung für die Belichtung; für diesen Fall ISO 250. Für die gewählte Blende f/45 betrug die Belichtungszeit 1/8 Sekunde.
5. Der Film muss nun im Entwickler HC 110 mit der Verdünnung 1:47 für 16 Minuten bei völliger Dunkelheit entwickelt werden.
6. Hat alles geklappt, kann ein Abzug auf meinem Standardpapier Kodak Elite Nr. 2 mit allen Tonwerten wiedergegeben werden. Die Laborarbeit für die Ausarbeitung eines „Fine-Art-Prints“ bleibt Detailarbeit. Feinste Details konnten in der Dunkelkammer nur über „dodge und burn“ gemacht werden. Der letzte Schritt für die gelungensten Prints war eine Selentionung, bei der das im Papier vorhandene Silber durch das noch haltbarere Selen ersetzt wurde.

Bei Ansel Adams und seinem Zonensystem geht es nicht um die verwendete Technik, sondern allein um die Erzeugung eines perfekten „Fine-Art-Prints“. Es geht ihm bei seiner Beschreibung zu den einzelnen Zonen ([Tab. 1 auf Seite 7](#)) allein um die Tonwerte in seinen Bildern. Das wird heute oft übersehen, weil wir unsere digitalen Bilder am PC entwickeln und bearbeiten; nur selten wird ein Print erstellt.

2.5 Ausblick.

Was würde Ansel Adams mit seinem Wissen heute in der digitalen Welt machen? Und, was mache ich mit diesem Wissen?



03

3. Digitales Zonensystem

3.1 Ausgangspunkt meiner Überlegungen.

Die letzte Frage aus Kapitel [2.5 auf Seite 9](#) kann ich nur mit meinem aktuellen Wissen beantworten; ich bin mir aber sicher, dass auch Ansel Adams es so oder ähnlich machen würde. Aufgrund meiner jahrelangen Erfahrung in der Belichtung, Entwicklung und dem Printen von großformatigen Negativen denke ich, dass ich das kompetent beantworten kann.

Beruflich bedingt hatte ich irgendwann weniger Zeit für das aufwendige Hobby, und dann tauchten die ersten digitalen Kameras auf. Betrachtet man die ersten digitalen Kameras im Vergleich mit den großformatigen Negativen, musste ich feststellen, dass das nichts werden kann. Doch es kam anders. Bereits mit meiner heutigen Kamera Sony Alpha 99 M2 ist es möglich, Bilder in der Qualität eines großformatigen Negativs zu erstellen.

3.2 Meine ersten Versuche für ein digitales Zonensystem.

Zunächst habe ich versucht, meine analogen Erfahrungen in die digitale Welt zu übertragen. Im Jahr 2018 habe ich in unserem Fotokreis erste Schulungen gemacht und meine Gedanken für ein digitales Zonensystem in einem Skript zusammengefasst. Gezählt wurden die Tonwerte nur zwischen 0 und 255, wie es das Histogramm von Lightroom und Photoshop anzeigt. Auf dieser Basis habe ich verschiedene Tonwerttafeln erstellt, mit denen ich in Lightroom und Photoshop experimentieren konnte, was aber noch keine sinnvolle Entsprechung für ein digitales Zonensystem war. Für mich war zu dieser Zeit auch noch mein analoger Spotbelichtungsmesser das Maß der Dinge, um die Belichtung und den mittleren

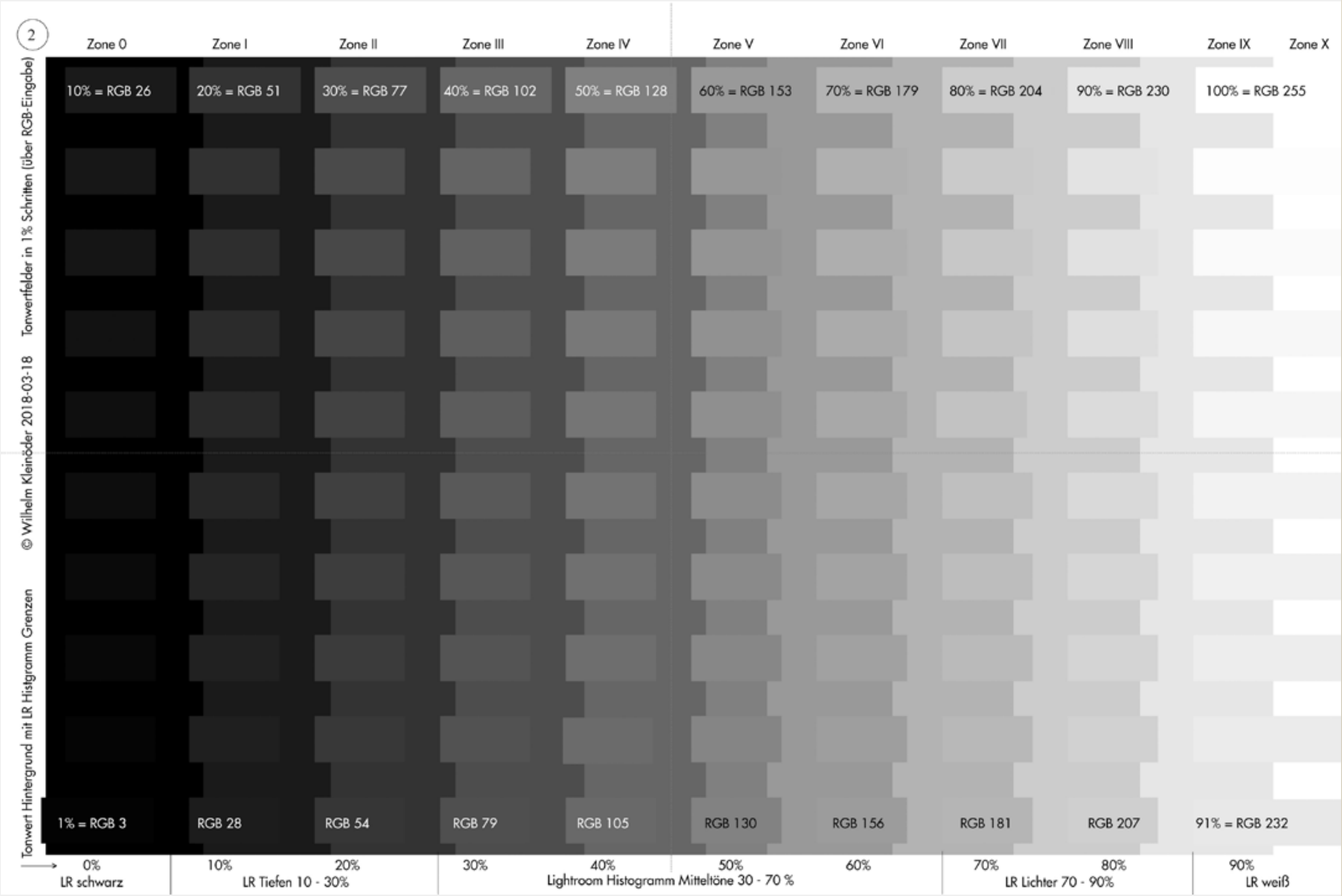


Abb. 5: Tonwerttafel mit Zoneneinteilung



Grauwert zu ermitteln. Selbstzweifel hatte ich keine, aber aus heutiger Sicht war das noch lange kein brauchbares digitales Zonensystem. Trotzdem verwende ich auch heute noch manchmal die Tonwerttafel für Experimente mit Lightroom und Photoshop, und auch der Zonenkamm (siehe Titelbild „[Digitales Zonensystem](#)“ auf [Seite 1](#)) liegt in meiner Photoshopbibliothek immer griffbereit.

3.3 Sensorkurve.

Zu Beginn meiner digitalen Fotografie verstand ich das analoge Zonensystem besser als den digitalen Sensor. Ich wusste nur, dass es eine lineare Gerade gibt, die ich für die Belichtung und die digitale Entwicklung nutzen musste. Ich wünschte mir einen analogen Film, um diese Gerade zu verbiegen. Dann entdeckte ich die Software „RawDigger“, die mir ein korrektes Histogramm meiner Dateien zeigte. Besonders der Link in [Abb. 6](#) änderte meine Denkrichtung vom analogen Zonensystem (Messung der dunklen/mittleren Tonwerte) hin zum rechten Rand, wo beim Sensor wirklich Ende ist, aber auch die meisten Tonwerte vorhanden sind (Messung und Belichtung auf die Lichter).

3.4 Einfacher Test.

Nach dem in [Abb. 6](#) genanntem Link habe ich wie vorgeschlagen nur zwei Belichtungen einer Graukarte gemacht:

- Kamera im Automatikmodus.
- Kamera manuell mit maximaler Überbelichtung, um Clipping zu erzeugen.

Erwartet hätte ich, dass der grüne Kanal bei der Ersten Aufnahme bei EV0 liegt. Tatsächlich ist er aber 2/3 EV-Werte niedriger angesiedelt. Das entspricht einem Grauwert von 8,2 % (siehe [Tab. 2 auf Seite 14](#)).

