



# GUIDE ELINES



## DIGITALE FOTOGRAFIE

AUTOREN: PETER FORNARO,  
DANIEL STADLIN, DANIEL STÖCKLI, ELIAS KREYENBÜHL

> 04.2013

> THEMA: DIGITALE FOTOGRAFIE  
> AUTOREN: PETER FORNARO, DANIEL STADLIN,  
DANIEL STÖCKLI, ELIAS KREYENBÜHL

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS

Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra



## TITELBILD

Gerade auch bei der praktischen Inventararbeit im Kulturgüterschutz sind Anforderungen an die digitale Fotografie zu beachten.

Bilder: © Fachbereich KGS, BABS.

## KGS GUIDELINES PBC PCP

Bisher sind in der Reihe der KGS Guidelines erschienen:

BABS, KGS 2003: Guidelines Nr. 1/2003: Wasserschaden im Archiv / Dégâts d'eau dans les archives / Danni causati dall'acqua negli archivi / Protecting archives from water damage (Autor: Guido Voser, Seftigen). Bern. In vier Sprachen herausgegeben: d/f/i/e.

BABS, KGS 2006: Guidelines Nr. 2/2006: Sicherstellungsdokumentation / Documentation de sécurité (Autor: Daniel Stadlin, Zug). Bern. In zwei Sprachen herausgegeben: d/f.

BABS, KGS 2008: Guidelines Nr. 3/2008: Metadaten bei stehenden digitalen Bildern / Directives de la PBC concernant les métadonnées des images fixes numériques (Autoren: Sergio Gregorio; Anja-Elenea Stepanovic, Basel). Bern. In zwei Sprachen herausgegeben: d/f.



Sämtliche Ausgaben stehen als pdf-Dokumente zur Ansicht bzw. zum Download bereit unter: [www.kgs.admin.ch/](http://www.kgs.admin.ch/) -> Publikationen KGS -> Guidelines; d/f/i/e.

# **DIGITALE**

---

# **FOTOGRAFIE**

---

**AUTOREN:**

**DR. PETER FORNARO (DHLAB)**

**DANIEL STADLIN, DANIEL STÖCKLI (BEIDE DENKMALPFLEGE KT. ZUG), ELIAS KREYENBÜHL (DHLAB)**

Stand: 31.08.2012

**AUFTRAGSERTEILUNG, PROJEKTBEGLEITUNG:**

**RINO BÜCHEL, DR. RETO SUTER (FACHBEREICH KGS, BABS)**

Der Auftrag wurde durch das Digital Humanities <sup>lab</sup>, dhlab (ehemals Imaging & Media lab, iml) in Basel in Zusammenarbeit mit Vertretern der Denkmalpflege des Kantons Zug ausgeführt.

**Auftraggeber:**

© Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Fachbereich Kulturgüterschutz, Bern, 2013

**Redaktion:**

Dr. Reto Suter, Hans Schüpbach

**Layout:**

Hans Schüpbach

8.13 1000 860317146

# INHALTSVERZEICHNIS

---

	Vorwort	7
1.	Einleitung	8
1.1	Ziel dieses Dokuments	8
1.2	Thematische Abgrenzung	9
1.3	Struktur des Dokuments	9
1.4	Das korrekte Bild => Checklisten	10
1.5	Zweck und Nutzen	11
2.	Aufnahmemethodik	13
2.1	Anforderungen	13
2.2	Perspektive: Kamerastandpunkt und Brennweite => Checklisten	13
2.2.1	Was bewirkt die Brennweite?	14
2.2.2	Welche Brennweite für welche Objekte?	15
2.2.3	Bildkorrektur durch Spezialoptik	16
2.2.4	Perspektivenkorrektur (Shift)	16
2.2.5	Beeinflussung der Schärfenebene (Tilt)	17
2.3	Lichtführung => Checkliste KGS	18
2.3.1	Weiches und hartes Licht	19
2.3.2	Matte und glänzende Oberflächen	19
2.3.3	Lichtformer	19
2.4	Reprofotografie	20
2.5	Objektinformation im Bild	21
2.6	Wie die Referenzen im Motiv platziert werden und worauf man achten muss => Checkliste KGS	21
3.	Aufnahmetechnik I	22
3.1	Ausrüstung: Kamera, Objektiv & Stativ	22
3.2	Auflösung und Ausgabegrösse	22
3.3	Die Pixelgrösse	23
3.4	APS-C und Vollformat	24
3.5	Verlängerungsfaktor (Crop Factor)	25
4.	Aufnahmetechnik II	26
4.1	Die richtige Belichtung => Checkliste KGS	26
4.2	Arbeiten mit dem Histogramm	26
4.3	Die richtige Blende	27
4.4	Die Schärfentiefe => Checklisten	28
4.5	Lichtart, Weissabgleich	28
4.6	Farbraum: S RGB und Adobe RGB => Checklisten	31
4.7	ISO-Lichtempfindlichkeit	31
4.8	Dynamik oder Tonwertumfang	32
4.9	HDR (High Dynamic Range)	32
4.10	Kompression	33
4.10.1	Bilddaten ohne Kompression	33
4.10.2	Bilddaten mit verlustloser Kompression	33
4.10.3	Verlustbehaftete Kompression	34
4.11	Formatkonversion / Farbraumkonversion	34
5.	Wie digitale Bilddateien entstehen	36
5.1	Bildformate	37

5.1.1	TIFF	37
5.1.2	JPEG	38
5.1.3	JPEG 2000	39
5.1.4	DNG	39
5.1.5	RAW	40
6.	Abbildungsleistung	42
6.1	Schärfe in der digitalen Fotografie?	42
6.2	Qualität der Optik	44
6.2.1	Streuung	44
6.2.2	Farbfehler	45
6.2.3	Unschärfe	45
6.2.4	Verzeichnung	46
6.2.5	Vignettierung	46
6.3	Zoom oder Festbrennweite?	47
6.4	Einsatz eines Stativs => Checklisten	47
7.	Aufnahmefehler	48
8.	Nach der Aufnahme	49
8.1	Nachbearbeitung	49
8.1.1	Schärfen	49
8.1.2	Farbanpassungen => Checklisten	49
8.1.3	Tonwertkorrektur	50
9.	Metadaten	51
9.1	Ziel und Zweck	51
9.2	Dateinamen => Checklisten	51
9.3	Anforderungen	51
9.4	Vorgehen	52
9.4.1	Wahl der inhaltlichen Metadaten	52
9.4.2	Wahl des Metadatenstandards	54
10.	Nutzung	55
10.1	Datenbanken	55
10.2	Ausdrucken: Erzeugen von analogen Kopien	55
10.2.1	Tinte	55
10.2.2	Fotomaterial	56
10.2.3	Fotobücher	56
10.2.4	Mikrofilm	56
11.	Archivierung	57
11.1	Ziel und Zweck	57
11.2	Anforderungen an digitale Bilder	57
11.2.1	Datenträger	58
11.2.2	Festplatten	58
11.2.3	Magnetbänder	59
11.3	Anforderungen an analoge Bilder	59
11.3.1	Brandgefahr durch Nitratfilme	60
11.4	Sicherung auf Mikrofilm	60
12.	Digitaler Workflow	61

13.	Anhang	66
13.1	Kontaktadressen	66
13.2	Weiterführende Quellen	67
13.2.1	Dokumentationsfotografie und Ausrüstung	67
13.2.2	Workflow, Digitalisierung	67
13.2.3	Langzeiterhalt, Archivierung, Konservierung	68
13.3	Glossar	69
14.	Checklisten	79
14.1	Checkliste für das Kulturgüterschutz-Personal im Zivilschutz (Checkliste KGS) -> Digitaler Workflow S. 61 ff.	79
14.2	Checkliste für kulturelle Institutionen und Fachstellen (Checkliste IF) -> Digitaler Workflow S. 61 ff.	82
15.	Auftraggeber/Autoren	85
16.	Notizen	86

# VORWORT

---

Die Fotografie hat sich im letzten Jahrzehnt bezüglich der eingesetzten Technologie fundamental geändert. Analoge Aufnahmetechniken sowie die konventionelle fotografische Reproduktion von Bildern auf Fotomaterial sind praktisch vollständig verschwunden. Der analoge Film als Aufnahmematerial wurde durch elektronische Sensoren ersetzt. Die Arbeit, die früher in der Dunkelkammer verrichtet wurde, findet heute am Computer statt, und das am Ende des Herstellungsprozesses stehende physische Bild wird mit elektronisch gesteuerten Laserbelichtern oder Tintenstrahldruckern erzeugt.

Heute kann gesagt werden, dass der grosse Umbruch abgeschlossen ist. Die eingesetzte Elektronik und die Digitaltechnik haben bewiesen, dass sie bezüglich Qualität und Funktionalität das bewährte Qualitätsniveau der analogen Welt erreicht und sogar übertroffen haben. Dennoch ist vieles gleich geblieben: Ein gutes Bild muss noch immer denselben Kriterien genügen und auch das fotografische Handwerk an sich muss bekannt sein.

Dieser Wandel hat den Fachbereich Kulturgüterschutz (FB KGS) im Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) dazu bewogen, das vorliegende Dokument in Auftrag zu geben, um in einer möglichst kompakten Form eine breite und dennoch technisch fundierte Übersicht über das Gebiet der Dokumentationsfotografie zur Verfügung stellen zu können. Diese Aufgabe ist nicht trivial, da heute in der digitalen Fotografie noch mehr Technologie eingesetzt wird als dies schon in der analogen Fotowelt der Fall war. Es wurde aus diesem Grund versucht, einen möglichst praxisorientierten Leitfaden für das Zielpublikum des FB KGS zu erstellen. Dabei sollen technische Theorie und fotografische Praxis in einem einzigen Dokument verbunden werden.

Verschiedene Personen haben zur Entstehung dieser Publikation beigetragen. Neben den Autoren und den Auftraggebern sei an dieser Stelle namentlich Frau Prof. Dr. Sabine Süsstrunk (EPFL) und Herrn Werner Uttinger für die kritische Durchsicht und für wertvolle Hinweise gedankt.

# 1 EINLEITUNG

---

Der Fachbereich Kulturgüterschutz (FB KGS) gibt die Reihe «Guidelines» heraus, in welcher für den Kulturgüterschutz relevante Themen dargestellt und erläutert werden. Diese Guidelines stellen eine Arbeitshilfe für die Spezialisten in den Gedächtnisinstitutionen und den kantonalen Fachstellen im Kulturbereich dar. Die Kernaufgabe der im Umfeld des Kulturgüterschutzes (KGS) arbeitenden Personen liegt in der langfristigen Archivierung und Sicherung von Kulturgütern. Die damit betrauten Stellen werden durch die digitalen Methoden und Werkzeuge vor neue Herausforderungen gestellt, welche im besonderen Masse das fotografische, zu Dokumentationszwecken erstellte Bild betreffen.

## 1.1 ZIEL DIESES DOKUMENTS

---

Der technologische Wandel hat auch einen grossen Einfluss auf die Dokumentation von Kulturgütern. Es zeigt sich, dass das Digitale auch für diese Disziplin der Fotografie grosse Vorteile besitzt. Darüber hinaus aber ist die prinzipielle Absicht, kulturell wertvolle Objekte fotografisch zu sichern und sie so für die Zukunft zu erhalten, gleich geblieben. Dennoch erfordert das Digitale zusätzliches Wissen, um technisch korrekte Aufnahmen unter kontrollierten Bedingungen erstellen zu können. Aus diesem Grund ist eine gewisse Standardisierung im Arbeitsablauf notwendig, um die Bildqualität zu vereinheitlichen. Mit diesem Dokument wird ein erster Schritt zur Etablierung von «best practices» in der digitalen Dokumentationsfotografie angestrebt.

Fotografien sind ein integraler Bestandteil von Sicherstellungs- und Sammlungsdokumentationen. Im Bereich der Sicherstellungsdokumentation müssen sie zusammen mit weiteren Dokumenten – insbesondere mit Plänen – die Wiederinstandstellung eines beschädigten Kulturgutes ermöglichen. Da Pläne primär auf die Wiedergabe der Konstruktion und der Geometrie ausgerichtet sind und bei der Erfassung von floralen, figürlichen und vegetabilen Zierformen oder bei Wand- und Deckenbildern an ihre Grenzen stossen, müssen letztere Bereiche fotografisch wiedergegeben werden. Pläne und Fotografien bedingen und ergänzen einander und bilden immer eine Einheit.

Die fotografische Arbeit im Bereich der Denkmalpflege, in der Archäologie, in Museen, Archiven und in Bibliotheken sowie für die im Zivilschutz tätigen KGS-Beauftragten ist durch die digitale Technologie nicht einfacher geworden. In diesem Dokument wird deshalb auf die neuen technischen Aspekte der digitalen Fotografie eingegangen. Es wird gezeigt, wie ein technisch und inhaltlich korrektes Bild erzeugt wird, und es werden einige grundlegende Erklärungen zur Funktionsweise von digitalen Kameras und deren Qualitätsmerkmalen gegeben. Zusätzlich wird erläutert, wie ein typischer digitaler Workflow im Kontext der Dokumentationsfotografie aussieht und welche wichtigen praktischen Aspekte hierbei beachtet werden müssen.

Die Guidelines sollen einen verständlichen Einstieg in die Thematik der «neuen», digitalen Fotografie geben und konkrete Handlungs-

1 [www.bevoelkerungsschutz.admin.ch/  
internet/bs/de/home/themen/kgs/  
publikationen\\_kgs/merkblatt.html](http://www.bevoelkerungsschutz.admin.ch/internet/bs/de/home/themen/kgs/publikationen_kgs/merkblatt.html)  
oder einfacher: [www.kgs.admin.ch/](http://www.kgs.admin.ch/)  
-> Publikationen KGS -> Merkblätter

anweisungen bieten. Damit versucht der FB KGS ganz unterschiedlichen Ansprüchen gerecht zu werden. Dem professionellen Fotografen sollen diese Guidelines die besonderen Anforderungen an die Dokumentationsfotografie näher bringen und das Fachwissen ergänzen. Für den praktischen Einsatz vor Ort findet man eine Checkliste im Anhang, welche die wichtigsten Punkte workflow-basiert zusammenfasst (Checkliste IF, S. 82ff.). Darüber hinaus soll es dem KGS-Personal im Zivilschutz ermöglicht werden, mit der anderen im Anhang eingefügten Checkliste Kulturgut von lokaler Bedeutung fotografisch zu dokumentieren, ohne über professionelle Mittel und über Expertenwissen zu verfügen (Checkliste KGS, S. 79ff.). Inhalte im Haupttext, welche in der Checkliste erwähnt werden, sind entsprechend gekennzeichnet.

Das vorliegende Dokument ersetzt das bestehende Merkblatt «Fotodokumentation» aus der Merkblatt-Sammlung des FB KGS.<sup>1</sup>

## 1.2 THEMATISCHE ABGRENZUNG

---

Auf konkrete Aufnahmesituationen kann in diesem Dokument nicht eingegangen werden, da diese so vielfältig wie die zu dokumentierenden Objekte selbst sind. Die Aufnahme eines Gemäldes kann nicht mit der eines Gebäudes oder einer Skulptur verglichen werden. Selbst die konkreten Aufnahmeparameter, um ein Ölbild «korrekt» aufzunehmen, können nicht ohne Weiteres festgelegt werden. Diese sind zum einen abhängig von der spezifischen Materialität und zum anderen von der subjektiven Empfindung der Fotografin oder des Fotografen. Es gibt aber grundsätzliche, die Qualität des Resultats beeinflussende Gemeinsamkeiten, die unbedingt berücksichtigt werden müssen. Darauf wird in diesem Dokument detailliert eingegangen. Die digitale Fotografie verzeiht in vielen Bereichen weniger Fehler als die analoge. Deshalb ist das Beherrschen der Technik wichtig und Voraussetzung für gute Resultate.

## 1.3 STRUKTUR DES DOKUMENTS

---

Die Dokumentationsfotografie setzt sowohl ein hohes Mass an technischem Wissen als auch ein gutes Verständnis der aufzunehmenden Materie voraus. Aus diesem Grund wird in den Guidelines sowohl aufgezeigt, wie ein typisches Motiv aufgenommen werden soll, als auch, welche Technik dazu eingesetzt wird. Es wird in der Folge

1. auf die inhaltliche Aufnahmemethodik eingegangen, um zu zeigen, wie ein Bild aufgenommen werden muss, damit die notwendige Aussagekraft gegeben ist;
2. die fotografische Technik vermittelt, um die Herstellung inhaltlich korrekter Bilder zu ermöglichen;
3. der Unterschied zwischen einem analogen und einem digitalen Bild dargestellt;

4. auf den Begriff der Bildqualität im Speziellen eingegangen;
5. auf praktische Aspekte von Metadaten eingegangen;<sup>2</sup>
6. erklärt, wie Bilder genutzt werden können und wie man sie richtig aufbewahrt.
7. Zum Abschluss wird dargestellt, wie ein digitaler Arbeitsablauf (Workflow) aussehen soll (S. 61ff.). Es wird erläutert, welche Arbeitsschritte zu welchem Zeitpunkt zu beachten sind. Die Checklisten im Anhang (S. 79–84) können als Arbeitshilfen verwendet werden.