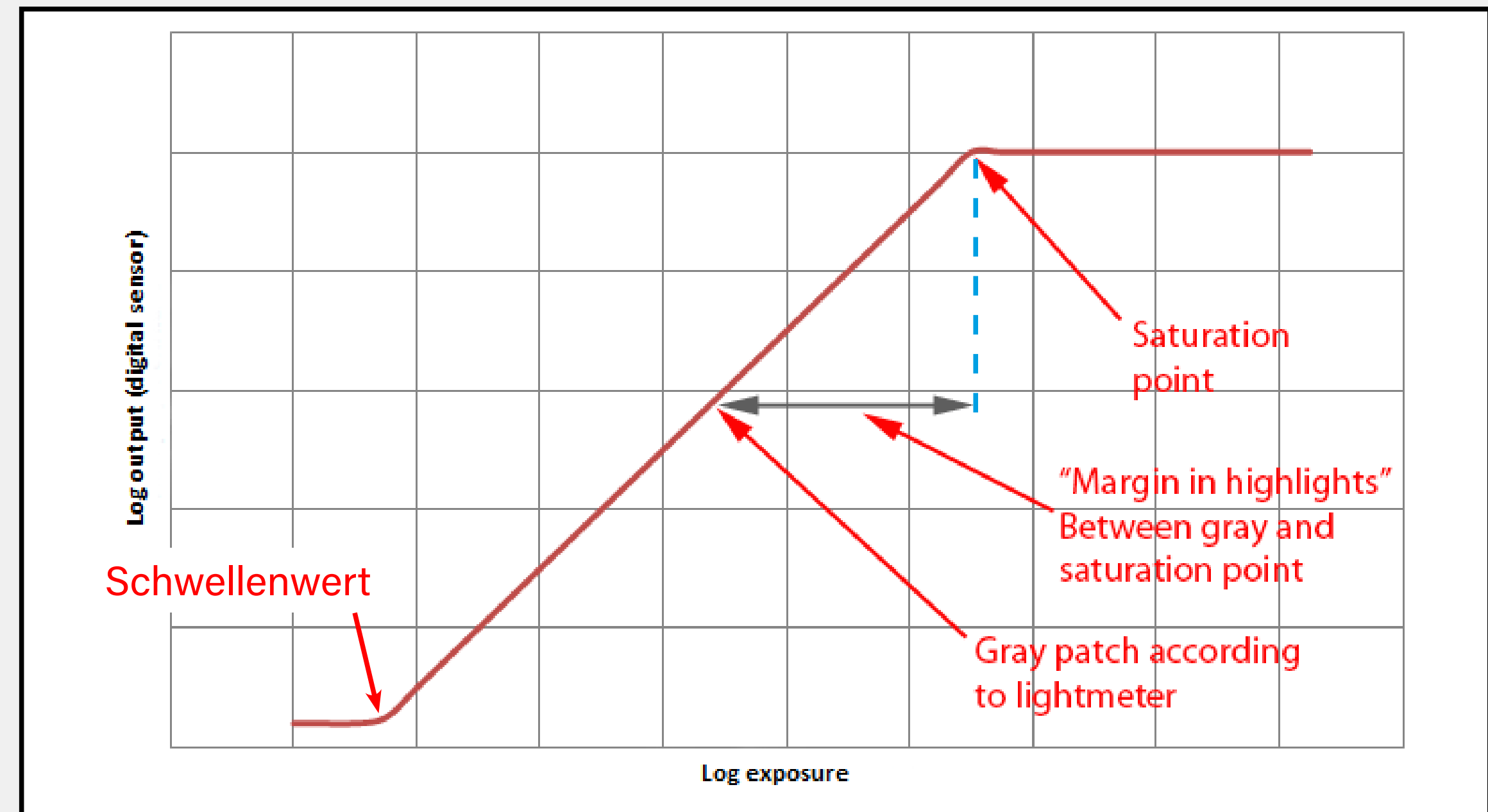


Abb. 6: Grenzbereiche für den Sensor
siehe: <https://www.rawdigger.com/howtouse/lightmeter-calibration>

3.5 Was ist wichtig?

Erst bei weiteren Schulungen und Tests fiel mir auf, dass die mit dem Handbelichtungsmesser gemachten Belichtungen kein mittleres Grau ergeben, obwohl das nach all meinen bisherigen Erfahrungen so hätte sein müssen. Ich habe Testaufbauten gemacht, wo ich neben der Farbtafel auch schwarze Strukturen, eine originale Graukarte und weiße Strukturen genau analysieren konnte. Zusammen mit der Software „RawDigger“ konnte ich nun meine Rohdatendateien genauestens auswerten und sehen, wo bei meinen Testreihen Clipping auftritt.

Ab diesem Zeitpunkt wurde mir klar, der digitale Sensor muss so belichtet werden, dass die bildwichtigen Lichter den Clippingpunkt gerade nicht überschreiten. Eine Messung oder Belichtung der mittleren oder gar dunklen Tonwerte wie im analogen Zonensystem ist der falsche Ansatz. Diese Erkenntnis sollte jedem Fotografen als Erstes beigebracht werden, wenn er heute mit einer digitalen Kamera zu fotografieren beginnt.

Die linearen Anzeigen der Histogramme von Lightroom und Photoshop und auch in den Kameras basieren jeweils auf der JPG-Vorschau des Bildes. Das ist völlig irreführend. Leider lässt sich das erst in einem externen Programm, dem „RawDigger“, mit seinem logarithmischen Raw-Histogramm korrekt anzeigen.