Alle wichtigen Fachabkürzungen und -begriffe werden in einem Glossar am Ende des Dokuments kurz erläutert (vgl. 13.3, S. 69ff.).

#### 1.4 DAS KORREKTE BILD => CHECKLISTE

Im Kontext der Dokumentation im Sinne des Kulturgüterschutzes sind qualitativ hochwertige Bilder anders definiert als in der Welt der Presse- oder Kunstfotografie. Ein korrektes Dokumentationsfoto stellt ein Objekt möglichst exakt und nüchtern dar. Dazu gehören je nach Motiv verschiedene Perspektiven, Detailaufnahmen und unterschiedliche Beleuchtungen. Ein fotografisches Bild muss ein Objekt so genau wiedergeben, dass dieses eindeutig identifizierbar ist und dass es, sollte es beschädigt oder zerstört werden, aufgrund der Fotografien (und Pläne) wieder instandgestellt werden könnte. Die Wichtigkeit von Metadaten ist bereits an dieser Stelle hervorzuheben. Fehlen Informationen, die den Kontext und das Objekt selber beschreiben, wird dessen Identifikation erschwert oder gar verunmöglicht.

<sup>1</sup> Ein typisches Bild eines Gebäudes, bei dem auf eine objektive Motivwiedergabe Wert gelegt wurde. Foto: Digital Humanities Lab, Basel.



2 *BABS, KGS 2008: Guidelines Nr. 3: Metadaten bei stehenden digitalen Bildern. Bern.*

Generell wird die Qualität einer Fotografie für eine Sicherstellungs- oder Sammlungsdokumentation durch deren Informationsgehalt definiert. Dieser setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

**Inhalt:** Die Gestaltung der Aufnahme, die Wiedergabe des Motivs ist der zentrale Punkt hinsichtlich des Informationsgehalts. Aspekte wie die Perspektive, der Kamerastandpunkt oder die verwendete Brennweite sind hierfür entscheidend. Gebäudekanten müssen beispielsweise zwingend gerade abgebildet werden, egal ob eine Frontalansicht oder eine Schrägansicht aufgenommen wird. Ein weiterer zentraler inhaltlicher Faktor ist die Lichtführung. Welche Art der Beleuchtung eingesetzt wird, hat entscheidenden Einfluss auf die Motivwiedergabe, z.B. die Stärke der abgebildeten Kontraste.

**Technik:** Ein qualitativ hochwertiges Bild wird durch technische Faktoren wie den Detailreichtum, die Schärfe und die Auflösung definiert. Wichtig ist zudem, dass die Bilder korrekt belichtet sind, die Farbe gut wiedergegeben wird und die Bilddaten in einem zweckmässigen Datenformat gespeichert werden.

**Metadaten:** Besonders kontextuelle und den Inhalt beschreibende Metadaten sind von zentraler Bedeutung. Diese erlauben das Suchen und Finden von Bildinhalten in einer Datenbank. Es ist bis heute nur rudimentär möglich, ein Bild zu analysieren und direkt aus den Bilddaten Informationen zu gewinnen, die etwas über das abgebildete Objekt aussagen. Das heisst die Identifizierung eines Bildes erfolgt über Metadaten, die z.B. in einer Datenbank abgelegt sind.

Diese mit einem digitalen Bild abgelegten Metadaten müssen deshalb so beschaffen sein, dass ein Identifizieren und Zuordnen von abgebildeten Objekten auch noch in einigen Jahren möglich ist.

Weitere Informationen dazu finden sich in den Guidelines zum Thema «Metadaten» des BABS.<sup>2</sup>

## 1.5 ZWECK UND NUTZEN

Bild- und Fotosammlungen in den Bereichen Denkmalpflege, Archäologie, Museum, Archiv, Bibliothek und Kulturgüterschutz werden unterschiedlich genutzt:

- als Sicherheitskopie;
- als Massnahme für den Fall eines Diebstahls, da Fotografien den Wiedererkennungswert von Objekten erhöhen;
- als Arbeitsinstrument für kulturelle und kunsthistorische Aufgabenbereiche bzw. für planerische Aufgaben und Studien;
- als Publikationsvorlagen;

- für Gestaltung und Werbung;
- für persönliche Interessen.

Die Tatsache, dass Bildmaterial meist in digitaler Form vorliegt, macht es heute möglich, Bildaufnahmen all diesen verschiedenen Verwendungszwecken zuzuführen. In grossen öffentlichen Institutionen stehen für die Nutzung Online-Bilddatenbanken zur Verfügung. In kleineren Sammlungen sind Recherche und Zugang häufig nur vor Ort möglich. Die Nachfrage nach Online-Recherche-Möglichkeiten und Distributionskanälen für digitale Information wächst aber auch hier – ein Grund mehr, auf eine hohe Qualität bei der Erzeugung von Aufnahmen Wert zu legen.

# 2 AUFNAHMEMETHODIK

## 2.1 ANFORDERUNGEN

Für den Kulturgüterschutz erstellte Fotografien sind von hoher Aufnahmequalität und bilden ein Objekt neutral, präzise und detailliert ab. Die einzelnen Fotografien haben eine möglichst hohe Informationsdichte und vermitteln das zu dokumentierende Objekt in seiner Gesamtheit und Vielfältigkeit. Insbesondere geben die Aufnahmen Auskunft über Formen, Proportionen, Plastizität, Materialisierung und Farbigkeit. Keinesfalls genügend sind Aufnahmen der Kategorie «Mobiltelefon», aber auch Stimmungsbilder oder Inszenierungen sind nicht zweckmässig.

## 2.2 PERSPEKTIVE: KAMERASTANDPUNKT UND BRENNWEITE => CHECKLISTE KGS, IF

Die Wahl des Kamerastandpunktes ist die wichtigste Entscheidung, die es bei der Erstellung eines Bildes zu treffen gilt. Bereits geringfügige seitliche Bewegungen können Aspekte des Motivs enthüllen oder verbergen. Bei Aufnahmen im Freien legt man beispielsweise mit der Entfernung zum Gegenstand das Grössenverhältnis zwischen dem Objekt und seiner Umgebung fest. Bei einer geringen Motivdistanz sind die Grössenunterschiede dramatisch, entfernt man sich, gleichen sich die Grössenverhältnisse aus. Die Wahl der Motivdistanz ist dementsprechend ein probates Mittel, Vorder- und Hintergrund in ein harmonisches Verhältnis zu bringen. Spätestens bei der Wahl der Perspektive realisiert man, dass es auch in der Dokumentationsfotografie keine objektiven Aufnahmen gibt. Allen Bildern liegen subjektive Entscheidungen zugrunde, die oft rein pragmatischer Natur sind. So ist z.B. ein idealer Kamerastandpunkt aus rein praktischen Gründen nicht möglich, weil etwas im Wege steht oder weil der Aufwand, einen Kran oder eine Hebebühne zu benutzen, zu gross wäre. Aber trotz dieser räumlichen Einschränkung kann ein grosser Spielraum ausgenützt werden, sofern klar ist, wie Perspektive, Kamerastandpunkt und Brennweite zusammenhängen. Das wichtigste Prinzip ist: **Nur der Kamerastandort bestimmt die Perspektive, nicht die Brennweite.** Wenn ein Motiv mit einem Weitwinkel-Objektiv fotografiert wird, resultiert eine starke Überzeichnung der Grössenverhältnisse. Wird dasselbe Motiv mit einer langen Brennweite fotografiert, wirkt alles fast gleich gross und sieht flach aus.

2 Wird ein Motiv vom selben Standort mit unterschiedlichen Brennweiten aufgenommen, verändert sich die Perspektive nicht. Fotos: Digital Humanities Lab, Basel.



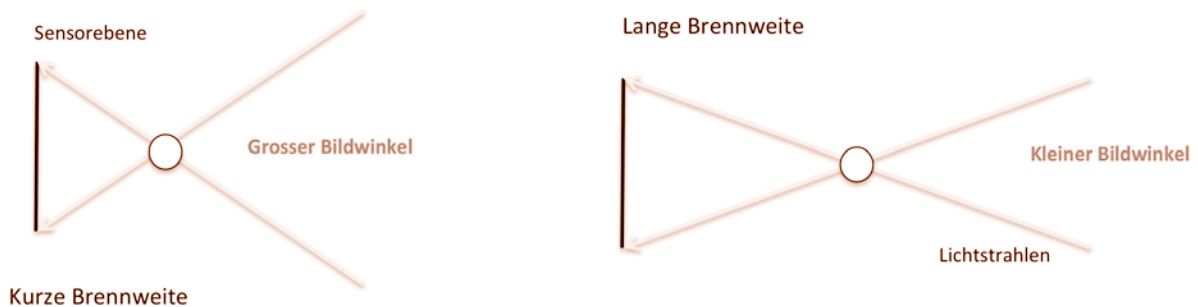


3 Wird die Kamera an einen anderen Standort bewegt, verändert sich die Perspektive, auch bei identischer Brennweite. Fotos, Montage: Digital Humanities Lab, Basel.

Der entscheidende Punkt ist nicht der Wechsel der Brennweite, sondern die Standortverlagerung der fotografierenden Person zwischen den beiden Aufnahmen. Die Bildserien in den Abbildungen 2 und 3 zeigen, wie sich die perspektivische Darstellung des Gebäudes bei Beibehalten des Kamerastandes und Wechsel der Brennweite nicht verändert, der Bildausschnitt dagegen schon.

### 2.2.1 WAS BEWIRKT DIE BRENNWEITE?

Die Brennweite legt in Abhängigkeit vom Aufnahmeformat (heute von der Sensorgrösse) den Bildwinkel fest und dadurch auch, wie das Objekt für einen gegebenen Kamerastandpunkt vergrössert oder verkleinert wird. Weitwinkel-Optiken besitzen kurze Brennweiten und stellen grosse Bildwinkel von 60–110° dar. Von Normalobjektiven wird bei einem Bildwinkel von ca. 50° gesprochen. Teleobjektive hingegen verfügen über enge Bildwinkel ( $\leq$  ca. 35°), die es erlauben, einen bestimmten Ausschnitt zu vergrössern. Typischerweise wird ein Teleobjektiv verwendet, um z.B. ein formatfüllendes Bild eines wichtigen Details aus einer grösseren Distanz zu erstellen.



4 Je kleiner die Brennweite, desto grösser der Bildwinkel. Abbildung: Digital Humanities Lab, Basel (Quelle: [www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-lenses.htm](http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-lenses.htm), 10.6.2012).

Die Brennweite wird jeweils am Objektiv in Millimeterzahlen angegeben (z.B. 35 mm, 50 mm, 500 mm), bei Zoomobjektiven werden die kürzeste und die weiteste Brennweite angegeben (z.B. 24 mm–70 mm).

Diese Zahlen besitzen allerdings nur in Bezug auf ein spezifisches Aufnahmeformat – also die Grösse der Aufnahmefläche – eine unmittelbare Aussagekraft bezüglich des aufgenommenen Bereiches. Ein 50 mm-Objektiv entspricht nur bei einer Kleinbildkamera mit einem Aufnahmeformat von 24 mm x 36 mm der Normalbrennweite, welche in etwa dem Blickwinkel des Menschen entspricht. An einer Mittelformatkamera bewirkt ein 50 mm-Objektiv einen weitwinkligen Bildwinkel und auf einer kleinen APS-C-Spiegelreflexkamera hat es bereits die Wirkung eines schwachen Teleobjektivs. Somit ist also die Wirkung einer spezifischen Brennweite eines Objektivs abhängig vom verwendeten Aufnahmeformat. Das ist auch der Grund, weshalb auf Objektiven für kleine Kameras z.B. die Brennweitenangabe 12 mm steht, die Wirkung der Optik aber mit 50 mm angegeben ist. Der einzige konstante Begriff über die verschiedenen Aufnahmeformate hinweg ist somit der Bildwinkel.

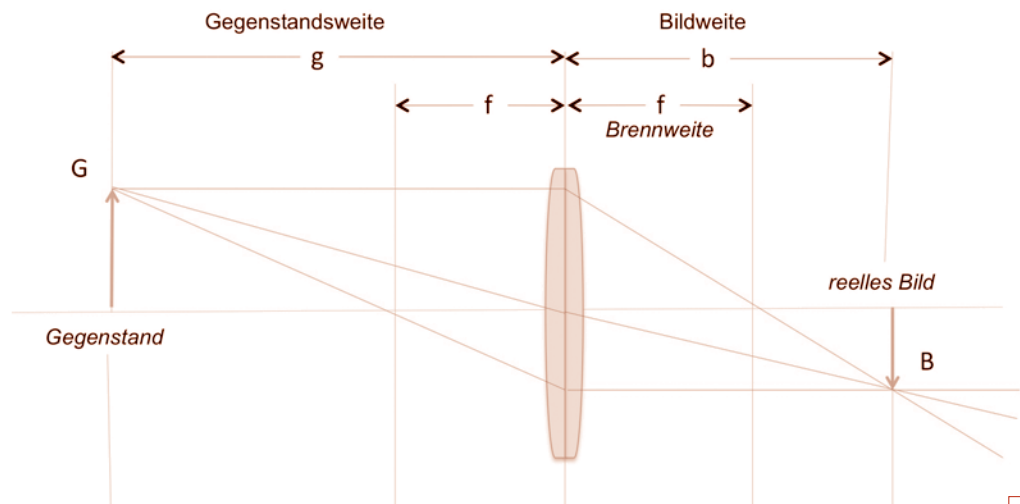
Kameraformat	Ultra Weitwinkel	Weitwinkel	Normal-brennweite	leichtes Tele	Tele
Brennweite	20 mm	35 mm	50 mm	85 mm	135 mm
Bildwinkel bei 35 mm und digitales Vollformat (24 mm x 36 mm)	95 °	63 °	47 °	29 °	18 °
APS-Format (25.1 mm x 36 mm)	73 °	46 °	33 °	20 °	12 °
Kompaktkamera (8 mm x 12 mm)	39 °	23 °	16 °	10 °	6 °
Mittelformat (4.5 cm x 5 cm)	116 °	85 °	65 °	41 °	26 °

5

5 Die Tabelle zeigt die den Bildwinkeln entsprechenden Brennweiten bei unterschiedlichen Aufnahmeformaten (Quelle: Digital Humanities Lab, Basel).

## 2.2.2 WELCHE BRENNWEITE FÜR WELCHE OBJEKTE?

Weitwinkelobjektive werden in der Regel für Gesamtübersichten und Gebäudeaufnahmen verwendet. Für Detailaufnahmen hingegen verwendet man je nach Grösse und Räumlichkeit des Objekts längere Brennweiten wie z.B. ein 85 mm- oder 105 mm-Objektiv auf Kleinbildformat. Welche Brennweite sich für ein gegebenes Objekt am besten eignet, ist Erwägungssache der fotografierenden Person.



6

6 In der Grafik sind wichtige Grössen einer Optik und deren korrekte Bezeichnung dargestellt. Abbildung: Digital Humanities Lab, Basel (Quelle: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sammellinse\\_Skizze.png](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sammellinse_Skizze.png), 10.6.2012).

Je nach **Aufnahmestandort** wird das Objekt mit mehr oder weniger Tiefenwirkung dargestellt. Wird ein Objekt mit einer kurzen Brennweite aus kurzer Distanz aufgenommen, wird die Räumlichkeit übertrieben dargestellt. Im Vordergrund liegende Teile wirken im Verhältnis zum Rest viel grösser. Benutzt man hingegen eine lange Brennweite und entfernt sich vom Motiv, scheint die Tiefe des Objekts auf beinahe eine Ebene komprimiert (vgl. Abb. 7, folgende Seite).

- 7 Der Kamerastandort verändert die Bildwirkung massiv. Eine kurze Aufnahmedistanz bewirkt überzeichnete Grössenverhältnisse, eine grosse Distanz zum Motiv lässt die räumliche Ausdehnung flächenhaft wirken.  
Fotos: Digital Humanities Lab, Basel.



### 2.2.3 BILDKORREKTUR DURCH SPEZIALOPTIK

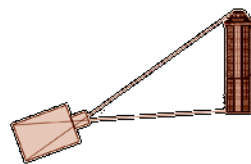
Wird ein hohes Gebäude fotografiert, so muss der Fotoapparat nach oben geneigt werden, damit das ganze Gebäude auf das Bild passt. Mit dem Neigen der Kamera verzerrt sich die Abbildung des Gebäudes. Es sieht aus, als würde es sich nach hinten neigen. Die vertikalen Kanten verlaufen nicht mehr parallel zueinander, sondern schneiden sich in einem Punkt ausserhalb des Bildes. Mit sogenannten Tilt-Shift-Objektiven kann der Effekt der stürzenden Linien korrigiert werden. Solche Objektive besitzen zwei Verstellmöglichkeiten (vgl. nachfolgend 2.2.4 und 2.2.5).

- 8 Spezialobjektiv zur perspektivischen Korrektur einer Aufnahme.  
Foto: Digital Humanities Lab, Basel.