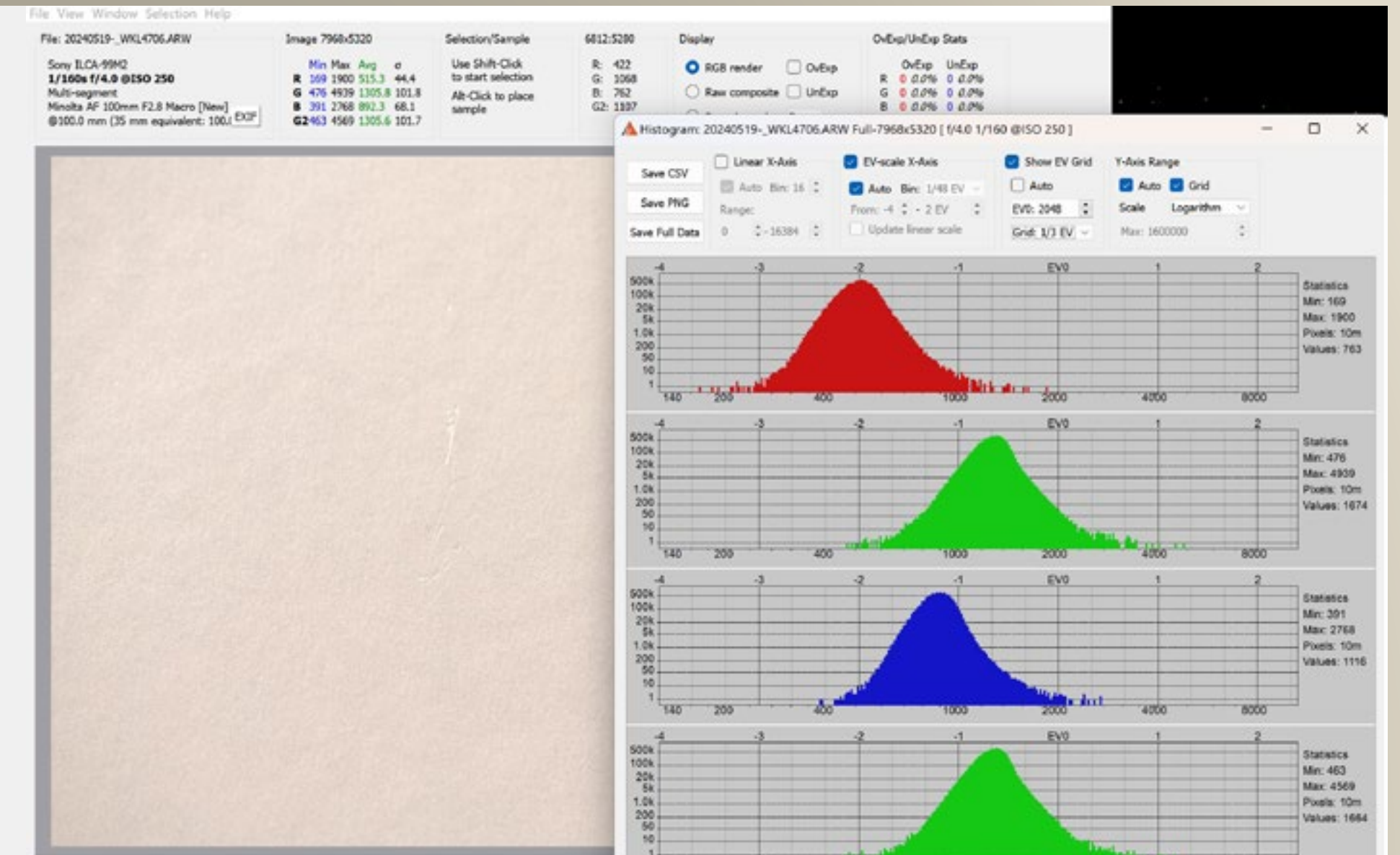


Abb. 7: Belichtung im Automatikmodus

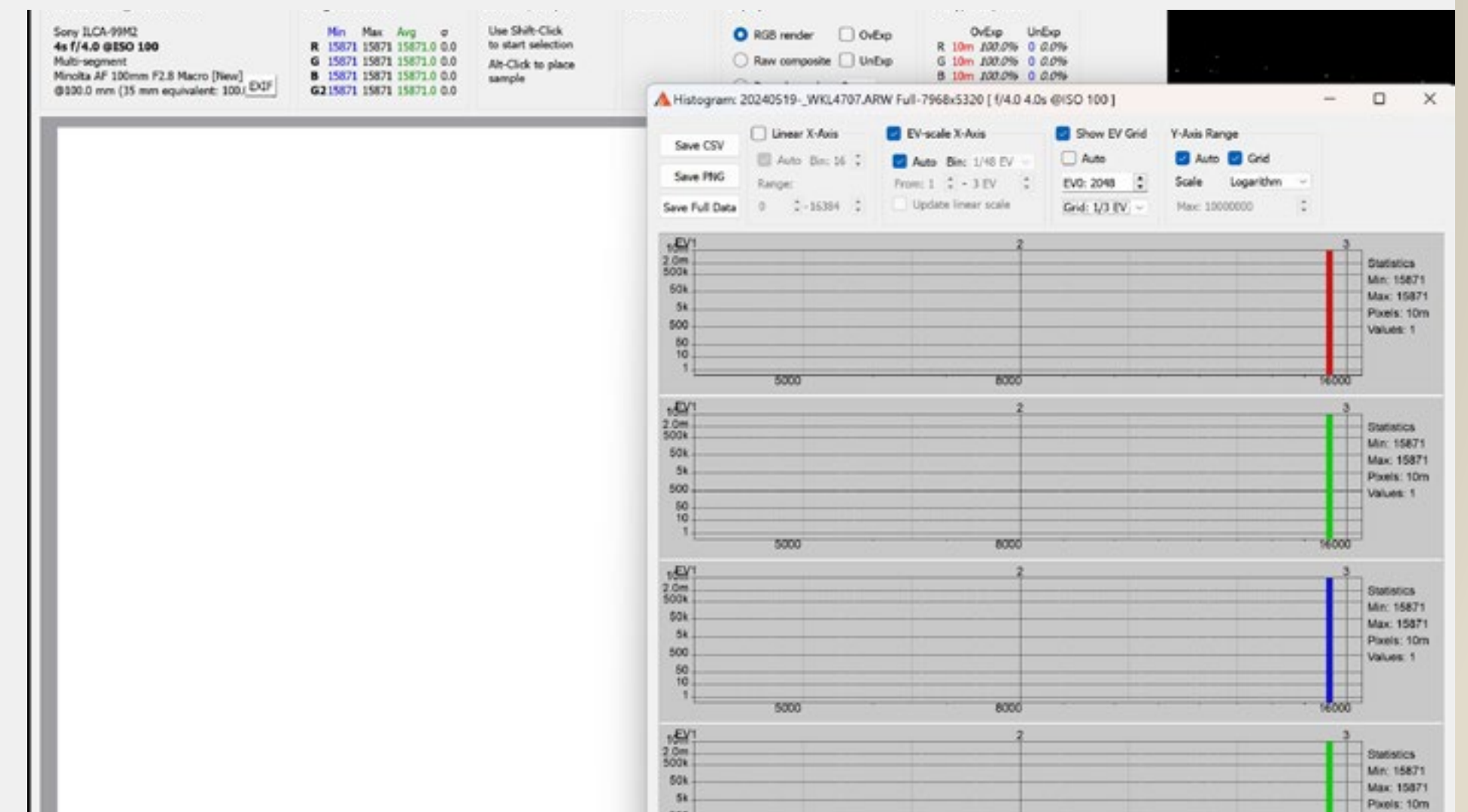


Abb. 8: Belichtung manuell, maximales Clipping

3.6 Wie ergibt sich mittleres Grau?

Dazu müssen wir heute bei Weiß beginnen. Bereits das erste Pixel und alle weiteren, die oberhalb der Clippinggrenze liegen, sind reines Weiß und damit in Zone X im Zonensystem. Damit ist klar, dass die Blendenwerte unterhalb des Clippingpunktes denen der Zone IX, VIII, VII usw. entsprechen müssen. Diese 3 EV-Werte unterhalb des Clippingpunkts definieren heute den Wert für mittleres Grau bei digitalen Sensoren. Der Graupunkt liegt also bei 12,5 %, genau 3 Lichtwerte (LW bzw. EV = Exposure Value) unterhalb des Sättigungspunkts ($\log_2(0,125) = -3$) oder 0,5 LW weniger als bei der Graukarte mit 18 %. Für JPG-Aufnahmen gilt weiterhin der Wert von 18 % und damit $\approx 2,5$ LW unterhalb des Sättigungspunkts ($\log_2(0,18) = -2,47$). Dieser „Graupunkt“ des digitalen Sensors wird mit EV0 bezeichnet.

3.7 Kameraeinstellungen.

Die Belichtungsprogramme der Kamerahersteller ignorieren diese Differenz offensichtlich. Ich konnte bisher in keiner Bedienungsanleitung nachlesen, dass bei Raw-Aufnahmen hier eine Umstellung auf einen anderen mittleren Grautonwert erfolgt. Wie mein kleiner Test gezeigt hat, ist der Belichtungsmesser meiner Sony Alpha 99 M2 im Grünkanal auf ein mittleres Grau von nur 8,2% geeicht. In den Kanälen Rot und Blau ist es noch übler. Für JPG-Dateien habe ich keinen Test gemacht, weil ich diese im RawDigger für einen Test nicht öffnen kann. Ob das nur bei Sony so ungenau eingestellt ist oder vielleicht sogar nur für meine Kamera so ist, kann ich nicht beantworten. Aber jeder kann diesen kurzen Test selbst machen und mit dem RawDigger auswerten.

Kanal	Mittelwert Grünkanal G	Grauwert	Abstand zur Sättigung
Rot	515	3,25 %	4,95 LW
Grün	1306	8,23 %	3,60 LW
Blau	892	5,62 %	4,15 LW
Grün	1306	8,23 %	3,6 LW
Sollwert	2048	12,5 %	3,00 LW
Maximalwert für die Sättigung im Grünkanal Gmax =15871; der Standard Grauwert sollte 12,5 % sein.			
Tab. 2: Messwerte aus Abb. 7 und Abb. 8 auf Seite 13 ermittelt mit dem RawDigger: https://www.rawdigger.com/			



3.8 Dynamikumfang und Anzahl der Zonen.

Wie viele Zonen ein Graukeil in einem digitalen Zonensystem hat, hängt jetzt ausschließlich vom Dynamikumfang des Sensors ab (siehe [Abb. 9 auf Seite 16](#)). Die drei Zonen oberhalb des Graupunktes werden mit EV1, EV2 und EV3 bezeichnet und beinhalten 87,5 % aller Tonwerte einer Aufnahme, wenn bis zum Clippingpunkt belichtet wurde. Die weiteren Zonen unterhalb des Graupunktes werden mit EV-1, EV-2, EV-3 usw. bis EV-12 bei einem Sensor mit einem Dynamikumfang von 14 EV-Werten bezeichnet. Diese Zonen enthalten die restlichen 12,5 % der Tonwerte einer Aufnahme, wenn bis zum Clippingpunkt belichtet wurde. Diesen Zusammenhang habe ich bereits 2019 in meinem Script zum Thema „Licht und Belichtung“ ausführlich dargestellt. In den Grafiken habe ich auch gezeigt, was passiert, wenn nicht bis zum Clippingpunkt belichtet wird; dann nämlich werden schnell 50%, 75% oder sogar 87,5% der Tonwerte verschenkt.

Ich bezeichne die Stufen EV1, EV2 und EV3 als die guten Tonwerte, weil ich gerade in der letzten Stufe bei EV3 50% aller Tonwerte zur feinsten Differenzierung der hellen Bereiche im Bild zur Verfügung habe.

3.9 Tonwertverteilung im Sensor für JPG-Format.

Fotografen, die „straight out of camera (sooc)“ fotografieren, sollten wissen, dass auch hier das Gleiche gilt wie für Raw-Fotografen. Wer sich auf die Automatik der Kamera verlässt, ist fast immer auf der sicheren Seite, denn das können alle Kameras sehr gut. Wer allerdings hier Ansel Adams nachmachen will und vielleicht mit dem Spotmeter auf die dunklen Bereiche misst und so belichtet, begeht einen großen gedanklichen Fehler. Er landet dann tatsächlich im unteren Grenzbereich des Sensors und verschenkt damit 98% der Tonwerte (siehe unteren Stufenkeil nach dem Zonensystem in [Abb. 10 auf Seite 17](#)).

Diese falsche Überlegung kommt daher, weil der Fotograf meint, er müsse bei einer bestimmten dunklen Szene diese „Stimmung erhalten“, damit das auch so im JPG-Bild herauskommt. Ja, das tut es, aber schlechter geht es bestimmt nicht mehr.

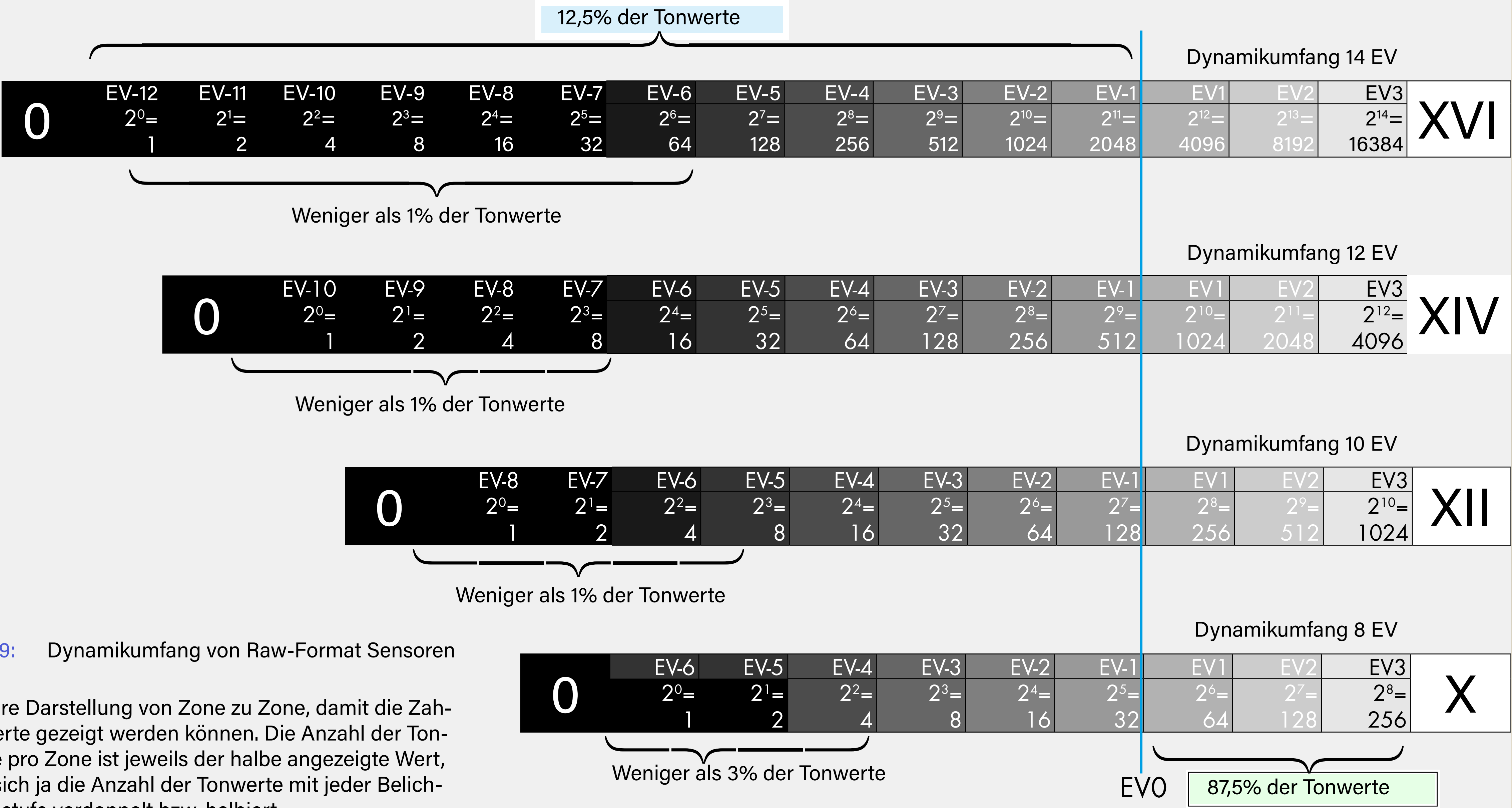


Abb. 9: Dynamikumfang von Raw-Format Sensoren

Lineare Darstellung von Zone zu Zone, damit die Zahlenwerte gezeigt werden können. Die Anzahl der Tonwerte pro Zone ist jeweils der halbe angezeigte Wert, weil sich ja die Anzahl der Tonwerte mit jeder Belichtungsstufe verdoppelt bzw. halbiert.

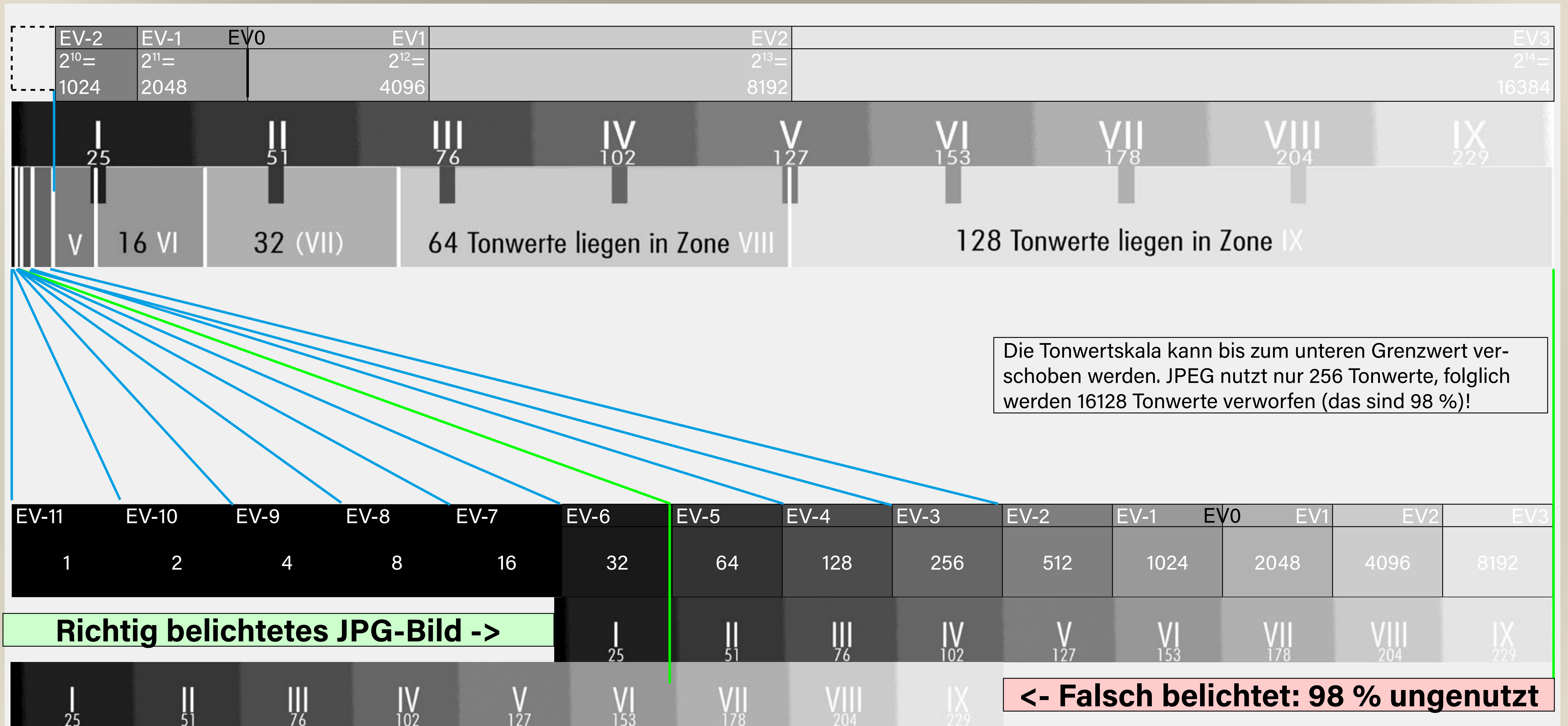


Abb. 10: Tonwertverteilung im Sensor für JPEG Format (optimale und nicht-optimale Belichtung bis Sättigungspunkt)

3.10 Photonenfüllung des Sensors und Zonensystem.

([Abb. 11 auf Seite 19](#)) Der Sensor meiner Sony Alpha 99 M2 hat etwa 40 Millionen Pixel. Wenn ich nach rechts (ETTR) belichte, füllen sich einige Pixel bis zum Rand mit Photonen (*). Einige Pixel könnten im Clipping-Bereich verschwunden sein. Das zeigt mir das Raw-Digger-Histogramm genau an. Die restlichen Pixel füllen sich je nach Bildhelligkeit unterschiedlich stark. Öffne ich die Blende um einen Wert, verschwinden die hellsten Pixel im Clipping-Bereich. Schließe ich die Blende um einen Wert, entsteht ein Abstand von einem vollen Blendenwert zum Clippingpunkt, und ich verschenke 50 % der Tonwerte, da ein Blendenwert die Helligkeit halbiert.

Betrachten wir die orangenen Balken als ein Sensorpixel, das bis zum maximalen Füllstand belichtet wurde, sehen wir, wie sich sein Wert mit jeder Blendenstufe (EV-Wert) halbiert. In der Grafik reicht das vom Maximalwert bei EV 3 bis zum minimalen Wert von EV-7, wo wegen der linearen y-Achse kaum noch etwas erkennbar ist. Die blauen Balken zeigen die Zonenskala nach Ansel Adams. Auch hier besteht von Zone zu Zone ein Blende Unterschied. Die Grafik zeigt jedoch, dass die Zonen nur einen halben EV-Wert voneinander entfernt sind. Das scheint widersprüchlich, ist aber korrekt. Im analogen Teil

(Kapitel [2.4 auf Seite 9](#)) habe ich erwähnt, dass Ansel Adams' System mit dem belichteten und entwickelten „Fine-Art-Print“ endet. Sein Fotopapier (natürlich auch meines und die meisten Photopapiere für den Digitaldruck auch heute noch) hatte eine logarithmische Dichte von $\log D = 1,5$, innerhalb derer er seine 11 Zonen unterbringen musste. In der Mitte liegt $\log D = 0,75$. Schauen wir uns die Zahlen von $\log D$ in [Abb. 11 auf Seite 19](#) an, sehen wir bei $\log D = 0,75$ die Zone V und bei $\log D = 1,5$ die Zone 0.

Hier schließt sich der Kreis zu meiner Beschreibung einer Belichtung und Entwicklung, bei der eine erste Schwärzung erkennbar wird ([Abb. 2 auf Seite 6](#)). Für Ansel Adams und jeden, der heute seine Bilder zu Papier bringen will, geht es darum, den gesamten Tonwertumfang auf das Papier zu bringen, das aber im Vergleich zu unserem digitalen Sensor einen geringeren Umfang hat. Auf meiner Kurve für den Filmtest ([Abb. 3 auf Seite 8](#)) ist erkennbar, dass die logarithmische Dichte meines Papiers Kodak Elite 2 bei 1,75 lag. Ziehe ich den Schwellenwert von etwa 0,2 ab, liege ich wieder bei den Werten von Ansel Adams mit $\log D = 1,5$. Negative können eine höhere Dichte haben, aber das lässt sich nicht mehr zu Papier bringen, wie meine Markierungen mit der „analogen Clippinggrenze“ zeigen.

Mit den Raw-Daten unserer Bilder sind wir in Lightroom und Photoshop praktisch nicht begrenzt. Der Dynamikumfang des Sensors definiert die Anzahl der Zonen (EV-Werte) für ein digitales Zonensystem. Die Zählung der Zonen beginnt rechts am Clippingpunkt mit der Zone X und geht weiter mit IX, VIII, VII bis 0. Je nach Dynamikumfang des Sensors haben wir bis zu sieben weitere Zonen bzw. EV-Werte. Vergleichen wir den blau umrandeten Graukeil mit dem Dynamikumfang der Sensoren in [Abb. 11 auf Seite 19](#), sehen wir, dass der Umfang dem eines 8-Bit-Sensors entspricht, von dem aber nur die rechte Hälfte genutzt wird. Heute nennen wir das ETTR; im Zonensystem ergibt sich das aus den unterschiedlichen Entwicklungsstufen für $N \pm 1, 2, 3$ automatisch. Ansel Adams belichtete auf die dunklen Tonwerte, sorgte aber mit der Entwicklung dafür, dass die Belichtung optimal bis zum rechten Rand reicht (siehe analoges Clipping Kap. [2.3 auf Seite 8](#)). Wie genial ist das denn! Wie gesagt, wir betrachten hier einen fertigen „Fine-Art-Print“.

(*)Photonen, auch Lichtquanten oder Lichtteilchen, sind anschaulich gesagt die Energie-„Pakete“, aus denen elektromagnetische Strahlung besteht.