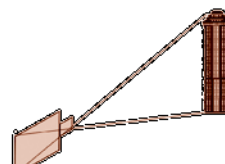


### 2.2.4 PERSPEKTIVENKORREKTUR (SHIFT)

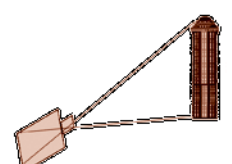
Die Optik kann parallel zur Sensorfläche verschoben werden. Diese Einstellung wird zur Perspektivenkorrektur benutzt. Hierzu wird die Kamera waagrecht auf das Stativ montiert und das Objektiv wird so weit «geschiftet», bis das gesamte Gebäude im Bild dargestellt wird. Wichtig ist, dass die Kamera parallel zum Motiv aufgestellt wird.



Ohne Ausgleich der stürzenden Linien



Voller Ausgleich der stürzenden Linien



Teilweiser Ausgleich der stürzenden Linien

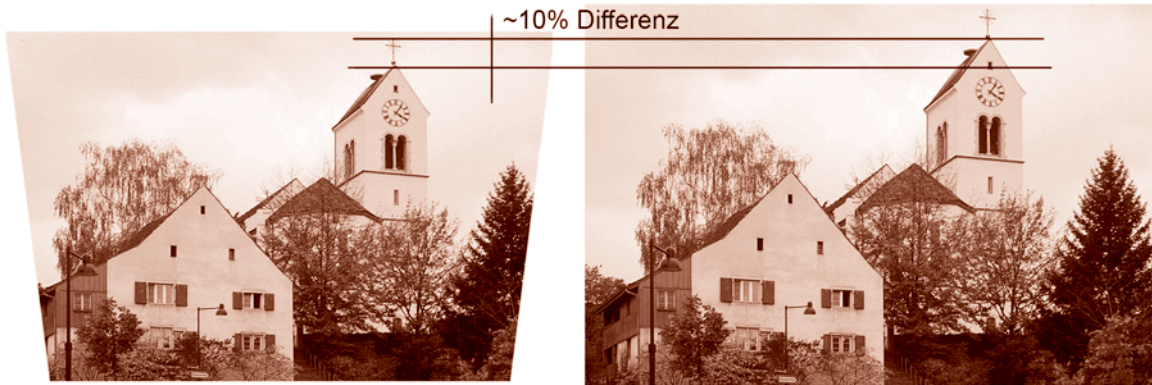
- 9 Beispiel stürzender Linien durch eine Kameraneigung sowie die Korrektur durch paralleles Verschieben der Optik.  
Foto: Digital Humanities Lab, Basel.



Weitwinkelobjektiv ohne Shift-Funktion



Weitwinkelobjektiv mit Shift-Funktion



10

Weitwinkelobjektiv ohne Shift-Funktion in Photoshop

Weitwinkelobjektiv mit Shift-Funktion

10 Die digitale Korrektur stürzender Linien funktioniert gut, sofern die Seitenverhältnisse berücksichtigt werden. Fotos: Digital Humanities Lab, Basel.

Wird digital fotografiert, ist es möglich die Perspektivenkorrektur ohne teure Shift-Optik zu vollziehen. Tatsächlich gibt es bei den meisten Bildverarbeitungsprogrammen die Möglichkeit, ein Bild perspektivisch zu entzerren. Dabei kann das Bild zwar soweit korrigiert werden, dass vertikale Linien parallel zueinander verlaufen. Das Seitenverhältnis von Höhe zu Breite des Gebäudes wird allerdings ohne zusätzliche Korrektur falsch dargestellt. Zudem wirken parallele Linien bei sehr hohen Gebäuden unnatürlich. Um korrekte Grössen- und Seitenverhältnisse sicherzustellen, müssten beim Fotografieren Messlatten in der Horizontalen und Vertikalen angebracht werden. Das Einsetzen einer digitalen Methode zur Korrektur der perspektivischen Abbildung ist eine praktische, aber auch fehleranfällige Methode. Korrekt eingesetzt können damit aber durchaus taugliche Ergebnisse erzielt werden.

Abbildung 10 zeigt, dass man mit einem Tilt-Shift-Objektiv eine korrekte Perspektivenkorrektur erreicht. Um dasselbe Resultat mit digitalen Methoden (Photoshop) zu erhalten, sind zwei Arbeitsschritte nötig. Nach dem Entzerren muss auch noch die Höhe korrigiert werden. Ohne Hilfsmittel gibt es jedoch keine direkten Anhaltspunkte, um welchen Betrag das Gebäude in der Höhe gestreckt werden muss.

### 2.2.5 BEEINFLUSSUNG DER SCHÄRFE EBENE (TILT)

Durch Tilten – zu Deutsch «Verschwenken, Kippen, Neigen» – des Linsensystems lässt sich die Schärfenebene gemäss der «Scheimpflugchen Regel» verlagern. Scheimpflug besagt, dass durch das Verschwenken oder Neigen der Optik die Schärfenebene an die gewünschte Objektebene angepasst werden kann. Dadurch wird eine durchgehende Schärfe in einer schiefen Ebene erreicht.

11 Im Vergleich zum Bild links sieht man im rechten Bild den durch Tilten erweiterten Schärfbereich des Objektivs. Fotos: Digital Humanities Lab, Basel.



Beim Tilten wird das Objektiv relativ zum Film respektive zum Sensor geneigt. Dies wird durch einen entsprechenden mechanischen Aufbau der Optik oder durch eine verstellbare Fachkamera ermöglicht.

Gerade bei der Fotografie kleiner Objekte, die sich im Makrobereich befinden, ist das Tilten oft die einzige Methode, das Objekt von vorne bis hinten scharf abzubilden.

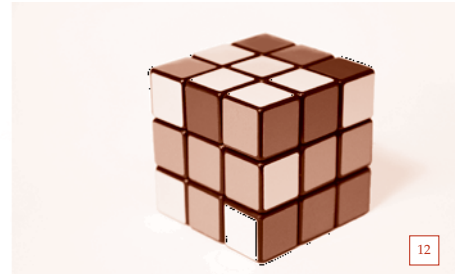
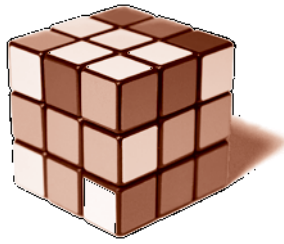
### 2.3 LICHTFÜHRUNG => CHECKLISTE KGS

Um gezielt mit Licht arbeiten zu können, ist es notwendig, einige Grundlagen zu diesem Thema zu kennen. Elektromagnetische Wellen mit einer Wellenlänge im Bereich von 380–720 nm werden als sichtbares Licht bezeichnet. Licht mit einer Wellenlänge um 450 nm erscheint uns blau, solches mit 550 nm grün und Licht mit einer Wellenlänge von etwa 650 nm sehen wir rot. In der Natur kommt Licht mit nur einer einzigen Wellenlänge sehr selten vor. Oft überlagern sich unzählige Wellenlängen zu einem sogenannten Spektrum. In der Praxis ist die wichtigste Lichtquelle die Sonne. Sonnenlicht wird typisch als weisses Licht bezeichnet, da das Spektrum alle Wellenlängen oder Farben etwa gleich stark beinhaltet. Um das Spektrum des Sonnenlichts einfach beschreiben zu können, wird die sogenannte Farbtemperatur verwendet. Die Farbtemperatur leitet sich von der Abstrahlung eines glühenden sogenannten «schwarzen Körpers» ab; «schwarz» weil der Körper kein Licht reflektiert, sondern nur abstrahlt. Das abgestrahlte Spektrum entspricht relativ genau der Wellenlängenverteilung des realen Sonnenlichts. Die Farbe des Tageslichts kann somit durch eine Temperatur angegeben werden. Sonnenlicht zur Mittagszeit kann z.B. näherungsweise mit der Schwarzkörperstrahlung bei einer Temperatur von 5000 K (Kelvin) nachgebildet werden. Dieses Spektrum wird auch D50 genannt, D für daylight und 50 für 5000 K. Die Farbe des Sonnenlichts ist allerdings nicht konstant und sie ändert sich mit der Jahres- und Tageszeit.

Vor allem im Bereich der Gebäudefotografie ist Sonnenlicht meist die einzige praktikable Lichtquelle. Blitzlicht ist bedingt durch die relativ geringe Leistung von Blitzanlagen meist nur für Nah- und Detailaufnahmen geeignet.

Ganz anders ist die Situation bei mobilen Kunstwerken: Dort empfiehlt es sich, wo immer möglich, mit Blitzlicht zu arbeiten, da dieses sowohl farblich als auch bezüglich Leistung konstant und kontrollierbar ist. Wichtig ist allerdings ein Sachverhalt: Die Helligkeit des Lichts nimmt quadratisch mit dem Abstand von der Lichtquelle ab. Das bedeutet, dass Objekte mit einer grossen räumlichen Ausdehnung nur mit mehreren Lichtquellen vernünftig und homogen ausgeleuchtet werden können.

12 Hartes und weiches Licht unterscheiden sich in ihrer Wirkung deutlich. Fotos: Digital Humanities Lab, dhlab, Basel (Quelle: [www.cnet.de](http://www.cnet.de) -> «praxis» -> «Wochenend-Projekt», 10.6.2012).



### 2.3.1 WEICHES UND HARTES LICHT

Je nach Grösse und Beschaffenheit der Lichtquelle und je nach Umgebung resultieren unterschiedliche Schatten. Zeigen Schatten harte Kanten, spricht man von hartem Licht. Sind die Schatten diffus, spricht man von weichem Licht. Je punktförmiger eine Lichtquelle ist, desto härter wirkt das Licht auf das Motiv. Ist eine Lichtquelle gross – z.B. ein sich nah am Motiv befindender Reflektor – spricht man von einer weichen Lichtquelle. Tageslicht ist bei klarem Himmel hart und bei bewölktem Himmel weich.

Hartes Licht bewirkt ein Hervorheben von Oberflächenstrukturen, was wiederum eine plastische Abbildung zur Folge hat; weiches Licht eliminiert Schatten weitgehend, was zu einer flachen Abbildung führt. Welche Lichtart besser geeignet ist, um ein Motiv aufzunehmen, hängt von der Motivbeschaffenheit und der gewünschten Bildaussage ab.

### 2.3.2 MATTE UND GLÄNZENDE OBERFLÄCHEN

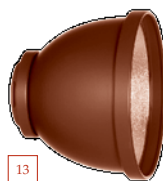
Objekte besitzen unterschiedliche Oberflächen, deren Beschaffenheit das Reflexionsverhalten beeinflusst. Glänzende Oberflächen sind glatt und spiegeln. Matte Oberflächen besitzen eine raue Struktur, wodurch das Licht in alle Raumrichtungen gestreut wird. Man spricht in diesem Zusammenhang von diffuser Reflexion. In der Praxis tritt oft eine Kombination beider Arten von Reflexion auf.

### 2.3.3 LICHTFORMER

Lichtformer sind Hilfsmittel für Blitz- oder Dauerlicht-Anlagen zur Steuerung der Lichtcharakteristik. Man unterscheidet:

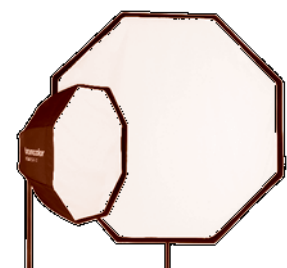
- **Reflektoren:** Ein Reflektor verhindert das unkontrollierte Ausbreiten des Lichts. Er ist im Innern meist weiss oder mit einem glänzenden Metall beschichtet, um ein möglichst hohes Reflexionsmass zu erzielen (Abb. 13).
- **Softboxen:** Softboxen werden auf Reflektoren montiert und erhöhen die Abstrahlfläche der Lichtquelle. Softboxen sind in unterschiedlichen Grössen und Formen erhältlich. Mit Softboxen kann eine weiche Lichtquelle erzeugt werden (Abb. 14).

13 Reflektor. Abb. Quelle: broncolor, Bron Elektronik AG.



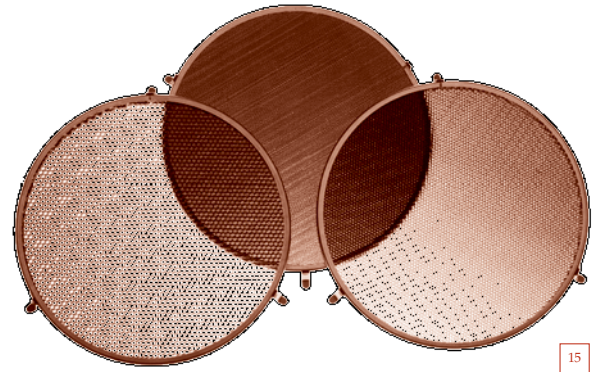
13

14 Softbox. Abb. Quelle: broncolor, Bron Elektronik AG.



14

15 Der Wabenfilter wird in der Regel in einen Reflektor montiert. Abb. Quelle: broncolor, Bron Elektronik AG.



16 Spotvorsatz. Abb. Quelle: broncolor, Bron Elektronik AG.



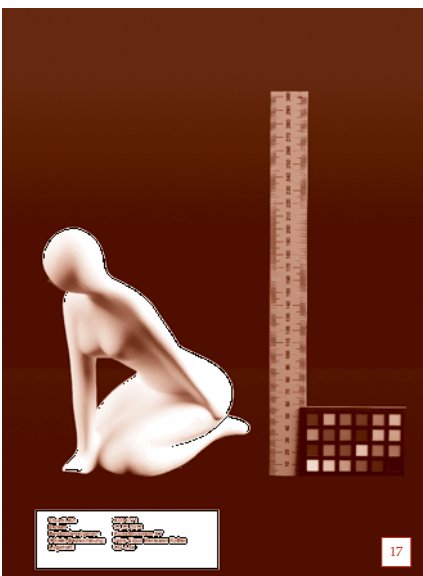
- **Flächenreflektoren:** Ein Flächenreflektor ist eine frei im Raum stehende reflektierende Oberfläche, die das von der Lichtquelle abgestrahlte Licht ablenkt. Styroporplatten sind z.B. geeignete Flächenreflektoren.
- **Wabenfilter:** Dieser Lichtquellenvorsatz vermindert die Streuung des Lichts. Durch die gezielte Ausrichtung des Lichts sorgt der Wabenfilter für eine bessere und detailreichere Ausleuchtung des Motivs (Abb. 15).
- **Abschirmklappen:** Mit diesen Reflektoraufsätzen kann das Licht gezielt abgeschattet werden. Bekannt sind diese schwarzen Blechklappen aus Theater oder Kino.
- **Spotvorsatz:** Ein Spotvorsatz verengt den Lichtkegel, um so eine punktuelle Beleuchtung zu erreichen (Abb. 16).
- **Lichtzelt:** Bei einem Lichtzelt handelt es sich um eine Hülle, die das Motiv vollständig umgibt. In einem Lichtzelt ist eine nahezu schattenfreie Aufnahme eines Motivs möglich.

## 2.4 REPROFOTOGRAFIE

Wenn es um die Reproduktion von flachen Vorlagen wie z.B. Fotografien, Büchern, Plakaten, Plänen oder Gemälden geht, führt ein konventioneller Reproaufbau meist zu den besten Resultaten. Ein solcher Aufbau besteht aus einem robusten Reprorativ mit integriertem Reprotisch und zwei bis vier fix montierten Lichtquellen, welche das Motiv unter einem Winkel von  $45^\circ$  beleuchten. Damit wird eine gleichmässige und reflexfreie Ausleuchtung der Vorlage erreicht.

Wird eine Glasplatte zur Sicherstellung einer guten Planlage der Vorlage verwendet, besteht die Gefahr, dass sich die Kamera auf der Glasplatte spiegelt. Abhilfe schafft eine grosse schwarze Fläche oberhalb der Kamera (z.B. schwarzer Deckenanstrich oder ein grosser schwarzer Karton). Zudem muss darauf geachtet werden, dass die Lichtquellen die Kamera möglichst nicht bescheinen.

Soll eine unebene Oberflächenstruktur, z.B. eine Reliefstruktur, besonders betont werden, so wird das Motiv mit Streiflicht beleuchtet, d. h. das Motiv wird mit nur einer Lichtquelle unter flachem Winkel beschießen.



17 Figur mit Farbreferenz, Objektnummer und Aufnahmedatum. Der Massstab befindet sich direkt entlang der Farbreferenz. Foto: Digital Humanities Lab, Basel.

## 2.5 OBJEKTINFORMATION IM BILD

Zusätzlich zum Motiv selbst müssen diverse Hilfsmittel zur Objektcharakterisierung aufgenommen werden. Typischerweise sind dies:

- Objektnummer;
- Auftrag: Titel der Sammlung, Ort;
- Datum der Aufnahme;
- Massstab (idealerweise ein Wandtafelmassstab);
- Graukarte zum Bestimmen des Weisspunktes oder Graukeil zur Darstellung der unterschiedlichen Tonwerte;
- Farbreferenz z.B. X-Rite ColorChecker 24, qualitativ hochwertiger Grau- oder Farbkeil.