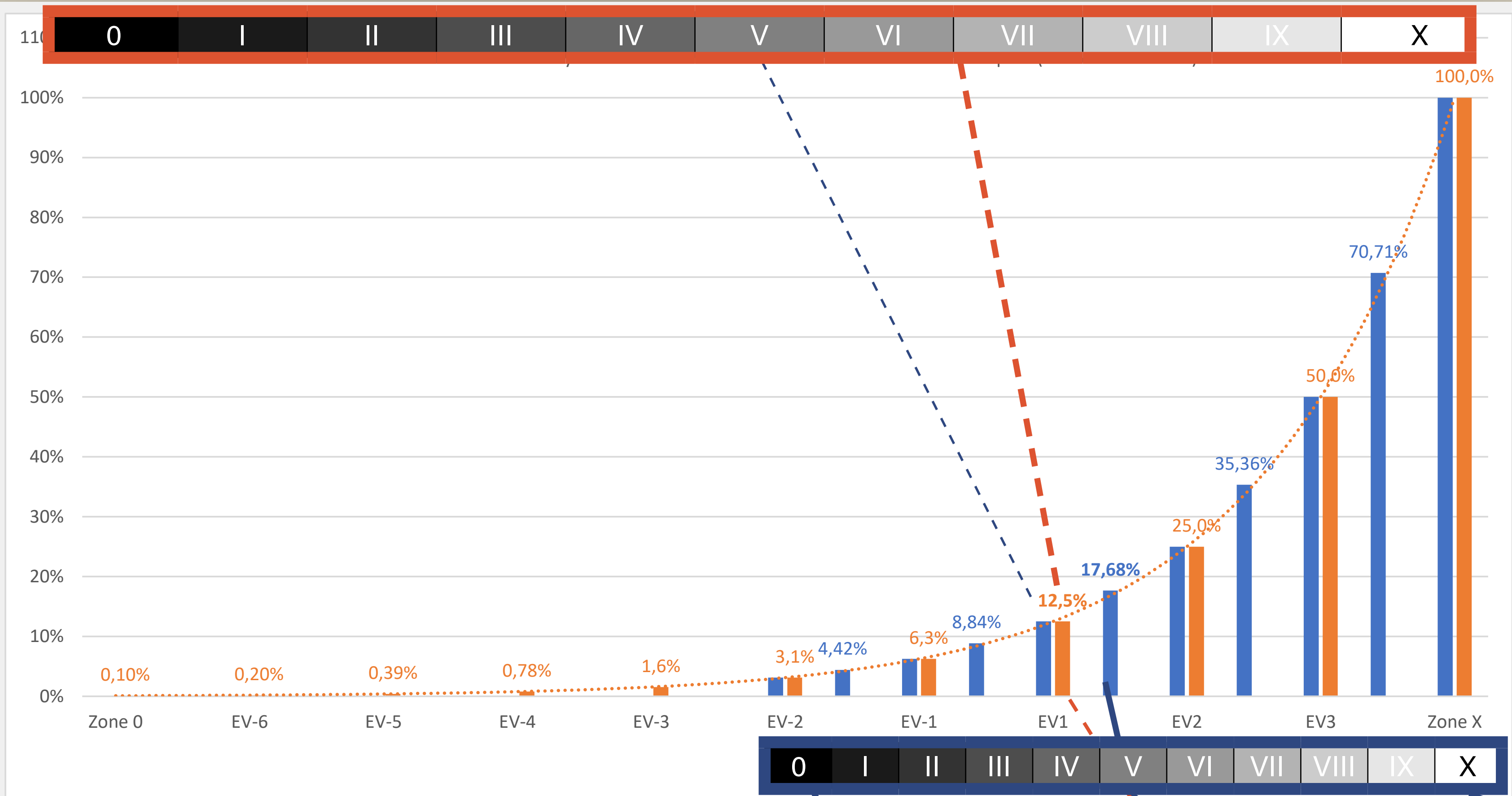


Abb. 11: Photonenfüllung des Sensors und Zonensystem

Graukeil Kodak Q13 Log D	3,00	2,85	2,70	2,55	2,40	2,25	2,10	1,95	1,80	1,65	1,50	1,35	1,20	1,05	0,90	0,75	0,60	0,45	0,30	0,15	0,00
Reflexion % D	0,10%	0,14%	0,20%	0,28%	0,40%	0,56%	0,79%	1,12%	1,58%	2,24%	3,16%	4,47%	6,31%	8,91%	12,59%	17,78%	25,12%	35,48%	50,12%	70,79%	100,00%

Zonensystem Ansel Adams											0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Reflexion % Zonensystem											3,13%	4,42%	6,25%	8,84%	12,50%	17,68%	25,00%	35,36%	50,00%	70,71%	100,00%
Exposure Value	Zone 0	EV-6	EV-5	EV-4	EV-3						EV-2	EV-1	EV1		EV2	EV3					Zone X

Tab. 3: Zahlenwerte zu den Grafiken

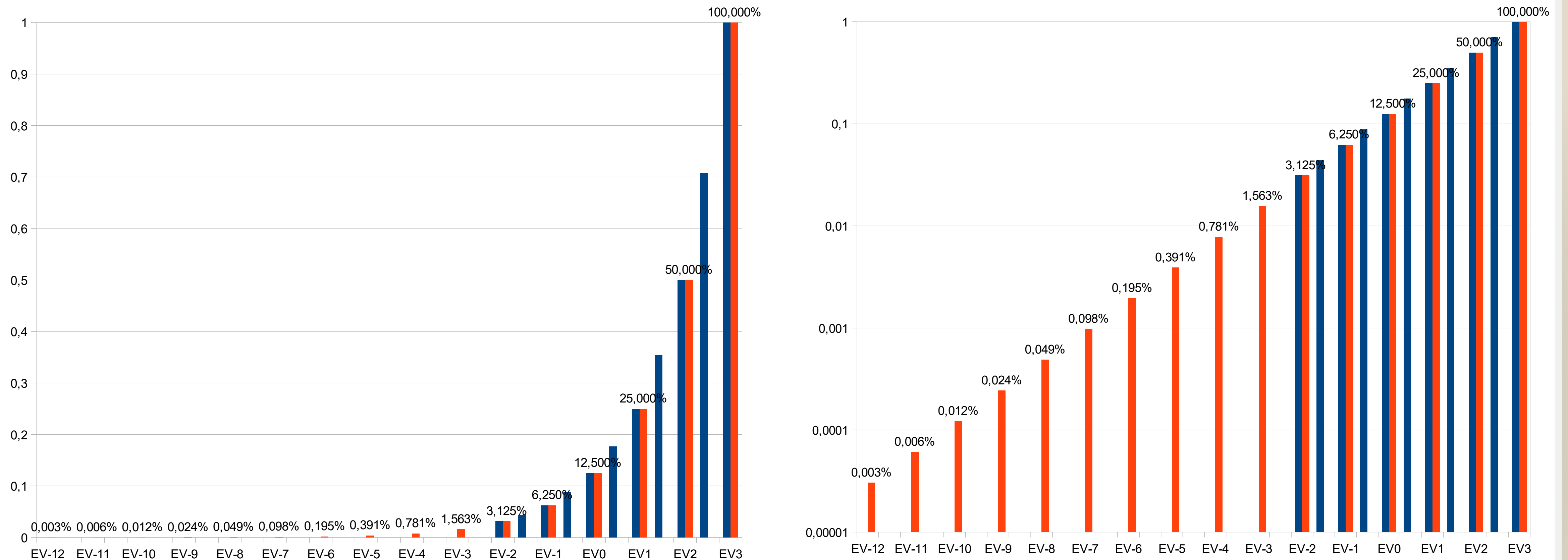
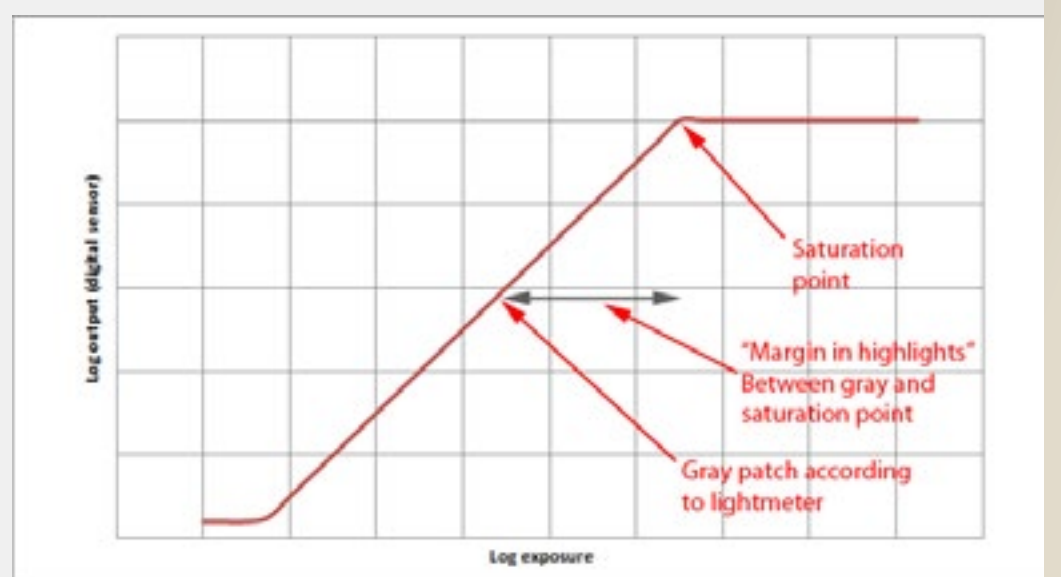


Abb. 12: Photonenfüllung lineare y-Achse und logarithmische y-Achse (bis EV-12)

3.11 Photonenfüllstand linear und logarithmisch

In [Abb. 6 auf Seite 12](#) haben wir die schematische Darstellung der Sensorcurve gesehen. Dieser lineare Verlauf lässt uns annehmen, dass die Belichtung linear zunimmt. In Wirklichkeit verdoppelt bzw. halbiert jeder Blendenwert die Lichtmenge für den Sensor.

Um das zu verdeutlichen, habe ich in [Abb. 11](#) und [Abb. 12](#) eine lineare y-Achse gewählt. Wählt man stattdessen eine logarithmische y-Achse, ergibt sich der lineare Kurvenverlauf wie in Abb. 6 (rechts).



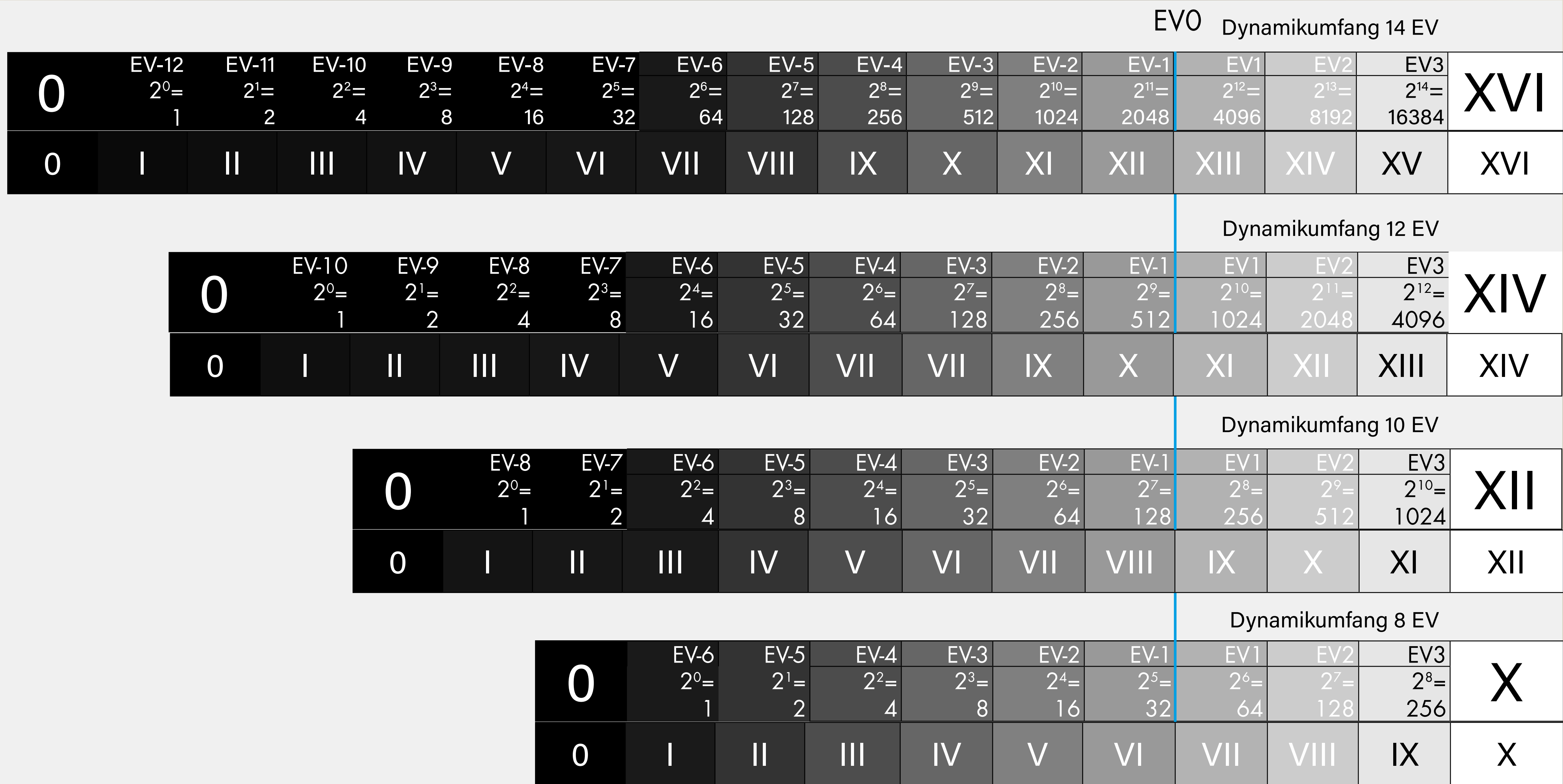


Abb. 13: Zeit für eine neu Zonenskala in Abhängigkeit vom Dynamikumfang? Nein!.

3.12 Brauchen wir eine neue Zonenskala?

3.12.1. Unterschied analog-digital

Der berühmte graue Kodak Q13 Stufenkeil und der Macbeth ColorChecker sind die meistfotografierten Objekte der Welt. Von den Reflexionswerten ist dieser Stufenkeil mit dem Graukeil von Ansel Adams identisch (siehe [Abb. 11](#) und [Tab. 3 auf Seite 19](#)). Die einzelnen Felder des Q13 Stufenkeils sind jeweils 0,1 log D voneinander entfernt und somit einen Drittel-EV-Wert. Um den Stufenkeil von Ansel Adams zu überlagern, habe ich jeweils 0,15 log D Abstand gewählt. So konnte ich zeigen, dass Ansel Adams vom Ergebnis des Prints ausging und dort eine halbe Blendenstufe von Zone zu Zone Abstand vorliegt, weil eben das Phopapier mit einem log D = 1,5 der begrenzends Faktor ist. Bei einer Raw-Datei ist der Abstand zwischen den einzelnen EV-Stufen eine ganze Blendenstufe, wie wir im RawDigger sehen können. Solange wir digital arbeiten, ändert sich daran nichts. Erst beim Drucken müssen wir den Tonwertumfang über ICC-Profile auf das Photopapier anpassen.

3.12.2. Vorschlag, neuer digitaler Zonenkeil

Wenn schon ein neuer digitaler Zonenkeil, dann schlage ich vor, den Graukeil von Ansel Adams dem Dynamikumfang des Sensors entsprechend anzupassen (siehe [Abb. 13 auf Seite 21](#)). So erkennen wir

auf einem Blick den Umfang der zur Verfügung stehenden Zonen. Die neue Zonenskala wird von rechts nach links gelesen, um zu verdeutlichen, dass die Belichtung auf den rechten Rand bei den hellen Tonwerten ausgerichtet werden muss. So werden keine Tonwerte verschenkt.

Notwendig finde ich das nicht. Mir genügt die Darstellung der EV-Werte aus dem RawDigger-Histogramm.

3.12.3. Ändert das etwas an unserer digitalen Arbeit in Lightroom und Photoshop?

Nein, an unserer Arbeit in Lightroom und Photoshop ändert sich nichts. Wer wie ich nach rechts belichtet, merkt sofort den Unterschied in der Bearbeitung. In Lightroom muss ich bei diesen Bildern wenig anpassen; bestenfalls die Helligkeit korrigieren. Wenn ich dunkle Szenen nach rechts belichte, verschiebe ich diese in Kontrast und Helligkeit dorthin, wo ich die Szene haben will. Die vielen Tonwerte vom rechten Rand nach links zu verschieben, verbessert das Bild. Im Gegensatz dazu verschlechtert sich das Bild, wenn ich dunkle Tonwerte nach rechts verschieben muss.

Mit dieser Überlegung wird auch deutlich, dass es völlig unwichtig ist, wenn womöglich unsere Kameras nicht in der Lage sind, einen richtigen mittleren Grau-

ton zu messen, wie ich es in meinem Test in Kapitel [3.4 auf Seite 12](#) gezeigt habe. Ich brauche keine Integralmessung, keinen Spotmeter, keine Mittelwertbildung oder Mehrfeldmessung. Wenn ich korrekt nach rechts belichtet habe, dann habe ich den bestmöglichen Tonwertumfang meines Motivs eingefangen und kann diese Datei beliebig digital bearbeiten.

3.13 Ist das nun ein digitales Zonensystem?

Vielleicht. Vielleicht müssen wir uns nur an ein normales RAW-Histogramm gewöhnen, wie wir es mit dem RawDigger haben. Denn damit werden uns die vorhandenen EV-Stufen genau angezeigt. Mehr brauchen wir nicht. Leider zeigt weder die Kamera noch unsere Bildbearbeitungssoftware ein RAW-Histogramm an. Wäre das anders, gäbe es die Diskussion um ein digitales Zonensystem nicht, weil jeder mit einem Blick aufs RAW-Histogramm sehen könnte, wo er steht und was er braucht.

3.14 Histogramm richtig lesen.

Von der Kamera bis zu den Rohdatenkonvertern wie Lightroom und den großen Bildbearbeitungsprogrammen wie Photoshop wird uns beigebracht, wie ein Histogramm für ein richtig belichtetes Bild auszusehen hat. Solange ich mit meiner 5000 € Kamera nur JPG-Bilder fotografiere, ist alles in Ordnung. Aus Millionen Bildern haben die Kamerahersteller ein durchschnittliches Histogramm definiert, das uns eine angebliche Über- oder Unterbelichtung anzeigt. Ich fotografiere aber ausschließlich im Raw-Format und im manuellen Modus, und damit sind diese Angaben irreführend. Die Grundbeschreibung eines Histogramms ist korrekt: Alle Tonwerte werden in der Häufigkeit ihres Vorkommens im Bild aufaddiert und so der Kurvenverlauf abgebildet. Die Interpretation, dass ein Bild mit vielen Tonwerten am linken Rand unterbelichtet und ein Bild mit vielen Tonwerten am rechten Rand überbelichtet ist, ist jedoch falsch. Überbelichtet ist ein Bild nur, wenn helle Tonwerte, die im Bild gebraucht werden, im Clippingbereich verloren gegangen sind. Am linken Rand hängt es vom Dynamikbereich des Sensors ab, ob die gewünschten Tonwerte in ausreichendem Maß vorhanden sind. Hier kann der Fotograf leider nichts mehr selbst festlegen, wie es im ana-

logen Zonensystem der Fall war. Diese ergeben sich von selbst und sind nur über die Belichtung am rechten Rand beeinflussbar. Je weiter nach rechts belichtet wird, desto weiter rücken auch die dunklen Zonen nach rechts. Wenn ich die Sonne im Bild habe, muss ich entscheiden, wie viele Tonwerte ich dem Clipping preisgebe. Da ich meistens mit Stativ fotografiere, mache ich einige zusätzliche Belichtungen für die Schatten und füge diese Bilder dann in Lightroom oder Photoshop zusammen. Unterbelichtung tritt bei den heutigen Sensoren nur auf, wenn der Fotograf die Belichtung der Kamera überlässt und diese dann zwei, drei oder mehr Blenden vom rechten Rand entfernt belichtet. Diese drei Blenden fehlen dann für eine saubere Durchzeichnung der Tonwerte sowohl im hellen als auch im dunklen Bereich. Richtig belichten kann jeder Fotograf lernen und dann genau seine Werte an der Kamera einstellen. Klar können auch da Fehler auftreten; aus denen kann man aber lernen. Was gegen diese Unsicherheit hilft, ist ein Raw-Histogramm. Kameras bieten das heute nicht an, aber es gibt die Software RawDigger, mit der ich seit Jahren arbeite. In vielen Workshops und Schulungen habe ich das gezeigt und werde es auch hier wiederholen.

3.15 Beurteilung der Tonwerte im RawDigger.

Die Histogramme in unseren Kameras und Bildbearbeitungsprogrammen sind für eine korrekte Belichtungsbewertung ungeeignet.