## 2.6 WIE DIE REFERENZEN IM MOTIV PLATZIERT WERDEN UND WORAUF MAN ACHTEN MUSS => CHECKLISTE KGS

- Die unterschiedlichen Referenzen müssen gut sichtbar ins Bild integriert werden, sie dürfen keine Teile des Objekts verdecken. Auf den Referenzen dürfen keine Schatten liegen, sie müssen homogen beleuchtet sein.
- Es dürfen durch die Referenzen keine ungünstigen, das Motiv beeinflussenden Schatten entstehen.
- Die Referenzen dürfen nicht abgeschnitten sein und müssen in einem vernünftigen Grössenverhältnis zum Objekt stehen (kleiner ColorChecker vor 30 m hoher Gebäudefassade bringt nichts).

3 BABS, KGS 2006: Guidelines Nr. 2: Sicherstellungsdokumentation. Primär S. 16–17 bzw. S. 19–21. Bern.

Weiterführende Informationen dazu finden sich in den Sicherstellungsdokumentations-Guidelines, Kapitel 4 (für unbewegliches Kulturgut) und 6 (für bewegliches Kulturgut).<sup>3</sup>

# 3 AUFNAHMETECHNIK I

---

## 3.1 AUSRÜSTUNG: KAMERA, OBJEKTIV & STATIV

---

Nach rund zehn Jahren Digitalfotografie hat sich eine ähnliche funktionale Zuordnung von Kameras und Anwendungszwecken herauskristallisiert, wie sie in der analogen Fotografie üblich war.

Ferien- und Familienbilder werden mit einer Kompaktkamera aufgenommen, für anspruchsvollere Aufgaben greift man zur Spiegelreflexkamera, kurz SLR (Single Lens Reflex). Neu dazu gekommen ist die Mobiltelefon-Fotografie, bei welcher qualitative Aspekte der Aufnahmen in den Hintergrund treten.

Auch wenn Mobiltelefone und Smartphones schon über recht gute integrierte Kameras verfügen, sind sie für Dokumentationszwecke nicht geeignet, da sie über einen viel geringeren Kontrastumfang und eine schlechtere Optik verfügen, als man bei einer SLR vorfindet.

## 3.2 AUFLÖSUNG UND AUSGABEGRÖSSE

---

Im Bereich der professionellen Fotografie führte die Digitaltechnik zu einem deutlichen Zuwachs an Qualität, sodass heute mit dem kleineren (digitalen) Aufnahmeformat dieselbe Bildqualität/Auflösung erreicht wird wie früher mit dem nächstgrösseren analogen Format: Wo früher Mittelformat (Rollfilm) eingesetzt wurde, werden heute vollformatige SLR verwendet; und wo das Grossformat eingesetzt wurde, kommt heute die digitale Mittelformatkamera zum Einsatz. Bis zu welcher Dimension ein Bild einer Kamera vergrössert werden kann, hängt davon ab, wie viele Pixel die Kamera besitzt und welche Anforderungen an das resultierende Bild gestellt werden. Generell kann gesagt werden, dass Kameras mit einer grösseren Anzahl Pixel grössere Ausgabeformate erlauben und die Bilder feinere Details zeigen. Allerdings stimmt dies nur, wenn die verwendete Optik das Auflösungsvermögen des Sensors ausschöpfen kann. Eine oft genannte Grösse ist die Anzahl Bildpunkte pro Inch (dots per inch, dpi).

Je höher die dpi-Zahl, um so feiner ist beispielsweise die Detailwiedergabe eines Ausdrucks. Das aus dem Druck stammende Qualitätsmerkmal von 300 dpi kommt daher, dass als Folge der beschränkten Auflösung der Netzhaut des menschlichen Auges (Retina) bei einem normalen Betrachtungsabstand von ca. 25 cm und einer Auflösung von 300 dpi keine Einzelpunkte mehr zu erkennen sind. Daher stammt auch die heute bei Anzeigegeräten verwendete Bezeichnung des Retinaldisplays. Diese Anzeigegeräte besitzen so feine Pixel, dass diese auch aus geringer Distanz nicht mehr einzeln wahrgenommen werden können.

Die maximal mögliche Bildgrösse für den Druck mit 300 dpi kann mittels nachstehender Formel berechnet werden:

$$4288 \text{ pixel} : 300 \text{ pixel/inch} = 14.3 \text{ inch} = 36 \text{ cm}$$

Megapixel	6	12	18	21	36
Anzahl Pixel X x Y	3000 x 2000	4256 x 2832	5184 x 3456	5616 x 3744	7360 x 4912
300 dpi in Inch	10" x 6.67"	14.2" x 9.44"	17.3" x 11.5"	18.7" x 12.5"	24.5" x 16.4"
300 dpi in cm	25.4 cm x 17 cm	36 cm x 24 cm	44 cm x 29 cm	47.5 cm x 31.7 cm	62.3 cm x 41.6 cm

<sup>18</sup> *Kamera-Auflösungen und die damit verbundene maximale Vergrößerung.*

Die Tabelle 18 zeigt theoretische Werte für die Bildgrösse in Abhängigkeit zur Megapixelzahl. Es darf allerdings nicht direkt von einer hohen Megapixelzahl auf scharfe und kontrastreiche Bilder geschlossen werden. Eine visuelle Beurteilung der Druckqualität ist in jedem Fall zu empfehlen. Nebst der Auflösung muss auch die Farbqualität beurteilt werden.

### 3.3 DIE PIXELGRÖSSE

Die Digitalisierung hat in der Fotografie zu einer Verkleinerung der Geräte geführt. Obschon noch immer technologische Fortschritte gemacht werden, kann die geometrische Grösse einer Kamera nicht beliebig weiter reduziert werden. Es ist auch festzustellen, dass die Grösse des Aufnahmeformats heute wieder eine kritische Grösse geworden ist und die qualitativen Vorteile einer grossen Kamera gegenüber einer kleineren theoretisch und visuell belegbar sind.

In der Frühphase der Digitalfotografie wurde meist ausschliesslich auf die Auflösung, d. h. die Megapixel Zahl, geachtet. Heute wird aus unterschiedlichen Gründen vermehrt der geometrischen Sensorgrösse Beachtung geschenkt. Denn bei der physikalischen Abmessung des Sensors hat das Prinzip «je grösser, desto besser» eine ausgeprägte Gültigkeit.

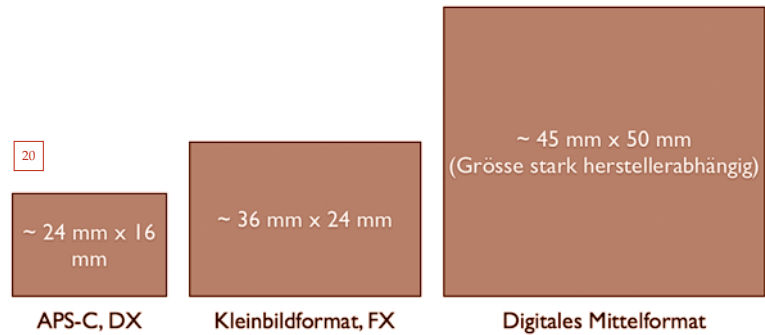
Ein auf Licht empfindlicher Sensor sammelt Lichtteilchen – sogenannte Photonen. Diese Photonen bewirken im Sensor eine elektrische Ladung, die in jedem Pixel in Abhängigkeit vom einfallenden Licht bis zum Auslesen des Bildes gespeichert wird. Die maximale Grösse der speicherbaren Ladung hängt von der Grösse des Pixels ab. Sind die Pixel klein, wird die maximale Ladung schnell erreicht, was gleichbedeutend mit einem geringeren Helligkeitsumfang ist. Mit anderen Worten: Grosse Pixel können höhere Kontraste aufzeichnen. Zusätzlich besitzen Sensoren mit grossen Pixeln eine höhere Lichtempfindlichkeit und zeigen weniger Bildrauschen.

<sup>19</sup> *Haben zwei Kameras die gleiche geometrische Grösse, entscheidet die Sensorgrösse über die Pixelgrösse: Ein grosser Sensor verfügt über grössere Pixel.*

Die Grösse der einzelnen Pixel ist abhängig von der Grösse des gesamten Sensors (Aufnahmeformat) und der Anzahl Pixel. Die Pixelgrösse berechnet sich, indem die geometrische Ausdehnung des Sensors durch die Anzahl Pixel dividiert wird.

Megapixel	18	12	12	36	12
Aufnahmeformat	APS-C	APS-C	Vollformat	Vollformat	Kompakt-kamera
Anzahl Pixel Langseite	5184	4256	4256	7360	4000
Langseite Sensor (mm)	22,3"	22,3	36	36	6.17
Pixelgrösse (µm)	4.3	5.2	8.5	4.9	1.5

<sup>20</sup> *Unterschiedliche Sensorformate im Vergleich. Nur die teuren Kameras besitzen einen Sensor, der bezüglich Grösse dem analogen Kleinbildfilm entspricht. Abbildung: Digital Humanities Lab, Basel.*



### 3.4 APS-C UND VOLLFORMAT

Obwohl sich digitale SLR-Kameras äusserlich kaum von der klassischen SLR mit Film unterscheiden, hat bei den meisten digitalen Kameras eine Formatreduktion stattgefunden. Nur die Kameras im oberen Preissegment verwenden Bildsensoren des klassischen Kleinbildformats mit 24 mm x 36 mm. Solche Kameras werden meist als Vollformatkameras bezeichnet (engl. Full Frame, oft FX abgekürzt).

<sup>21</sup> *Vollformat vs. APS-Format, der Unterschied ist signifikant. Fotos: Digital Humanities Lab, Basel.*



SLR-Kameras der unteren und mittleren Preisklasse verwenden ein halb so grosses Aufnahmeformat, welches APS-C- oder DX-Format (24 mm x 18 mm) genannt wird. Der kleinere Sensor macht die Kameras kleiner, leichter und günstiger. Der Unterschied fällt aber auch bei den Objektiven ins Gewicht. Objektive für ein kleineres Aufnahmeformat können kleiner und günstiger gebaut werden, weil nur ein kleinerer Bildkreis ausgeleuchtet werden muss. Einerseits sind kleinformatige Kameras damit günstiger, andererseits sind sie gegenüber hochpreisigen SLRs qualitativ unterlegen. Darüber hinaus gilt es zu beachten, dass Objektive nur vom grösseren zum kleineren Format kompatibel sind, nicht aber umgekehrt.

*Praxis-Tipp:*

*Verlängerungsfaktor:*

*Verwendet man ein 50 mm-Objektiv an einer APS-C-Kamera, wirkt sich dies wie ein 75 mm-Objektiv aus. Die Brennweiten müssen mit Faktor 1,5 multipliziert werden.*

### 3.5 VERLÄNGERUNGSFAKTOR (CROP FACTOR)

---

Ein Vollformat-Objektiv hat einen Bildkreis, der ein Aufnahmeformat von 24 mm x 36 mm – auch Kleinbildformat genannt – bis in die Ecken ausfüllt. Der kleinere APS-C-Sensor (typisch 24 mm x 16 mm) nimmt hingegen nur einen Bildausschnitt auf. Aus diesem Grund hat die APS-C-Kamera bei gleicher Brennweite des Objektivs einen engeren Bildwinkel. Der Bildwinkel, der mit einer spezifischen Brennweite in Verbindung gebracht wird, stammt aus der analogen Fotografie, in der 24 mm x 36 mm das normale, weit verbreitete Aufnahmeformat darstellte. Wird nun eine solche vollformattaugliche Optik an eine APS-C-Kamera angeschlossen, muss mit einem sogenannten Verlängerungsfaktor (crop factor) der neue Bildwinkel berechnet werden.

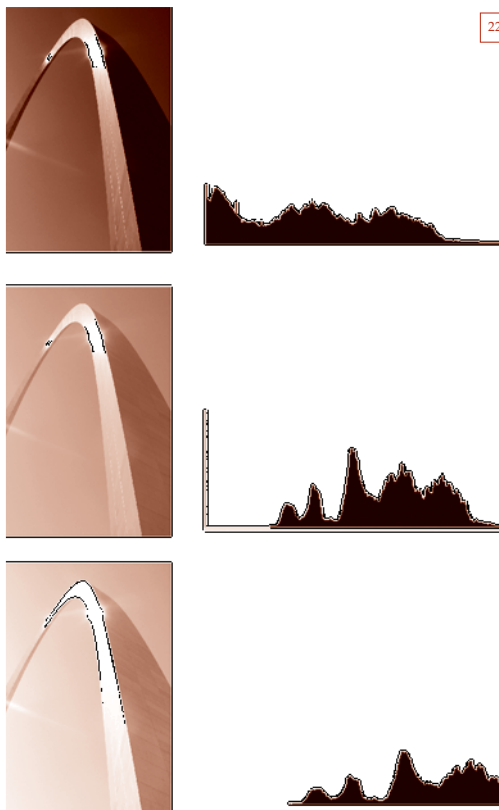
# 4 AUFNAHMETECHNIK II

22 *Histogrammkontrolle mit Bildbeispielen. Fotos: Digital Humanities Lab, Basel.*

*Das Bild oben ist massiv unterbelichtet. Das Histogramm stösst links bei den dunklen Farbtönen an. Man nennt dies auch «Übersteuern».*

*Ein korrekt belichtetes Bild (Mitte) hat ein Histogramm, das einen «Berg» in der Mitte hat und weder links noch rechts anschlägt.*

*Dem Bild (unten) fehlt Bildinformation in den hellen Farbtönen. Dieses Histogramm schlägt rechts an.*



22

In diesem Kapitel werden alle Einstellungen beschrieben, die an der Kamera bei der Objektaufnahme vorgenommen werden. Bei gewissen Themen – wie z.B. der Frage der Dateikompression – wird ein Hintergrundwissen zum besseren Verständnis der Zusammenhänge vermittelt. Ansonsten fokussiert der Text stärker auf die bildwirksamen Einstellungen und vermittelt Handlungswissen.

## 4.1 DIE RICHTIGE BELICHTUNG => CHECKLISTE KGS

Die richtige Belichtung hängt vom Zusammenspiel der drei Werte «Zeit», «Blende» und «Empfindlichkeit» ab. Ein korrekt belichtetes Bild kann die hellsten und dunkelsten im Motiv vorkommenden und als wichtig erachteten Strukturen darstellen. Ein überbelichtetes Bild ist im Mittel zu hell aufgenommen worden, was zur Folge haben kann, dass helle Bildteile ungenügend oder gar nicht mehr differenziert dargestellt werden; die mögliche Dynamik einer Kamera wird so nicht ausgenutzt. Eine unterbelichtete Aufnahme nützt die verfügbare Dynamik ebenfalls nicht aus. In beiden Fällen ist eine unter dem Optimum liegende Tonwertdarstellung die Folge. Moderne Kameras verfügen über zuverlässige Belichtungsautomatiken, sodass diese für die meisten Anwendungen korrekt belichtete Bilder liefern. Ist der

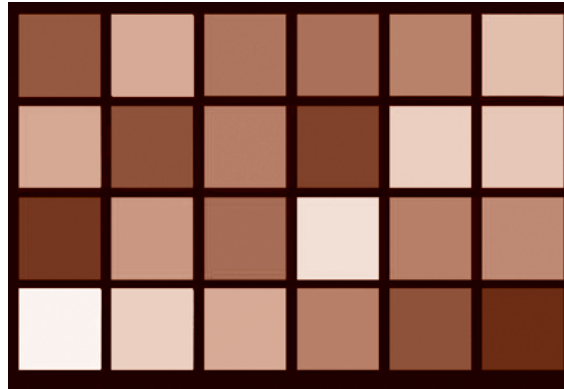
Helligkeitsumfang des Bildes grösser als die Dynamik der Kamera, müssen die dunkeln Stellen aufgehellt werden, z.B. durch einen Aufhellblitz, oder es ist ein Spezialverfahren wie High Dynamic Range (HDR)-Fotografie notwendig. Das wichtigste Werkzeug für die Beurteilung der Belichtung von digitalen Bildern ist das Histogramm.

## 4.2 ARBEITEN MIT DEM HISTOGRAMM

Das Histogramm zeigt die statistische Verteilung der Helligkeit aller Bildpunkte auf einer Achse hell/dunkel. Das Histogramm lässt sich auf den meisten Digitalkameras auf dem Display anzeigen. Es gibt sofort Auskunft darüber, ob ein Bild korrekt belichtet ist.

Wenn der RGB-Wert einer Stelle im Bild angezeigt werden kann, sollte man darauf achten, dass die hellste Stelle des informationsreichsten oder zentralen Bildausschnitts für keine der drei Farben einen Wert höher als 240 (8 bit Skala) aufweist. Sind z.B. Spitzlichter oder sehr helle Reflexe im Bild vorhanden, sind diese in den meisten Fällen als nicht relevant einzustufen und dürfen somit auch einen Farbwert von mehr als 240 aufweisen.

23 Farbreferenzkarte mit Testfeldern. Das weisse Feld links unten darf in einer Aufnahme den Wert von 240 nicht übersteigen. Foto: Digital Humanities Lab, Basel (vgl. auch Abb. 23 in Farbe auf der Rückseite des Heftumschlags).



23

### 4.3 DIE RICHTIGE BLENDE

Die Blende ist eine mechanische Vorrichtung, die den Lichtdurchlass im Objektiv reguliert. Wird die Blende weit geöffnet (tiefe Blendenzahl), trifft viel Licht auf den Sensor und die Belichtungszeit verringert sich. Die Blendenöffnung wirkt sich aber auch auf die Abbildungsleistung des Objektivs aus. Eine offene Blende erzeugt Bilder mit geringer Schärfentiefe, eine geschlossene Blende erzeugt eine grosse Schärfentiefe. Wie gross der tatsächlich scharf abgebildete Bereich ist, hängt auch massgeblich von der Entfernung des Gegenstands zum Kamerastandort sowie der Brennweite ab.

Des Weiteren verfügt man bei geöffneter Blende nicht über die volle optische Leistung eines Objektivs, d. h., dass Schärfe und Helligkeit gegen den Bildrand hin abfallen. Allerdings wird auch von einem Fotografieren bei geschlossener Blende abgeraten. Obwohl damit eine grosse Schärfentiefe erzeugt werden kann, nimmt die Bildschärfe aufgrund von Beugung deutlich ab. Zu kleine Blenden sind bei Kameras mit einem Sensor, der kleiner als oder gleich gross ist wie das Kleinbildformat, zu vermeiden, da dies zu einer generellen Unschärfe durch Beugung führt.

24 Zusammenhang zwischen Blendenzahl und effektiver Öffnung. Foto: Digital Humanities Lab, Basel.



F2.0



F4



F8



F16

24

#### 4.4 DIE SCHÄRFENTIEFE => CHECKLISTE KGS, IF

---

Mit einem optischen System wie z.B. einer Kamera kann prinzipiell nur eine Ebene im Raum scharf auf dem Film/Sensor abgebildet werden. Alles, was vor oder hinter dieser Einstelldistanz vorkommt, wird mit zunehmendem Abstand zu dieser Ebene immer weniger scharf dargestellt. In welcher Distanz sich diese scharf abgebildete Ebene befindet, wird durch die Entfernungseinstellung am Objektiv festgelegt. Da allerdings das menschliche Auge Details nur bis zu einem gewissen Grad auflösen kann, gibt es einen von der Schärfenebene abweichenden Bereich, in dem die Unschärfe so gering ist, dass diese vom Menschen nicht als solche wahrgenommen werden kann; diesen visuellen Schärfbereich nennt man Schärfentiefe. Die Schärfentiefe kann genutzt werden, um Motive mit einer räumlichen Tiefenausdehnung nicht nur in einer Ebene, sondern in einem umfassenderen Bereich scharf abzubilden. Die Schärfentiefe ist abhängig von der Brennweite, der Blendenöffnung, dem Motivabstand sowie dem Aufnahmeformat:

- mit zunehmender Brennweite wird die Schärfentiefe kleiner;
- mit zunehmender Blendenöffnung wird die Schärfentiefe kleiner;
- mit abnehmender Motivdistanz wird die Schärfentiefe kleiner;
- mit zunehmendem Aufnahmeformat wird die Schärfentiefe kleiner.

Das heisst, mit einem Weitwinkelobjektiv mit kurzer Brennweite kann eine grössere Schärfentiefe erreicht werden als mit einem Teleobjektiv.

#### 4.5 LICHTART, WEISSABGLEICH

---

Licht hat immer eine Farbe und diese wird durch das Spektrum des Lichts definiert. Entsprechend unterscheiden sich Tageslicht, Blitzlicht oder Kunstlicht spektral. Dies hat zur Folge, dass sich die Objektfarben je nach Lichtart verändern. Naturgemäss stellt Tageslicht die Referenz dar. Je stärker sich ein Spektrum von demjenigen von Tageslicht unterscheidet, desto unnatürlicher wird die Farbdarstellung einer Kamera. Licht von Fluoreszenzröhren unterscheidet sich spektral massiv von Tageslicht und ist somit als schwierige Lichtart einzustufen.

Das menschliche Auge passt sich automatisch an die unterschiedlichen Lichtquellen an. Dieser Effekt heisst «chromatische Adaption». Funktionieren kann diese automatische Anpassung – der Weissabgleich (engl. Auto White Balance, abgekürzt AWB) – nur, weil wir aus Erfahrung wissen, was in einem Bild weiss ist und wir von vielen Objekten die «korrekte» Motivfarbe intuitiv kennen. Im analogen Film wurde diese Anpassung an unterschiedliche Lichtquellen durch verschiedene Filmtypen für Tageslicht und für Kunstlicht erreicht.

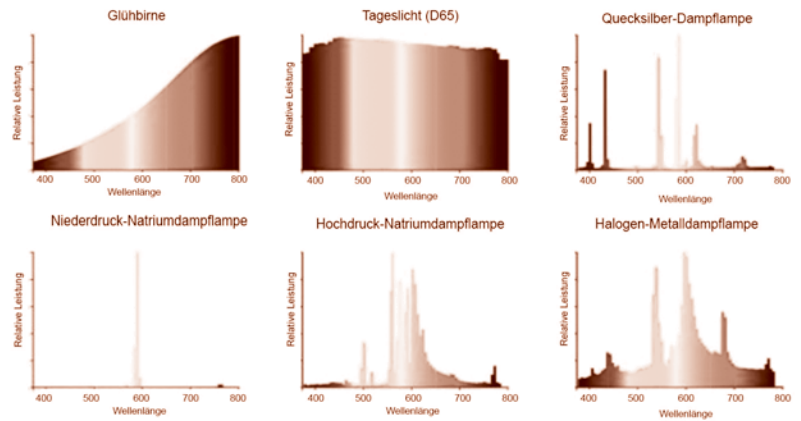


25 *Wird der Weisspunkt nicht korrekt eingestellt, ist eine falsche Farbwiedergabe die Folge (die Abbildungen in Farbe machen dies noch deutlicher, vgl. die Abb. 25 auf der Rückseite des Heftumschlages). Fotos: Digital Humanities Lab, Basel.*

Damit ein Motiv farblich korrekt abgebildet werden kann, müssen die Grundfarben Rot, Grün und Blau so aufgenommen werden, dass eine graue Oberfläche selbst bei rötlichem oder bläulichem Licht als grau dargestellt wird. Eine Digitalkamera kann sich – im Gegensatz zur klassisch analogen Fotografie – an unterschiedliche Lichtquellen anpassen, aber bei schwierigen Motiven funktioniert dies nicht immer gut. Die grosse Herausforderung ist es, herauszufinden, was in einem Motiv überhaupt grau ist. Da eine Kamera das Motiv nicht erkennen kann, ist das eine technisch sehr komplexe Aufgabe, die auch zu Fehlern führen kann (vgl. Abb. 27, nachfolgende Seite).

Funktioniert der automatische Weissabgleich, also das Einstellen der Kamera auf das vorhandene Licht, nicht, muss die Kamera auf die korrekte Lichtart eingestellt werden (Abb. 27). Dies wird als Weissabgleich bezeichnet und bewirkt, dass weisse Materialien weiss und nicht grünlich oder rosa wiedergegeben werden. Der automatische Weissabgleich ist meist als Kamerastandard eingestellt. In dieser Einstellung nimmt die Kamera dem Fotografen die Entscheidung über die Lichtart ab, indem sie über einen Algorithmus die Farbtemperatur des Lichts berechnet. Dieses automatische Ermitteln basiert auf Annahmen und ist keine verlässliche Methode. Der automatische Weissabgleich funktioniert zwar in vielen Fällen gut, kann aber bei schwierigen Motiven oder Lichtquellen versagen. In diesen Fällen ist der manuelle Weissabgleich, z.B. mit Hilfe einer Graukarte, vorzuziehen.

26 *Unterschiedliche Lichtquellen mit verschiedenen Spektren (Quelle: Digital Humanities Lab, Basel).*



26

27 *Typische Kameraeinstellungen für den Weissabgleich (Quelle: Digital Humanities Lab, Basel).*

Displaysymbol	Farbmodus	Farbtemperatur (°K)
	Automatik	~2'800 - 7'500
	Sonnig	~5'300
	Schattig	~7'000
	Bewölkt	~5'000
	Kunstlicht	~3'200
	Fluoreszenzröhre	~4'000
	Blitz	~5'500
<b>K</b>	<b>Manuell</b>	<b>~2'800 - 7'500</b>

27

Die Voreinstellungen, welche die Kameras nebst dem automatischen Weissabgleich bieten, basieren auf groben Schätzungen. Auch das Tageslicht ist über den Tag hinweg nicht konstant, sondern einer kontinuierlichen Schwankung unterworfen.

Um eine Kamera auf eine bestimmte Lichttemperatur zu eichen, gibt es drei Möglichkeiten:

- Man wählt im Kameramenü eine vorprogrammierte Einstellung aus.
- Verwendet man eine Blitzanlage und kennt die Farbtemperatur des Lichts, kann man diesen Kelvin-Wert (z.B. 5500 K) auf der Kamera einstellen.
- Man macht einen manuellen Weissabgleich, indem man eine farblich neutrale, graue oder weisse Fläche unter dem gegebenen Licht fotografiert und die Kamera auf dieses Bild eicht.

Einer der frühen Algorithmen basierte auf der sogenannten «Grey World-Assumption», die zwar bei einem Grossteil der Bilder funktioniert, aber auch schnell zu grossen Abweichungen führen kann. Der Algorithmus enthielt die Prämisse, dass im Mittel alle Farben in einem Bild grau ergeben. Diese Korrektur wird aber bei all jenen Motiven zu schlechten Resultaten führen, bei denen eine bunte Farbe die gesamte Bildfläche dominiert. In diesem Falle interpretiert der «Graue Welt-Algorithmus» dies als Farbstich und der Weisspunkt

wird falsch ermittelt. Wird im RAW-Format fotografiert, ist die Kameraeinstellung des Weisspunktes nicht von Bedeutung, da dieser nachträglich bei der RAW-Bildkonversion korrigiert werden kann.

#### **4.6 FARBRAUM: S RGB UND ADOBE RGB => CHECKLISTE KGS, IF**

---

Digitalkameras haben auf dem lichtempfindlichen Sensor, ähnlich wie das menschliche Auge, drei unterschiedlich empfindliche Bereiche für Licht im roten, grünen und blauen Spektralbereich. Jeder dieser Bereiche misst Farben mit jeweils sehr unterschiedlichen Empfindlichkeiten. Deshalb produzieren Kameras intern Bilder, die vom Menschen als unnatürlich oder falschfarbig wahrgenommen werden. Die Farben solcher Kamerabilder müssen in Bezug zur tatsächlichen Farbe des betroffenen Objekts gebracht werden. Dies geschieht im Normalfall über bereits in die Kamera integrierte Module zur Farbkorrektur oder über eigens dafür hergestellte, sogenannte ICC-Farbprofile, die Bilddaten in einen gewünschten Farbraum (z.B. Adobe RGB) transformieren. Im Falle von Aussenaufnahmen sind die bereits in die Kamera eingebauten Verfahren zur Berechnung der optimalen Farbe die richtige Wahl. Bei Reproaufnahmen kann durch ein eigens dafür hergestelltes Farbprofil eine noch bessere Farbwiedergabe erreicht werden. Allerdings benötigt diese Profilierung Erfahrung im Umgang mit dem sogenannten «Color Management», da Fehler leicht zu einer schlechten Farbwiedergabe führen können.

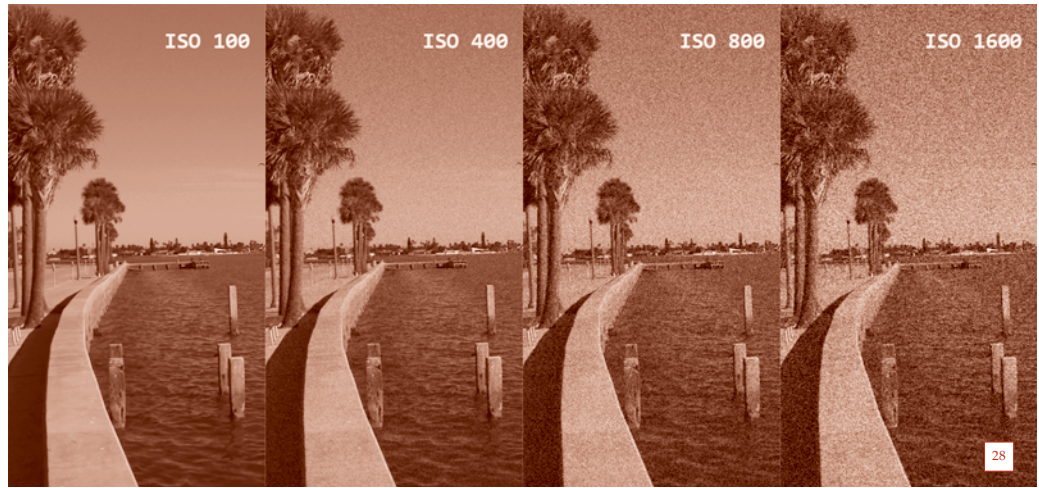
Im Normalfall werden Bilder im s RGB-Farbraum gespeichert. Dieser weit verbreitete Farbraum wird von allen Computersystemen und Bildbearbeitungsprogrammen unterstützt, was ihn komfortabel und sicher macht. Allerdings ist dieser Farbraum eher klein und gestattet z.B. keine Speicherung von sehr satten Farben. Das Verwenden eines grösseren Farbraumes wie z.B. Adobe RGB ist bei sehr farbigen Motiven von Vorteil, bedingt aber, dass für die ganze Bildbearbeitungskette ein korrektes Color-Management betrieben wird. Es ist zu empfehlen, qualitativ hochwertige Digitalisate in einem grossen Farbraum wie Adobe RGB, ProFoto oder WideGamut zu sichern und nur die Nutzdaten im s RGB Farbraum abzulegen.

#### **4.7 ISO-LICHTEMPFFINDLICHKEIT**

---

Die ISO-Lichtempfindlichkeit – früher oft auch mit ASA angegeben – soll immer so tief wie möglich gewählt werden. Da in der Dokumentationsfotografie im Kulturgüterbereich bloss unbewegte Objekte fotografiert werden, ist in jedem Fall das Fotografieren mit einem Stativ zu empfehlen, womit die Belichtungszeit durchaus länger und die ISO-Empfindlichkeit tief sein darf. Einige Kameras verfügen über eine ISO-Automatik. Fotografiert man mit einem Stativ, muss diese deaktiviert werden, da sonst die Kamera, um der Verwackelungsgefahr vorzubeugen, keine langen Belichtungszeiten zulässt, sondern zugunsten kurzer Belichtungszeiten die Empfindlichkeit automatisch erhöht.

28 *Der Empfindlichkeitsvergleich zeigt, dass das Rauschen bei hohen Empfindlichkeiten (ISO-Zahl) zunimmt. Fotos: Digital Humanities Lab, Basel.*



#### 4.8 DYNAMIK ODER TONWERTUMFANG

Die Dynamik oder der Tonwertumfang bezeichnen die Helligkeitsdifferenz zwischen der hellsten und der dunkelsten Stelle im Bild.

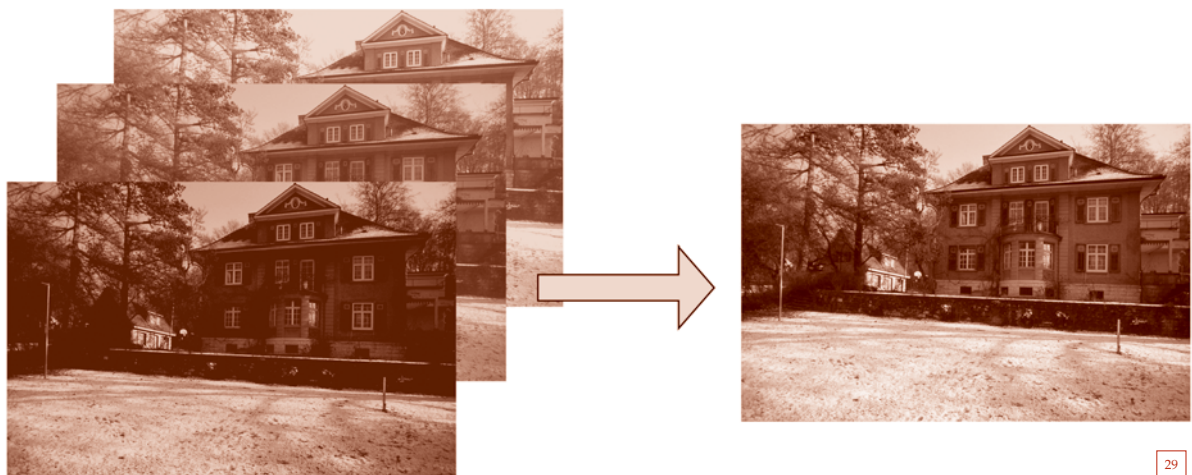
Gewisse Motive besitzen einen höheren Tonwertumfang als die Kamera aufnehmen kann, was dazu führt, dass entweder in den hellsten oder dunkelsten Bildbereichen Bildinformation verloren geht (fehlende Zeichnung).

Hier gilt: Sensoren mit einer geringen Pixeldichte (grosse Sensoren mit relativ geringer Megapixel-Zahl) sind bezüglich Dynamik besser geeignet.