Werden die Helligkeiten der Sensorpixel auf 256 Tonwerte heruntergerechnet ist am rechten Rand im JPG-Histogramm keinerlei Differenzierung mehr erkennbar. Das liegt daran, dass allein in der höchsten Blendenstufe 50 % aller Tonwerte liegen. Durch diese hohe Anzahl einzelner Tonwerte sind von jedem Tonwertbereich auch nur wenige erforderlich. Die Tonwertkurve ist damit sehr flach und in der linearen Darstellung praktisch nicht sichtbar.

Im RawDigger kann ich die logarithmische Darstellung wählen und sehe sofort, wie weit ich am rechten Rand bin.

3.15.1. Beispiel 1: Dunkle Tonwerte (Bild [Seite 10](#)).

Im JPG-Histogramm dominieren die dunklen Tonwerte, aber über zwei Drittel im rechten Bereich ist nur ein heller Strich erkennbar. Im Raw-Histogramm sehe ich durch die logarithmische Darstellung, dass ich korrekt bis zum rechten Rand belichtet habe.

Im unteren Histogramm ist die x-Achse linear; das wird durch die Halbierung der Lichtmenge je Blendenwert sichtbar. Der Grünkanal ist ca. eine halbe Blende vom Clippingpunkt entfernt. Die dunklen Tonwerte sind an den linken Rand gepresst, was sie bei diesem Bild ja auch waren.

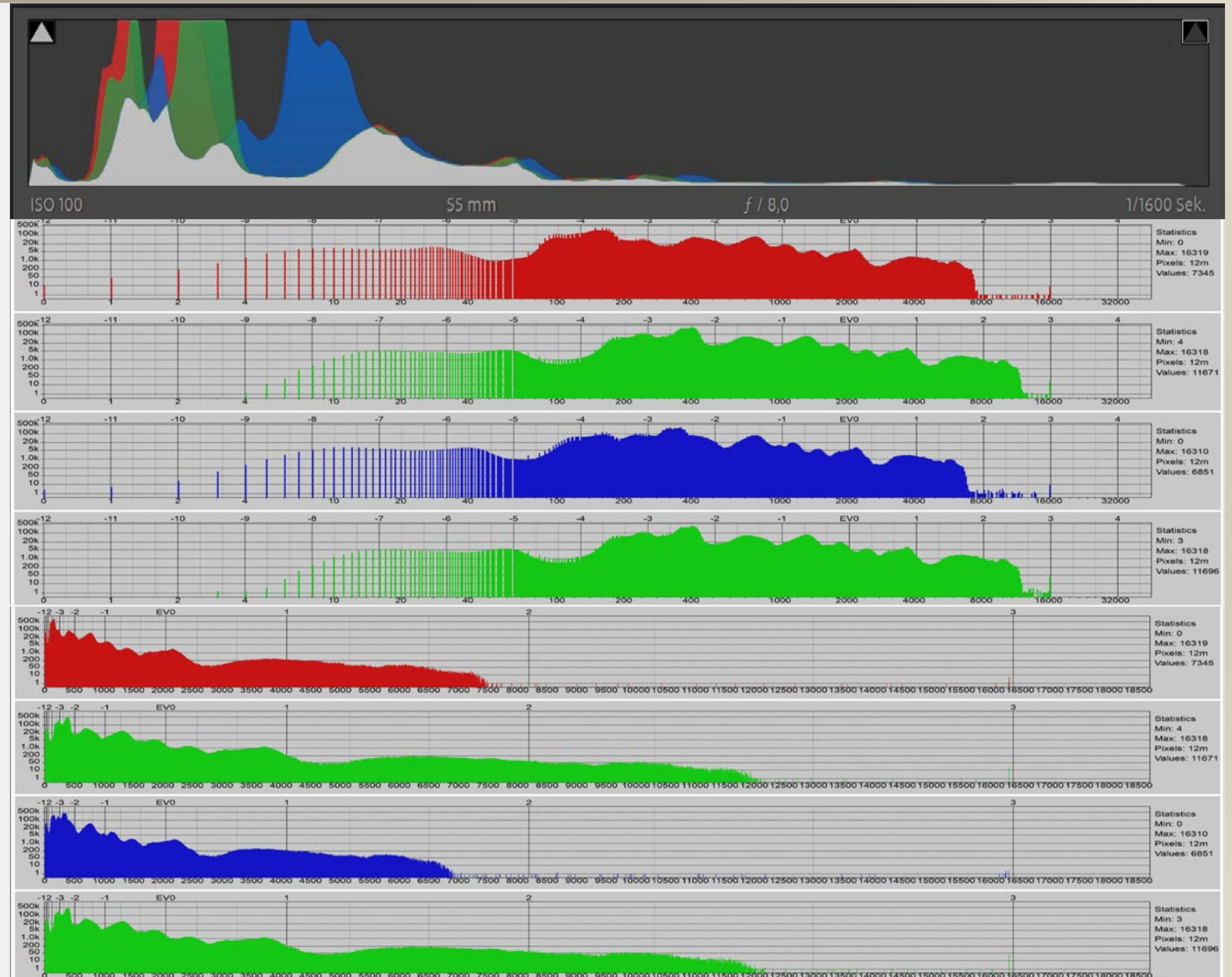


Abb. 14: Dunkle Tonwerte?

3.15.2. Beispiel 2: Mittlerer Tonwertverlauf (Bild [Seite 27](#)).

In diesem Bild dominieren die mittleren Tonwerte. Nur in den Raw-Histogrammen erkenne ich mit einem Blick, dass ich korrekt bis zum rechten Rand belichtet habe.

Das untere Histogramm zeigt, wie sich die Tonwerte von Blendenwert zu Blendenwert halbieren. Deshalb gibt es am linken Rand wieder die Konzentration bei den immer kleiner werdenden Abständen. Da es dort weniger Tonwerte je EV-Stufe gibt, ist dort natürlich deren Anzahl sehr viel höher als bei den hellen Tonwerten.

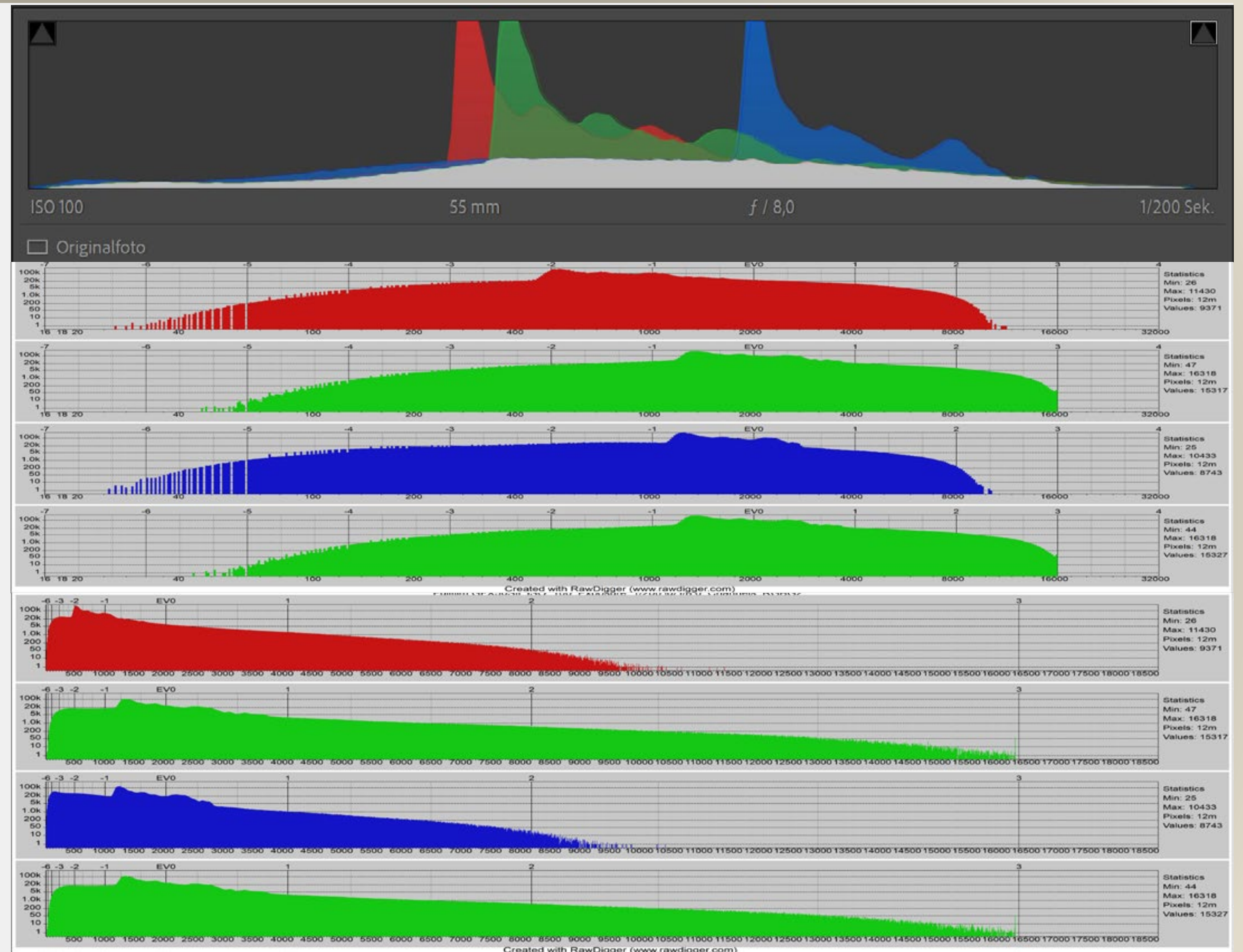


Abb. 15: Mittlerer Tonwertverlauf

3.15.3. Beispiel 3: Dunkel und hell (Bild [Seite 30](#)).

Auch hier wurde perfekt bis zum rechten Rand beleuchtet. Im JPG-Histogramm ist das nur zu vermuten, im Raw-Histogramm haben wir sofort Gewissheit. Im unteren Raw-Histogramm sehen wir sehr schön, wie die Tonwerte von EV3 bis EV0 langsam ansteigen und danach wieder abfallen. Das ist der rechte Peak im JPG-Histogramm. Nach diesem Abfall steigen dann die Tonwerte wieder bis zum Ende der Skala am linken Rand an. Ein gewohnter Effekt, weil ja bei den niederen EV-Stufen die Anzahl der verfügbaren Tonwerte abnimmt und damit deren Häufigkeit zunimmt.