#### 4.9 HDR (HIGH DYNAMIC RANGE)

HDR (High Dynamic Range) bezeichnet in der Fotografie das Übereinanderlegen unterschiedlich belichteter Bilder zur Darstellung hoher Motivkontraste. Vom Motiv werden mehrere unterschiedlich belichtete Aufnahmen hergestellt und die so entstandenen Einzelbilder werden nachträglich rechnerisch zusammengefügt. Von dieser Belichtungsreihe werden jeweils die am besten durchzeichneten, detailreichsten Bildbereiche verwendet. Voraussetzung ist, dass sich weder Motiv noch Kamera zwischen den Aufnahmen bewegen. Das Resultat ist eine Bilddatei, die in ihrem Dynamikumfang so gross ist, dass sie alle Motivdetails speichern und darstellen kann. Um die Vor-

29 *Aus unterschiedlich belichteten Aufnahmen wird ein neues Bild gerechnet. Erkennbar ist die gute Durchzeichnung in den Schatten sowie die gut erkennbare Landschaft im Fenster. Fotos: Digital Humanities Lab, Basel.*



teile der HDR-Technik optimal nutzen zu können, ist entsprechende Erfahrung notwendig. In den meisten Fällen kann ein grosser Motivkontrast allerdings auch durch eine gute Ausleuchtung bewältigt werden. Schatten können mit grossen weissen Reflektoren oder mit zusätzlichen Lichtquellen aufgehellt werden.

#### **4.10 KOMPRESSION**

---

Digitale Bilder sind bezüglich der entstehenden Datenmenge um ein Vielfaches grösser als z.B. digitaler Text. Ein mit 12 Megapixeln aufgenommenes Bild, welches als 16 bit-TIFF gespeichert wird, verursacht beispielsweise eine Datenmenge von bis zu 72 MByte. Bei grossen Bildmengen macht ein solches Datenvolumen den Datentransfer träge und die nachhaltige Archivierung wird proportional zum Datenvolumen teurer.

Kompressionsverfahren dienen dazu, die effektive Datenmenge zu reduzieren. Trotz laufend schneller werdender Netzwerke und grösserer Speicherkapazitäten ist die Kompression von Daten eine wichtige Methode, um die Datentransferzeiten und den benötigten Speicherplatz im Rahmen zu halten. Parallel zur Weiterentwicklung von Speicher- und Computertechnologien nimmt die Auflösung bei Kamerasystemen weiter zu und digitale Bilder sind heute so voluminös wie nie zuvor. Hinsichtlich Datenkompression gibt es drei Vorgehensweisen, welche sich grundsätzlich unterscheiden:

##### **4.10.1 BILDDATEN OHNE KOMPRESSION**

---

In diesem Fall werden die Bilddaten nicht modifiziert. Die massgebende Entscheidung liegt hier nur in der Wahl der Auflösung einer Kamera. Wird eine Kamera mit 12 Megapixeln anstelle eines 16 Megapixelsensors eingesetzt, kann dies im Prinzip als Datenkompression angesehen werden, da durch die geringere Auflösung weniger Bildinformation aufgenommen wird und man dadurch weniger Datenvolumen erzeugt.

##### **4.10.2 BILDDATEN MIT VERLUSTLOSER KOMPRESSION**

---

Hierbei wird das Datenvolumen reduziert, indem die Daten quasi dichter gepackt werden, ohne jedoch den Informationsgehalt zu verringern. Dies erlaubt es, das Original aus den komprimierten Daten wieder vollständig herzustellen (z.B.: LZW-Kompression von TIFF-Dateien, lossless JPEG2000, lossless PNG). In die Kategorie der verlustlosen Kompression gehört etwa auch das bekannte ZIP-Verfahren, bei dem das wiederholte Auftauchen gleicher Datenmuster als Redundanz erkannt und eliminiert wird. Um das Verfahren der Elimination von Redundanz besser verstehen zu können, hilft folgendes Beispiel: Ein Bildausschnitt mit 10 nebeneinanderliegenden, identischen Farbwerten kann entweder durch zehnfache Nennung der

Farbwerte oder durch eine einfache Nennung des Farbwertes mit dem Zusatz der Häufigkeit dargestellt werden. Der erste Fall benötigt zehn Speicherworte, der zweite nur zwei, also fünfmal weniger. In der Praxis können mit solchen Verfahren durchschnittliche Datenreduktionen um den Faktor zwei bis drei erreicht werden.

#### 4.10.3 VERLUSTBEHAFTETE KOMPRESSION

Bei diesem Kompressionsverfahren wird durch einen Algorithmus Bildinformation, die visuell als nicht relevant erachtet wird, gelöscht (Bsp.: JPG, lossy JPEG2000). Das heisst, je nach Einstellung der Kompressionsstärke werden Bilddetails bis zu einem gewissen Grad eliminiert.

Der typische Vertreter dieser Art der Kompression von Bilddaten ist das JPEG-Verfahren. Bei diesem Verfahren wird das Bild in kleine Blöcke mit einer Grösse von 8x8 Pixeln unterteilt, die jeweils unabhängig voneinander behandelt werden. Durch dieses blockweise Vorgehen können an den Blockrändern in Abhängigkeit von der Kompressionsrate Artefakte entstehen (Abb. 30). Aus diesem Grund wird JPEG nur als Format für die Nutzung und nicht für die Archivierung oder als digitaler Master empfohlen.

#### 4.11 FORMATKONVERSION / FARBRAUMKONVERSION

Digitale Bilddaten können in verschiedene Datenformate transformiert werden. Es gibt allerdings bei der Umwandlung wichtige Punkte zu beachten: Eine Umwandlung ist nur sinnvoll, wenn das Ausgangsformat eine höhere Qualität als das Zielformat besitzt. Folgende Parameter sind zu beachten:

<sup>30</sup> *Typische Block-Artefakte, wie sie durch die JPEG-Kompression erzeugt werden. Fotos: Digital Humanities Lab, Basel (vgl. auch Abb. 30 in Farbe auf der Rückseite des Heftumschlags).*

- **Auflösung:** Ein kleineres Bild in ein grösseres zu transformieren (d.h. die Pixelzahl zu erhöhen) bringt keine qualitativen Vorteile. Lediglich das Bilddatenvolumen wird grösser, die eigentliche Bildqualität bleibt aber gleich.



- **Farbraum:** Wird ein grosser Farbraum in einen kleineren transformiert, ist auf ein korrektes «gamut mapping» zu achten. Das heisst, im Zielfarbraum nicht mehr vorkommende Farben müssen durch visuell möglichst korrekt erscheinende und im Zielfarbraum vorkommende Farben ersetzt werden.

Eine Rücktransformation ist grundsätzlich nicht mehr möglich, da die entsprechende Farbinformation verloren geht.

- **Quantisierung:** Werden z.B. 16 bit RGB-Bilddaten auf 8 bit Quantisierungstiefe reduziert, nimmt die Feinheit der Farbabstufung ab. Eine Quantisierungstiefe von 16 bit entspricht 65'536 Stufen, eine Quantisierungsstufe von 8 bit lediglich 256 Stufen. Auch wenn der visuelle Unterschied nicht unmittelbar wahrgenommen wird, so ist die Nachbearbeitbarkeit der Bilddaten mit 8 bit Quantisierungstiefe beträchtlich eingeschränkt.

**Wichtig:** Bei verlustbehaftet komprimierten Datenformaten kann ein mehrfaches Öffnen/Modifizieren/Schliessen mit einer stetig abnehmenden Bildqualität verbunden sein.

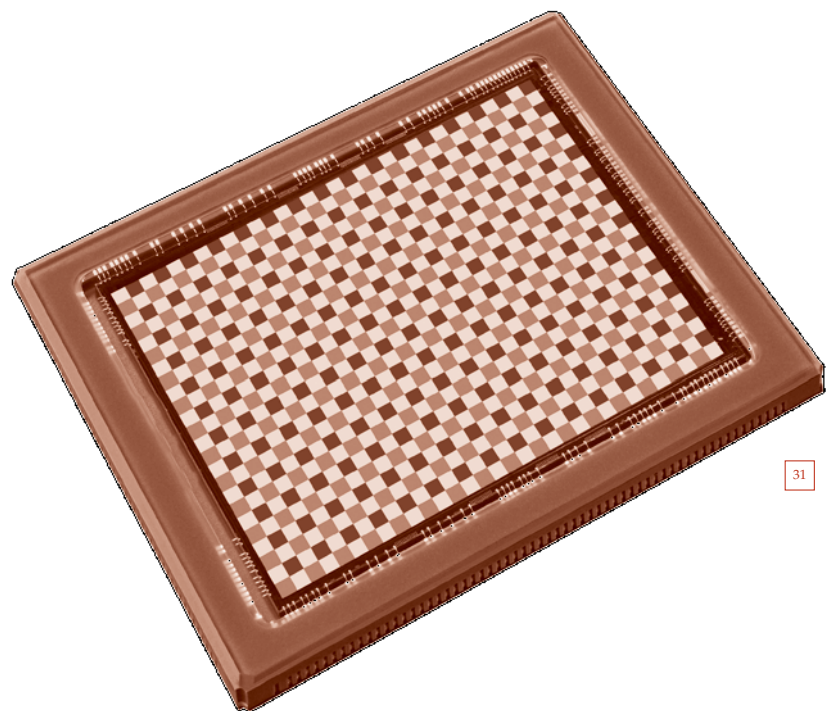
Generell gilt die Aussage, dass durch rechnerische Massnahmen keine neue Bildinformation gewonnen werden kann. Aus diesem Grund ist es wichtig, von Beginn weg eine möglichst hohe Bildqualität zu erzeugen und diese – im Rahmen der weiteren Bildbehandlung – möglichst lange beizubehalten. Diese Überlegungen sind auch bei der Auswahl eines geeigneten digitalen Masterformats zu berücksichtigen.

# 5 WIE DIGITALE

## BILDDATEIEN ENTSTEHEN

Ein ganz wesentlicher Unterschied zwischen der analogen und der digitalen Fotografie liegt in der Speicherung des Bildes. Analoges Film ist lichtempfindlicher Sensor und Speichereinheit zugleich. Das fotografierte Bild wird dementsprechend bei der Aufnahme auf dem Filmmaterial gesichert – zunächst als latentes und nach der Entwicklung als visuell erkennbares Abbild des Motivs in Form z.B. eines negativen Silberbildes. Im Digitalen ist dies anders: Der lichtempfindliche CCD- oder CMOS-Sensor reagiert auf die Einwirkung von Licht durch eine proportionale elektrische Ladung (Spannung), die in jedem Pixel gespeichert und danach ausgelesen wird. Die so ausgelesenen Bilddaten werden dann via Buffer-Speicher auf eine Speicherkarte geschrieben.

Physikalisch gesehen wird beim elektronischen Sensor pro Bildpunkt (Pixel) die Intensität des Lichts gemessen, wobei dieser Wert zunächst als elektrische Ladung vorliegt und danach als digitaler Code gesichert wird. Um ein Farbbild darstellen zu können, müssen von jedem Bildpunkt die Intensitäten der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau bekannt sein. Diese drei Farben dienen als Grundlage für die Farbmischung, anhand derer die Motivfarben nachgebildet werden. Im Gegensatz zu analogem Film wird heute bei den meisten Digitalkameras die effektive Lichtmenge für Rot, Grün und Blau nicht an jedem Ort bestimmt, sondern zeilen- und spaltenweise versetzt gemessen (Abb. 31). Diese Anordnung der Farbmessung nennt man Bayermatrix oder Color-Filter-Array (CFA). Die effektive Farbe muss nachträglich rechnerisch für jeden Bildpunkt bestimmt werden. Dieser Prozess wird Farbbinterpolation oder Debayering genannt. Aufgrund dieses



31 Die Bayermatrix, ein Farbfilter zum Messen von Farbe. Foto: Digital Humanities Lab, Basel (vgl. auch Abb. 31 in Farbe auf der Rückseite des Heftumschlages).

- 4 [www.alternatiff.com/resources/TIFF6.pdf](http://www.alternatiff.com/resources/TIFF6.pdf), 10.6.2012.
- 5 Weitere Informationen zu diesem Thema finden sich in den *Metadaten-Guidelines (BABS, KGS 2008: Metadaten bei stehenden digitalen Bildern. KGS Guidelines 3/2008. Bern)*.

Verfahrens ist die effektive Auflösung eines Sensors geringer als die effektiv zur Verfügung stehende Anzahl Pixel. Wie die einzelnen Kamerahersteller diese Farbbinterpolation durchführen, ist ein streng gehütetes Firmengeheimnis. Es ist eine der ausschlaggebenden Komponenten für die Bildqualität einer Digitalkamera. Diese nachteilige Farbbinterpolation lässt sich nur vermeiden, indem entweder mehrere Aufnahmen desselben Motivs (Multi Shot) oder Kameras mit drei Sensoren (3CCD) verwendet werden. Die weiter unten dargestellten RAW- und DNG-Formate speichern die effektiv durch den Sensor gemessenen Intensitätswerte, aber noch kein fertiges Farbbild. Dieses wird erst in einem zweiten Schritt berechnet.

Die mit dem Sensor gemessenen Helligkeiten werden im Digitalen durch diskrete Werte repräsentiert. Diskret bedeutet, dass lediglich eine abzählbare Menge von Werten existiert und nicht eine unendliche wie bei analogen Werten. Bei einem Farbbild sind dies pro Pixel die drei Zahlen für die Farbkomponenten Rot, Grün und Blau. Diese besitzen, je nachdem ob es sich um 8 bit oder 16 bit Daten handelt, eine Feinheit von 256 oder 65'536 Stufen. Diese Information wird im Computer als binäre Information verarbeitet, also als eine Reihenfolge von «0»- und «1»-Werten.

Wichtig ist, dass sich solche «Bild»-Daten prinzipiell nicht von Ton- oder Textdaten unterscheiden. Was durch einen binären Code dargestellt werden soll, muss durch die entsprechende Zusatzinformation (Metadaten) definiert werden, da sonst ein korrektes Interpretieren der Daten nicht möglich ist. Diese zusätzlich notwendige Metainformation wird durch das Dateiformat bestimmt. Eine exakte Darstellung der Definition eines Datenformates einer Bilddatei würde den Rahmen dieses Dokuments bei Weitem sprengen. Die komplette Dokumentation des TIFF-Standards<sup>4</sup> umfasst beispielsweise ca. 120 Seiten Text.

## 5.1 BILDFORMATE

Welches Bildformat verwendet wird, hängt von der Anwendung ab. Bilder im JPEG-Format sind geeignet für die Verbreitung per Internet, da sie eine hohe Datenkompression erlauben und von nahezu allen Programmen gelesen werden können. Wenn es um qualitativ hochwertige digitale Bilder – oft Masterfiles genannt – geht, so sind Datenformate ohne oder mit verlustloser Kompression, z.B. DNG, RAW, TIFF oder lossless JPEG2000, zu verwenden. Diese Bildformate erlauben eine optimale Weiterverarbeitung der Bilddaten.

Im Folgenden werden die wichtigsten Bilddatenformate kurz vorgestellt.<sup>5</sup>

### 5.1.1 TIFF

TIFF (Tagged Image File Format) ist ein weit verbreiteter und bewährter Standard für Bilder, die professionellen Ansprüchen genügen sol-

len. Es ist ein sehr flexibles Datenformat. TIFF-Bilder können unterschiedliche Bildebenen (Layer) enthalten, sie unterstützen Helligkeitsabstufungen mit 8, 16 und 32 bit pro Farbkanal, und es können damit auch transparente Bildbereiche gespeichert werden. Da TIFF ein offener, gut dokumentierter Standard ist und dieses Format zudem eine weite Verbreitung besitzt, ist die Archivtauglichkeit als hervorragend zu bezeichnen. Nachteilig sind der grosse Speicherbedarf und die eher einfachen, integrierten Verfahren zur Datenkompression (LZW und JPEG).

Folgende Eigenschaften sind hervorzuheben:

- TIFF kann ohne Kompression, mit verlustloser (LZW, ZIP) sowie mit verlustbehafteter Kompression (JPEG) verwendet werden.
- TIFF unterstützt auch 16 bit-Farbabstufung pro Kanal.
- TIFF ist ein offengelegter, gut dokumentierter und weit verbreiteter Standard.
- TIFF ist für die digitale Archivierung geeignet.
- TIFF kann als Masterfile verwendet werden.

### 5.1.2 JPEG

Bei der Entwicklung von JPEG (Joint Photographic Experts Group) standen eine gute Bildqualität und eine möglichst kleine Dateigrösse im Vordergrund. Die früher eher bescheidenen Geschwindigkeiten im Internet liessen einen effizienten Transfer von in Webseiten integrierten TIFF-Bildern nicht zu. Aus diesem Grund war ein hochkomprimierendes und dennoch visuell nicht zu stark veränderndes Datenformat notwendig geworden. JPEG modifiziert die Bildinhalte zugunsten einer besseren Kompressionsrate, was wiederum zu visuellen Artefakten führen kann (Abb. 30, S. 34). Mit JPEG können weder Bilddaten mit 16 bit pro Kanal noch unterschiedliche Bildebenen gespeichert werden. Die Datenmenge wird vor allem durch eine geschickte Darstellung der Farben sowie durch das Weglassen von visuell als irrelevant erachteten Bildteilen niedrig gehalten. Auch JPEG ist bezüglich Nachhaltigkeit ein Format, welches – nicht zuletzt aufgrund der weiten Verbreitung – nicht so schnell wieder verschwinden wird. Allerdings ist JPEG aufgrund der limitierten Bildqualität nicht als Archivformat geeignet.

Folgende Eigenschaften sind hervorzuheben:

- Der Kompressionsgrad von JPEG kann gewählt werden. Bei stärkerer Kompression sind Artefakte deutlich sichtbar (Blockstrukturen).
- JPEG unterstützt keine kompressionslose Datenspeicherung.

- JPEG unterstützt nur eine Farbabstufung von 8 bit pro Kanal.
- JPEG ist ein gut dokumentierter und weit verbreiteter Standard.
- JPEG ist für die digitale Archivierung nicht geeignet.
- JPEG wird hauptsächlich als Format zur Verbreitung (Dissemination) verwendet.

### 5.1.3 JPEG2000

JPEG2000 (Joint Photographic Experts Group 2000) ist ein modernes Dateiformat, welches ähnlich wie TIFF Helligkeitsabstufungen mit 8 und 16 bit pro Farbkanal und auch transparente Bildbereiche speichern kann. JPEG2000 verwendet im Gegensatz zu JPEG ein wesentlich ausgeklügelteres und komplexeres Verfahren zur Datenkompression (Wavelets). Diese moderne Art zur Datenkompression erzeugt im Falle der verlustlosen Kompression keine störenden Artefakte. Typische Kompressionsraten im verlustlosen Fall liegen bei einem Faktor von ungefähr zwei bis drei. Sind höhere Kompressionsraten gefordert, so führt dies auch bei JPEG2000 zu einer Verschlechterung der Bildqualität. Um JPEG2000 Bilder zu verarbeiten ist eine erhebliche Rechnerleistung notwendig. Aus diesem Grund sind heute noch praktisch keine Kameras erhältlich, die direkt ein JPEG2000 Bild speichern. JPEG2000 ist zwar noch nicht weit verbreitet, aber es ist bereits heute im digitalen Kino ein verlässlicher Standard geworden. Zudem ist auch JPEG2000 gut dokumentiert, was auch in diesem Falle zu einer hohen Archivtauglichkeit führt.

Folgende Eigenschaften sind hervorzuheben:

- JPEG2000 kann mit verlustloser sowie mit verlustbehafteter Kompression (Wavelet) verwendet werden.
- JPEG2000 unterstützt auch eine Farbabstufung von 16 bit pro Kanal.
- JPEG2000 ist ein offengelegter, gut dokumentierter, aber noch nicht weit verbreiteter Standard.
- Das Dateiformat JPEG2000 ist für die digitale Archivierung geeignet. Lossless JPEG2000 kann als Masterfile verwendet werden.

### 5.1.4 DNG

Adobe brachte 2004 mit dem Digital Negative (DNG) ein qualitativ hochwertiges Rohdatenformat zur Archivierung von digitalen Bildern auf den Markt. Die Absicht dahinter war, dass die verschiedenen Kamerahersteller, von denen die meisten ein proprietäres RAW-Format zur Verfügung stellen, sich auf einen gemeinsamen Standard einigen sollten, um so die Nachhaltigkeit eines Rohdatenformats

sicherzustellen. Rohdaten heisst in diesem Zusammenhang, dass die Bildinformation ohne wesentliche Nachbearbeitung und ohne Farbinterpolation gesichert wird. DNG ist ein offener Standard, was bedeutet, dass der Aufbau und die Funktionsweise des Datenformates dokumentiert und zugänglich sind. Dies ist Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Langzeitarchivierung. Leider konnte sich dieser Formatstandard in der Fotografie noch nicht durchsetzen.

Folgende Eigenschaften sind hervorzuheben:

- DNG kann mit verlustloser Kompression verwendet werden.
- DNG unterstützt auch eine Farbabstufung von 16 bit pro Kanal.
- DNG ist ein offengelegter, gut dokumentierter, aber noch nicht weit verbreiteter Standard.
- Das Dateiformat DNG ist für die digitale Archivierung geeignet.
- DNG kann als Masterfile verwendet werden.

#### 5.1.5 RAW

RAW-Formate (CR2, NEF, RAW usw.) und RAW-Dateien (Rohdaten) beinhalten ebenso wie das Format DNG weitgehend unverarbeitete Sensordaten. Rawdaten besitzen je nach Kamerahersteller ein unterschiedliches Format. Diese Formate sind proprietär, also herstellerabhängig und aus diesem Grund nicht für die langfristige Speicherung geeignet. Rawdaten stellen – ähnlich wie DNGs – kein fertiges Bild dar, sondern dienen als Ausgangslage für die weitere Bildeinstellung. Solche Bildeinstellungen sind z.B.:

- Belichtungskorrektur,
- Scharfzeichnung,
- Tonwertkorrektur,
- Farbsättigung,
- Weissabgleich,
- Anpassung der Gradationskurve.

Die Formate RAW und auch DNG entsprechen dem fotografischen Negativ im Analogen. Daraus wird erst in einem zweiten Prozess, dem Vergrössern, ein fertiges Bild erzeugt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen DNG und RAW liegt u.a. in der Art und Weise der Speicherung der Metadaten. Während bei RAW-Formaten ein zusätzliches XMP-Metadatenfile (Extensible Metadata Plattform) erzeugt wird, sind bei DNG-Dateien diese Zusatzinformationen integriert. Diese Metadaten beinhalten beispielsweise Informationen zur Farb-

interpolation und zum Weissabgleich. Das Speichern von Bildern als DNG oder RAW führt zu einer kleinen qualitativen Verbesserung der Bildqualität, ist aber komplexer in der späteren Verarbeitung. Werden Rohdatenbilder falsch bearbeitet, sind zum Teil grosse Qualitätsverluste im Bereich der Farbwiedergabe die Folge.

Folgende Eigenschaften sind hervorzuheben:

- Einige RAW-Formate unterstützen die verlustlose Daten-Kompression.
- RAW besitzt eine Farbabstufung von 16 bit pro Kanal.
- RAW-Formate sind herstellerabhängig und nur selten gut dokumentiert.
- RAW ist für die digitale Archivierung ungeeignet.
- RAW-Formate sollten nicht als Masterfile verwendet werden, da sie keinem einheitlichen Standard entsprechen und meist nicht offengelegt sind.

# 6 ABBILDUNGSLEISTUNG

---

Digitale Sensoren sind im Vergleich zu analogen Kamerasystemen kleiner geworden und verfügen über sehr hohe Pixeldichten. Dies hat zur Folge, dass die Qualitätsanforderungen an die optische Leistung der Objektivs massiv gestiegen sind. Zudem sind elektronische Sensoren anders aufgebaut als analoger Film, was einen zusätzlichen Einfluss auf die Konstruktion der Objektivs hat. Hinzu kommt, dass moderne Objektivs elektronisch gesteuert werden. Die augenfälligste damit verbundene Neuerung ist das Verschwinden des Blendenrings, also der mechanischen Verstellmöglichkeit der Blendenöffnung am Objektiv. Die Blende wird heute über ein Einstellrad an der Kamera verstellt und der entsprechende Wert elektronisch an das Objektiv übertragen.

*Praxistipp:*

*So kann die Schärfe bei der Aufnahme optimiert werden:*

- *die Kamera auf einem robustem Stativ befestigen;*
- *die Blende nicht mehr als drei Stufen schliessen;*
- *die Sonnenblende auf das Objektiv montieren, dies reduziert Streulicht;*
- *die Lichtführung optimieren und Gegenlicht eliminieren;*
- *den eingebauten Kameraspiegel vorauslösen und einen Fernauslöser verwenden, um Vibrationen zu vermeiden.*

Welche Eigenschaften hat ein für die Dokumentationsfotografie ideales Objektiv?

- Sehr hohe und möglichst konstante Schärfe von der Bildmitte bis an den Bildrand;
- geringe Verzeichnung;
- möglichst geringe Vignettierung (Lichtabfall gegen den Bildrand hin);
- bei Zoomobjektiven: gleichbleibende Abbildungsleistung bei allen Brennweiten;
- hohe Lichtstärke, falls ohne Stativ fotografiert wird.

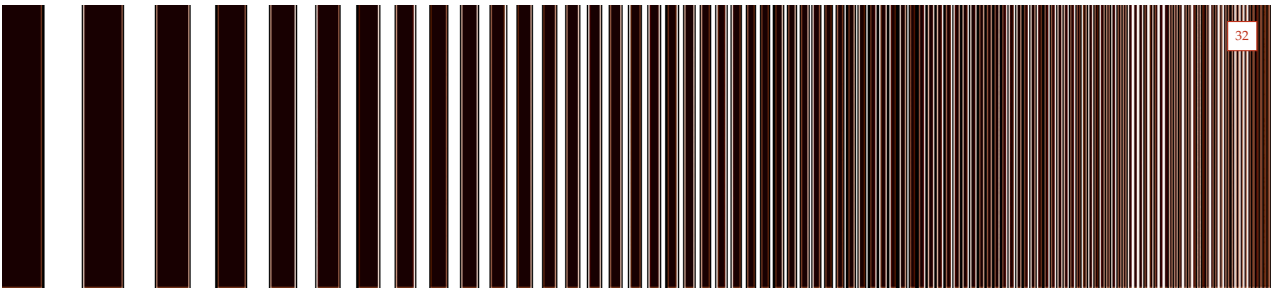
Hinzu kommen, je nach Anwendungsfall, unterschiedliche Anforderungen an Brennweiten und Nahfokussierung (Makro).

## 6.1 SCHÄRFE IN DER DIGITALEN FOTOGRAFIE?

---

Eine zentrale Fragestellung bei digitalen Kamerasystemen ist die nach der «optimalen» Auflösung. Diese Frage ist nicht ganz einfach zu beantworten, da es nebst der Fähigkeit, feine Strukturen aufzunehmen, andere ebenso wichtige Aspekte gibt, die für die visuelle Qualität eines Bildes ausschlaggebend sind. Im Falle von konventionellem Filmmaterial wird die Abbildungsleistung durch die Grösse «Linienpaare/mm (lp/mm)» angegeben. Ein Linienpaar stellt nichts anderes dar, als eine Kombination eines schwarzen und eines weissen Balkens. Werden solche Linienpaare periodisch aneinandergereiht, entsteht eine Art Zebrastrifen. Je nach Breite der Linien finden mehr oder weniger solche Linienpaare in einem Millimeter Platz. Werden die Balken in ihrer Breite immer schmaler, nimmt die Anzahl der Linienpaare pro Millimeter kontinuierlich zu. Ein solches Testmuster ist in Abbildung 32 zu sehen.

Wird ein solches Testmuster mit Film aufgenommen, stellt man fest, dass die Kantenschärfe mit zunehmender Liniendichte kontinuierlich abnimmt (Abb. 32); die Strukturen werden zunehmend verschwom-



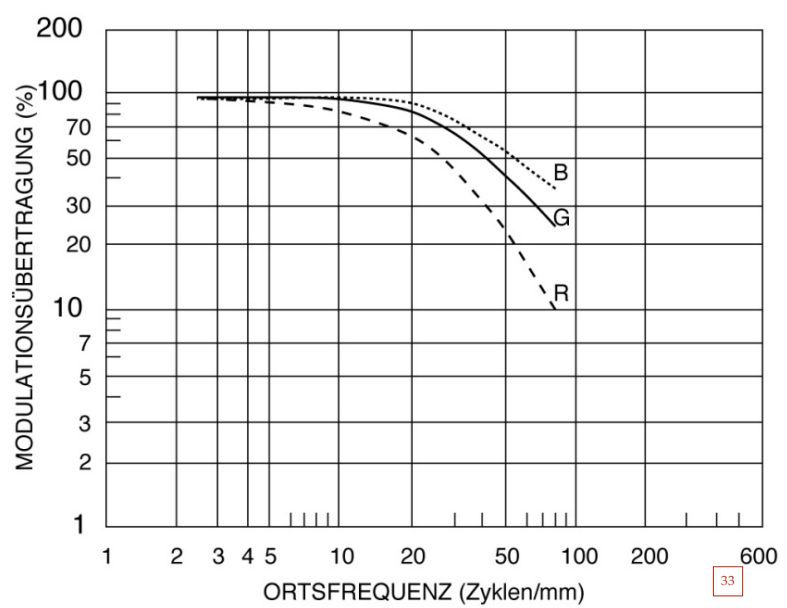
32 Testmuster mit kontinuierlich enger werdenden Linienpaaren. Abbildung: Digital Humanities Lab, Basel.

men dargestellt. Dies hat zur Folge, dass der Kontrast zwischen hell und dunkel mit steigender Liniendichte abnimmt. Film ist also nur bis zu einem gewissen Grad in der Lage, feine Strukturen und deren Kontrast ideal abzubilden. Mit zunehmender Feinheit werden die an sich scharfen, kontrastreichen Strukturen grau in grau dargestellt, bis letztendlich nur noch ein mittleres Grau dargestellt werden kann. Das Abbild ist nun komplett unscharf und jegliche Zeichnung ist verschwunden.

Dieselbe Aussage trifft auch auf Objektive zu. Werden solche Linienpaare mit einem Objektiv abgebildet, wird sich das Abbild gleich verhalten wie die Belichtung auf dem Film: Mit zunehmender Liniendichte werden Kantenschärfe und Kontrast schwächer. Dargestellt wird der Verlauf des sich reduzierenden Kontrastes mittels der Modulations-Transfer-Funktion (MTF), dem gängigen Werkzeug, um die Schärfeleistung technischer Geräte darzustellen. Abbildung 33 zeigt eine typische MTF eines Farbfilmes – gut erkennbar sind die unterschiedlichen Schärfeleistungen der drei Farbstoffschichten. Da es im Analogen keine klare Grenze zwischen scharf und unscharf gibt, wird ein Grenzwert für den minimal verlangten Kontrast festgelegt, bei dem Strukturen deutlich genug unterschieden werden können. Dieser liegt oft bei einem Wert von ca. 20%. Können also auf einem Film 50 lp/mm dargestellt werden, heisst dies in der Praxis, dass ein entsprechend feiner Hell/dunkel-Übergang mit 20% Restkontrast aufgenommen werden kann.

33 Modulations-Transfer-Kurve (MTF) für Farbdiafilm. Bis zu 50 Linienpaare können pro mm aufgelöst werden. (Quelle: Kodak: Professionelle Ektachrome Filme. Technische Daten, Stuttgart/Lausanne, Publikation ohne Datum).

### Modulationsübertragungskurve



CCD- und CMOS-Sensoren verhalten sich bezüglich der maximal möglichen Auflösung etwas anders. Diese bildgebenden Bauteile zeigen keine kontinuierlich abnehmende Schärfeleistung, sondern eher

die Form einer klaren Schwelle, bis zu welcher Strukturen korrekt aufgenommen werden können. Dieses Verhalten ist die Folge der periodischen Pixelstruktur eines elektronischen Sensors. Das Testverfahren, um die Schärfelistung einer digitalen Kamera zu ermitteln, ist prinzipiell aber dasselbe wie beim analogen Film. Es werden Linienpaare mit kontinuierlich zunehmender Dichte aufgenommen und das Kontrastverhalten wird in Abhängigkeit der Linienpaardichte in Form einer MTF dargestellt.

In der Praxis setzt sich die Bildschärfe immer aus der Abbildungsleistung der Optik und des Films oder des Sensors zusammen. Nur wenn eine Optik mit guter Abbildungsleistung verwendet wird, sind scharfe, detailreiche Bilder möglich.

Es stellt sich hier die Frage, welches Medium – Film oder CCD – bezüglich Auflösung besser ist. Ein direkter Vergleich der Auflösungsfähigkeit von analogen und digitalen Kameras vergleichbaren Typs zeigt, dass moderne elektronische Sensoren dem Film mindestens ebenbürtig sind.

Aktuelle Kleinbild-SLR-Kameras besitzen zum Teil mehr als 35 Megapixel. Im Analogen entspricht dieses Auflösungsvermögen in etwa einer Mittelformatkamera mit 6 cm x 6 cm Aufnahmeformat. Hinzu kommt, dass solche Sensoren wesentlich lichtempfindlicher sind als analoger Film – und dies bei bescheidenem elektronischem Rauschen. Bezüglich der Farbwiedergabe ist die Digitaltechnik prinzipbedingt überlegen.

Die limitierende Komponente bei der Bildschärfe ist meist in einer mangelhaften Optik und ungenügender Aufnahmetechnik zu finden.