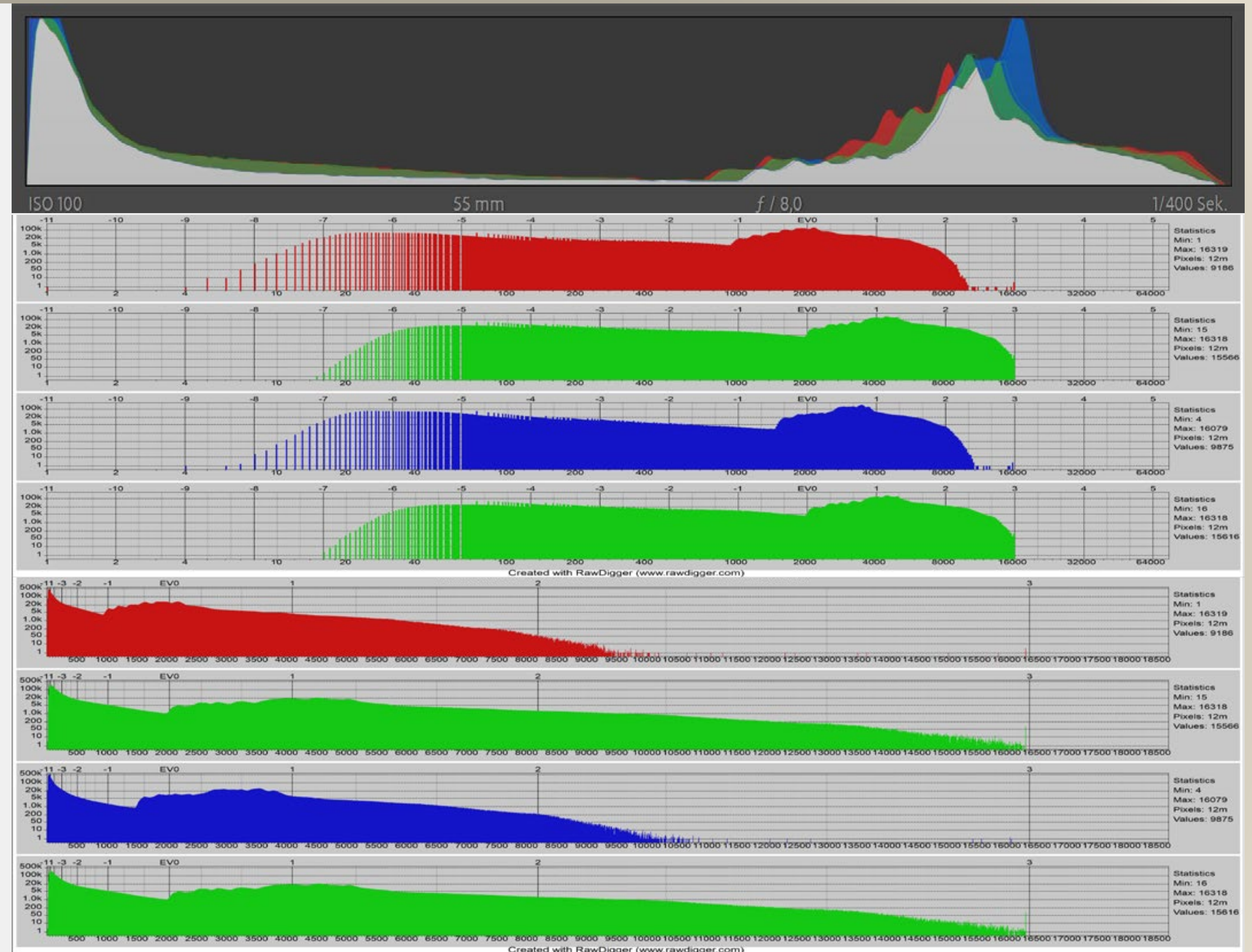


Abb. 16: Dunkel und hell



04

4. Fazit

4.1 Was würde Ansel Adams heute machen?

Das ist eine rhetorische Frage. Auch Ansel Adams hätte schnell erkannt, dass man in der digitalen Welt das Zonensystem vom rechten Rand aus aufbaut und nicht von der dunklen Seite, wie er es in seinem analogen Zonensystem tat. Er will ebenfalls die feinsten Abstufungen in den hellen Tonwerten beibehalten, so wie er es im analogen System mit den dunklen Tonwerten gemacht hat. Es bleibt offen, ob er dies als sein neues Zonensystem benennt. Ich denke, er würde sich an den EV-Werten des RawDiggers orientieren, so wie ich es tue.

Die Graukarte und den Spotbelichtungsmesser würde er ebenso wie ich aus seinem Fotorucksack verbannen, weil er weiß, dass sie Relikte des analogen Zeitalters sind. Er würde die Kamerahersteller auffordern, uns Fotografen ein echtes Raw-Histogramm zu zeigen, sobald wir von JPG auf RAW umstellen.

4.2 Bilder in der Qualität eines großformatigen Negativs erstellen.

Natürlich würde Ansel Adams Bilder in der Qualität eines großformatigen Negativs erstellen wollen. Dazu sind zwei Voraussetzungen zu erfüllen: ein korrekt nach rechts belichtetes Bild (ETTR) und die Bereitschaft, in der digitalen Dunkelkammer das Bild final zu bearbeiten.

- [Skripte \(https://meine-art-zu-sehen.de/produkte-zum-download/\)](https://meine-art-zu-sehen.de/produkte-zum-download/) und
- [YouTube-Videos \(https://www.youtube.com/watch?v=GEprZiUleC0\)](https://www.youtube.com/watch?v=GEprZiUleC0).

Beides kann man lernen. Zum ersten Thema gebe ich regelmäßig Kurse, die auch online stattfinden können. Es gibt dazu meine Skripte und YouTube-Videos. Hier zeige ich auch, welche Kameraeinstellungen eingerichtet werden müssen, um über eine blinkende Überbelichtungswarnung exakt bis zum rechten Rand belichten zu können. Zum zweiten Punkt verwende ich Lightroom und Photoshop, aber es gibt auch Alternativen. Von selbst geht auch hier nichts, und das zeigt uns, dass Fotografie ein Handwerk ist, das gelernt werden will.

4.3 Selber Drucken.

Was Ansel Adams heute auch wieder machen würde, ist, dass er seine Bilder selbst druckt. Das ist ein weiteres Thema, das einer extra Betrachtung bedarf. Ich drucke ebenfalls meine Bilder selbst und verwende dazu die ICC-Profile der Papierhersteller. Aber eines kann ich jetzt schon sagen: Legen wir den Graukeil von Ansel Adams mit den 11 Zonen an das Bild an, landen wir wieder bei dem reduzierten Graukeil aus [Abb. 11 auf Seite 19](#).

So schön es auch ist, mit dem riesigen Dynamikumfang unserer modernen Sensoren in Lightroom und Photoshop zu spielen, die Wahrheit liegt allein im finalen „Fine-Art-Print“, den Ansel Adams perfekt beherrschte. Wir müssen uns nicht verstecken, denn mit unseren heutigen Apps können wir das ebenfalls erreichen.

4.4 Fazit

Es ist falsch, die Gedankenwelt des analogen Zonensystems von Ansel Adams auf die digitale Welt zu übertragen, weil sie am falschen Ende ansetzt. Der gesamte Aufwand, den Ansel Adams trieb, von der präzisen Messung des Motivkontrasts und der daraus abgeleiteten Belichtung und Entwicklung des Negativs, hatte nur ein Ziel: die Erstellung eines perfekten „Fine-Art-Prints“. In unserer heutigen digitalen Welt ist das für die meisten Fotografen nicht das primäre Ziel, sondern die Erstellung eines JPG-Bildes, das im Web veröffentlicht wird. Fotografen, die ernsthaft danach fragen und sich mit dem Thema auseinandersetzen, lernen schnell, dass es auf ein korrekt bis zum rechten Rand belichtetes RAW-Bild ankommt. Die Tonwerte am rechten Rand bestimmen die Qualität des Bildes, nicht nur in den hellen Bildteilen, sondern auch am linken Rand. All dies wird nur in einem wirklichen RAW-Histogramm sichtbar.

Dieser Kurs hätte genauso gut **„Belichten lernen“** heißen können, denn darum geht es im Zonensystem von Ansel Adams. Und genau darum geht es auch in der digitalen Fotografie. Richtig belichten kann man lernen, wie ich in diesem Kurs gezeigt habe. Dazu wünsche ich weiterhin „Gut Licht“.

Euer Wilhelm



05

5. Epilog

5.1 Tieferes Verständnis

Die Zusammenstellung der alten Daten zum analogen Zonensystem und deren Aufbereitung für ein digitales Zonensystem war eine große Herausforderung.

Durch diese intensive Auseinandersetzung verstehe ich das analoge Zonensystem heute besser als vor 40 Jahren. Damals folgte ich lediglich den Anweisungen von Peter Gasser und Bob Werling und erstellte die Kurven als Basis für die praktische Arbeit. Erst jetzt wurde mir bewusst, dass diese Kurven für die digitale Fotografie elementare Dinge wie ETTR enthalten.

Digitales Fotografieren könnte wirklich einfach sein, wenn die Kamerahersteller uns endlich ein echtes Raw-Histogramm zur Verfügung stellten, um die Unsicherheit bei der Aufnahme zu überwinden. Bis jetzt verlasse ich mich auf das blinkende Signal vom Sensor, der genau weiß, wann Clipping eintritt. Ich muss nur noch entscheiden, ob und wie viel Clipping ich in den hellen Zonen zulasse.

Danke für eure Aufmerksamkeit.

Alle meine im Text genannten Hinweise auf meine früheren Scripte können von meiner Webseite unter [Downloads](#) heruntergeladen werden (teilweise kostenpflichtig):

<https://meine-art-zu-sehen.de/produkte-zum-download/>

Wilhelm Kleinöder

wilhelm.kleinoeder@w14r.de

+49 9131 31791

+49 9152 3271 6969

<https://meine-art-zu-sehen.de/>

<https://foto-aktiv.meine-art-zu-sehen.de/>