## **6.2 QUALITÄT DER OPTIK**

Eine Optik besitzt immer Abbildungsfehler. Wie stark diese die Bildqualität beeinflussen, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Hochauflösende Kameras sind zwar in der Lage, sehr feine Motivdetails aufzunehmen, Voraussetzung ist aber, dass die Optik ein solch hochwertiges Bild erzeugen kann. Im Folgenden sind die wichtigsten optischen Fehler eines Objektivs aufgelistet:

### **6.2.1 STREUUNG**

Eine moderne Optik besteht aus mehreren einzelnen Linsenelementen. Durch diesen Aufbau sind Streueffekte die Folge, die z.B. beim Übergang von Luft zu Glas und umgekehrt verursacht werden. Die Lichtstreuung bewirkt einen Kontrastverlust. Dieses Phänomen wird vom Optikhersteller durch den Einsatz von Gläsern mit Antireflex-Vergütung sowie durch einen sorgfältigen optischen Aufbau stark vermindert. Der Einsatz einer Streulichtblende (Sonnenblende) zur Elimination von schräg einfallendem Licht ist sehr zu empfehlen.

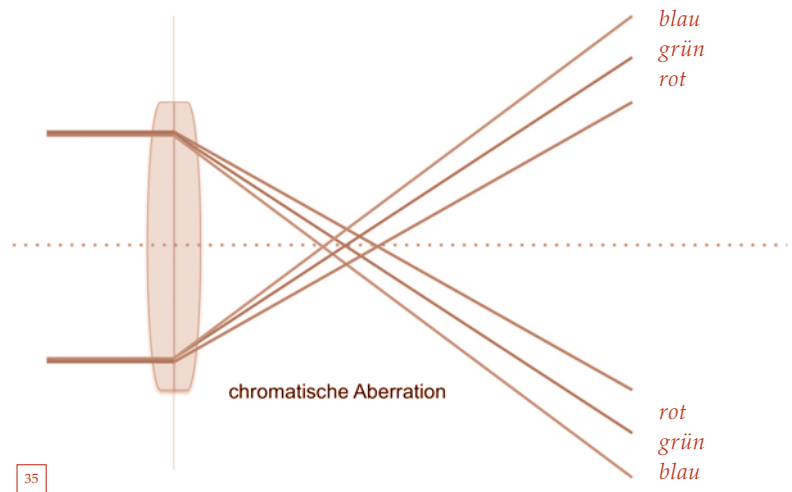
34 Im Bild links wird der Mantel wegen des Streulichts nicht schwarz abgebildet. Streulicht reduziert den Kontrast in den dunkeln Bildpartien. Die Gegenlichtblende eliminiert dieses Artefakt (Bild rechts) weitgehend. Fotos: Digital Humanities Lab, Basel.



### 6.2.2 FARBFehler

In einer Optik werden die Rot-, Grün- und Blauanteile des Lichts nicht gleich stark gebrochen, was Farbsäume zur Folge hat. Dieser Effekt wird als chromatische Aberration bezeichnet. Durch die Kombination unterschiedlicher Glassorten kann dieser Fehler verringert werden. Der Einsatz von teurem Spezialglas reduziert diesen unerwünschten Effekt zusätzlich. Solche Optiken werden mit «Low Dispersion» bezeichnet. Chromatische Aberration wird v. a. bei längeren Brennweiten deutlich sichtbar. Durch Abblenden kann dieser unerwünschte Effekt teilweise reduziert werden. Im Digitalen kann dieser Fehler nach der Aufnahme softwaremässig reduziert werden.

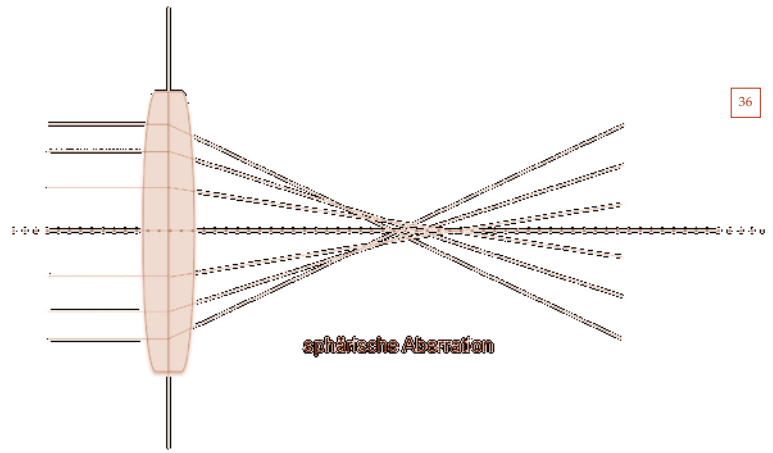
35 Bei der chromatischen Aberration werden die unterschiedlichen Farben nicht im selben Brennpunkt abgebildet. Abbildung: Digital Humanities Lab, Basel (Quelle: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Chromatic\\_aberration\\_convex.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Chromatic_aberration_convex.svg), 10.6.2012).



### 6.2.3 UNSCHÄRFE

Besitzen Optiken eine hohe Lichtstärke und somit eine grosse Öffnung, sind Schärfefehler die Folge. Das kommt daher, dass Lichtstrahlen nach dem Durchgang durch das System nicht die gleiche Schnittweite haben; sie laufen nicht in einem Punkt zusammen. Die einzige Möglichkeit, diesen Fehler zu beheben, ist der Einsatz einer nicht kugelförmigen Linsenoberfläche, einer sogenannten asphärischen Linse. Diese sind in der Herstellung wesentlich teurer als sphärische Linsen. Schärfefehler können durch Abblenden der Optik verringert werden.

36 Beispiel der sphärischen Aberration, bei der sich die Lichtstrahlen nicht im selben Punkt schneiden. Abbildung: Digital Humanities Lab, Basel (Quelle: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d8/Sphaerische\\_Aberration.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d8/Sphaerische_Aberration.svg), 10.6.2012).

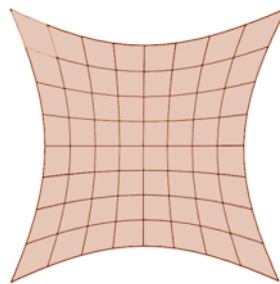


36

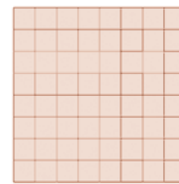
#### 6.2.4 VERZEICHNUNG

Von Verzeichnung wird gesprochen, wenn die Abbildung nicht der Zentralperspektive gehorcht, d.h., wenn gerade Linien gebogen abgebildet werden. Dieser Effekt tritt vor allem bei Zoomobjektiven und starken Weitwinkeln auf. Man unterscheidet die sogenannte kissen- und die tonnenförmige Verzeichnung, je nachdem, ob gerade Linien nach innen oder aussen gebogen sind.

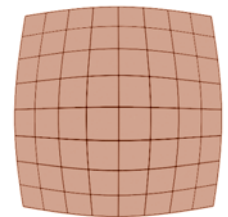
37 Beispiel für die kissen- bzw. die tonnenförmige Verzeichnung von Bildern durch eine mangelhafte Optik. Abbildung: Digital Humanities Lab, Basel (Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Verzeichnung3.png>, 10.6.2012).



Kissenförmige Verzeichnung



Verzeichnungsfreie Abbildung



Tonnenförmige Verzeichnung

37

#### 6.2.5 VIGNETTIERUNG

Als Vignettierung wird in der Fototechnik ein Helligkeitsabfall zum Bildrand hin bezeichnet.

38 Deutliche Vignettierung – also eine Abschattung zum Bildrand – einer Optik. Foto: Digital Humanities Lab, Basel.



38

Dieser Fehler tritt vor allem bei Optiken mit hoher Öffnung und bei Weitwinkel-Objektiven auf. Abblenden hilft, diesen Effekt zu mindern. Im Digitalen können Verzeichnung und Vignettierung durch den nachträglichen Einsatz von Korrekturrechnungen weitgehend eliminiert werden.

### 6.3 ZOOM ODER FESTBRENNWEITE?

Eine Festbrennweite ist konstruktionsbedingt einem Zoomobjektiv überlegen. Allerdings sind durch die computergestützte Konstruktion und die Verwendung hochwertiger neuer Materialien Zoomobjektive von hoher Qualität entstanden. Was die reine Schärfeleistung angeht, sind sie festbrennweitigen Objektiven nahezu ebenbürtig. In puncto Verzeichnung und Lichtstärke sind Festbrennweiten allerdings nach wie vor die erste Wahl.

Von Zoomobjektiven mit extremen Brennweiten-Bereichen wird abgeraten, da diese eine wesentlich schlechtere Bildqualität liefern als hochwertige Zoomobjektive mit einem geringeren Verstellbereich.

<sup>39</sup> *Dreiweg-Stativkopf mit integrierten Libellen-Wasserwaagen. Möchte man mit demselben Stativ auch Repros anfertigen oder kleine Gegenstände fotografieren, kann eine schwenk- oder umkehrbare Mittelsäule dienlich sein. Foto: Digital Humanities Lab, Basel.*

<sup>40</sup> *Stativ mit schwenkbarer Zentralsäule. Foto: Digital Humanities Lab, Basel.*

### 6.4 EINSATZ EINES STATIVS => CHECKLISTE KGS

Ein Stativ ist ein wichtiges Hilfsmittel in der Fotografie. Das Stativ hilft, die Kamera selbst bei langen Belichtungszeiten ruhig zu halten, und es zwingt die fotografierende Person, sich beim Auswählen des Standorts der Kamera Zeit zu nehmen. Das Stativ muss dem Gewicht von Kamera und Objektiv angemessen sein. Eine gewisse Masse hilft zudem Vibrationen zu dämpfen. Für architekturfotografische Zwecke ist beim Stativkopf ein Dreiwegeneiger mit Libellen-Wasserwaagen einem Kugelkopf vorzuziehen.



# 7 AUFNAHMEFEHLER

---

Die typischen und meist auch gravierendsten Aufnahmefehler sind:

- **Überbelichtung:** Ein überbelichtetes Bild hat im Digitalen immer einen unwiederbringlichen Informationsverlust zur Folge. Aus diesem Grund ist stets auf das Histogramm und die richtige Belichtung zu achten.
- **Unterbelichtung:** Massive Unterbelichtung ist generell zu vermeiden. Eine nur geringe Unterbelichtung kann nachträglich durch eine Tonwertkorrektur verbessert werden.
- **Unschärfe:** Ein unscharfes Bild kann nachträglich nicht mehr so geschärft werden, dass die nicht aufgenommene Information wiederhergestellt wird. Durch das digitale Schärfen werden lediglich Kantenkontraste verstärkt.
- **Falscher Weissabgleich:** Werden auf der Kamera JPEG-Bilder gespeichert, kann ein massiv falsch gewählter Weisspunkt nicht mehr korrigiert werden. Im Falle von RAW-Bildern ist dies auch nachträglich noch möglich.
- **Falsche ISO-Einstellung:** Wird trotz genügend Licht eine hohe ISO-Empfindlichkeit eingestellt, hat dies ein übermässiges Bildrauschen zur Folge. Aus diesem Grund ist es wichtig, mit der tiefstmöglichen ISO-Einstellung zu fotografieren. Allerdings ist bei langen Verschlusszeiten auf eine ruhige Kamerahaltung zu achten.

# 8 NACH DER AUFNAHME

---

## 8.1 NACHBEARBEITUNG

---

Was früher die Arbeit in der Dunkelkammer war, ist heute jene am Computer. Moderne Bildbearbeitungsprogramme erlauben eine umfassende Korrektur vieler Aufnahmeunzulänglichkeiten. Die Bildhelligkeit und der Kontrast können genauso angepasst werden wie die Farbbalance, die Sättigung oder der Weisspunkt. Geometrische Korrekturen, z.B. das Entzerren von schiefen Aufnahmen, sind möglich, die Vignettierung einer schlechten Optik kann korrigiert und die Wirkung der Bildschärfe verbessert werden. Auch lokale Verbesserungen wie das Abdunkeln oder das Aufhellen von gewissen Bildbereichen sind möglich, genauso wie dies früher in der Dunkelkammer durch das Abwedeln oder Nachbelichten erreicht werden konnte.

Im Folgenden werden einige wichtige Funktionen erläutert:

### 8.1.1 SCHÄRFEN

---

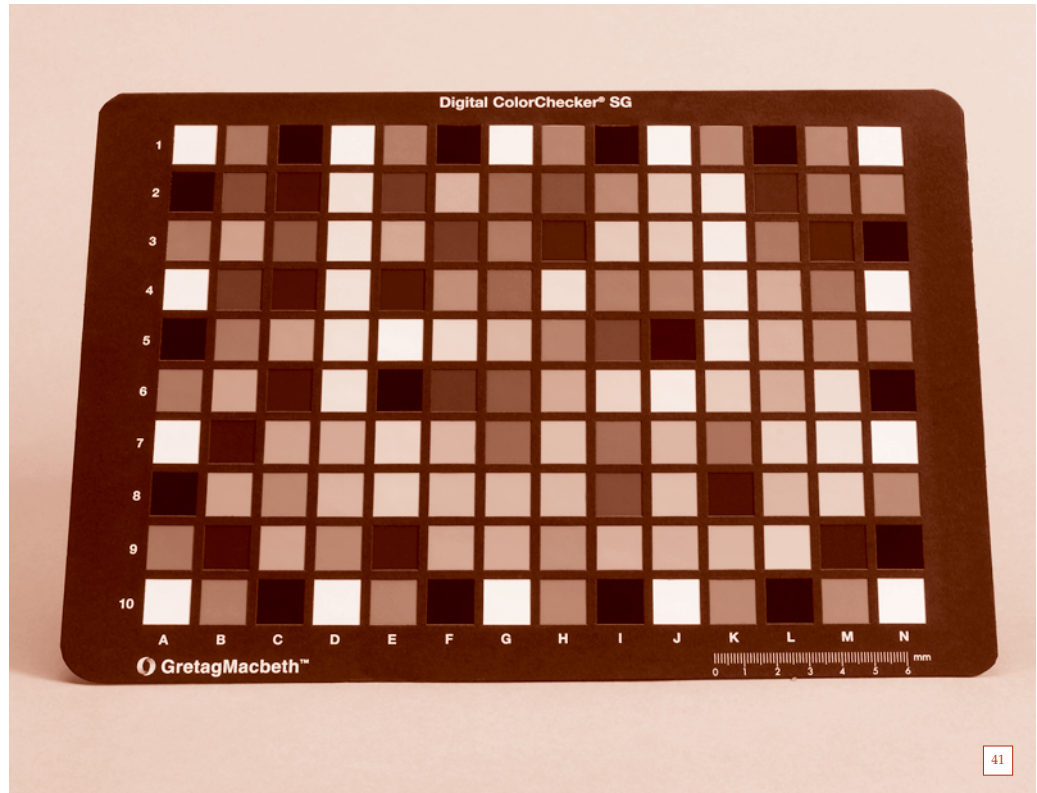
Digitale Bilder werden meist bereits in der Kamera geringfügig geschärft. Der Grad der Schärfung kann in unterschiedlichen Stufen gewählt werden. Eine zu starke kamerainterne Schärfung ist nicht empfehlenswert, da eine kontrollierte nachträgliche, vom Motiv abhängige Schärfung zu besseren Resultaten führt.

Zu starkes Schärfen führt zu einer deutlichen Steigerung der visuellen Sichtbarkeit des Bildrauschens.

### 8.1.2 FARBANPASSUNGEN => CHECKLISTE KGS, IF

---

Im Gegensatz zur analogen Fotografie, in der die Farbe durch das fotografische Material definiert ist, können in der digitalen Fotografie die Bilddaten ganz unterschiedlich interpretiert und in Farbe umgerechnet werden. Wie dies geschieht, ist dem Hersteller der Kamera überlassen. Festzustellen ist hierbei, dass im Bereich der Konsumer-Fotografie nicht auf eine naturgetreue Farbwiedergabe Wert gelegt wird, sondern eher eine übersättigte, bunte Darstellung erwünscht ist. Vor allem im Bereich der Repro-Fotografie, in der es darum geht, Farbvorlagen möglichst exakt fotografisch zu reproduzieren, ist eine entsprechende Farbprofilierung notwendig. Nur wenn die Farbinformation im Bild mit Hilfe einer Referenzkarte (X-Rite Colorchecker, o. ä.) exakt vermessen, in Form eines Farbprofils gespeichert und auf die Bilddaten angewendet wird, ist eine farbrichtige Reproduktion möglich. Bei Aussenaufnahmen ist die Verwendung einer Farbkarte nicht möglich, da sich die Beleuchtung stetig ändert und eine homogene Ausleuchtung des Motivs praktisch nicht möglich ist. Hier muss mit der kamerainternen Farbberechnung Vorlieb genommen werden. Das exakte Bestimmen des Weisspunktes mittels Graukarte wird allerdings auch bei Aussenaufnahmen empfohlen.



41 Farbreferenz-Karte mit ausgemessenen Farbfeldern. Mit einer solchen Karte und der entsprechenden Software können Kameras profiliert und farb­mässig optimiert werden. Foto: Digital Humanities Lab, Basel (vgl. auch Abb. 41 in Farbe auf der Rückseite des Heftumschlags).

### 8.1.3 TONWERTKORREKTUR

Mit der Tonwertkorrektur können die Bildhelligkeit sowie der Kontrast eingestellt werden. Die übliche Standard-Tonwertkorrektur ist die Gammakorrektur, bei welcher die mittleren Helligkeiten angepasst werden, Weiss und Schwarz bleiben unverändert.