

# Digitale Bildforensik

**Digitale Bildforensik** ist eine Teildisziplin der digitalen Multimediaforensik und widmet sich der Untersuchung der Authentizität digitaler Bilder unter anderem zur Gewinnung von Indizien in der Kriminalistik (vgl. Forensik). Bei den meisten in der Praxis relevanten bildforensischen Verfahren handelt es sich um „blinde“ Verfahren, d.h. sie benötigen keinerlei Zugriff auf ein möglicherweise vorhandenes Originalbild, sondern gewinnen Indizien allein durch eine Analyse der Bilddaten an sich.

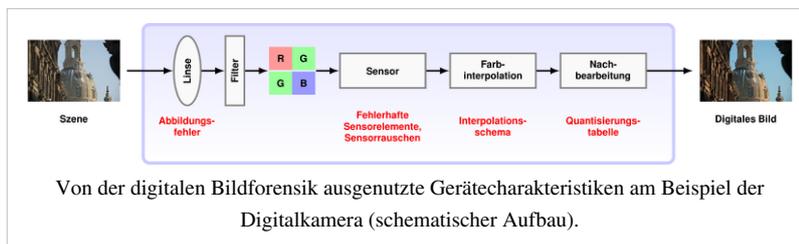
## Ziele

Verfahren der digitalen Bildforensik dienen der Bestimmung des Bildursprungs und der Erkennung von Manipulationen digitaler Bilddaten. Ausgangspunkt ist in der Regel ein zu untersuchendes digitales Bild, dessen Eigenschaften mit statistischen Methoden in einem meist (semi-)automatisierten Prozess analysiert werden. Bei den meisten Verfahren wird keine Kenntnis eines möglicherweise vorhandenen (analogen oder digitalen) Originalbildes vorausgesetzt.

Für eine Untersuchung der Authentizität eines Bildes werden die vorliegenden Bilddaten dabei hinsichtlich verschiedener Merkmale überprüft:

- Existenz von Charakteristiken des Bildeingabegerätes
- Nichtexistenz der Spuren von Bildbearbeitungsoperationen

Eine grundsätzliche Diskussion zur Entstehung und Nutzung von derartigen Merkmalen enthält der Artikel über Multimediaforensik.



## Bestimmung des Bildursprungs

Ein wichtiger Aspekt bei der Untersuchung der Authentizität digitaler Bilddaten ist die Frage nach der Herkunft eines Bildes. Techniken

der digitalen Bildforensik versuchen eine Verbindung zwischen einer vorliegenden Bilddatei und dem verwendeten Bildeingabegerät (Scanner, Digitalkamera etc.) herzustellen.

Generell basieren Methoden zur Bestimmung des Bildursprungs auf Charakteristiken des Bildeingabegerätes. Können für ein Gerät spezifische Merkmale in einem Bild nachgewiesen werden, so kann dies als Indiz für die Herkunft des Bildes dienen. Je nach Anwendung und Art der Merkmale ergeben sich verschiedene Detailgrade bei der Bestimmung des Ursprungs. Typische Szenarien sind die Unterscheidung von computergenerierten und natürlichen Bildern, die Bestimmung der Geräteklasse sowie die Identifikation des Gerätemodells bis hin zur Erkennung des spezifischen Geräts. Grundsätzlich machen alle Methoden zur Bestimmung des Bildursprungs die Annahme, dass Bilder gleicher Herkunft sehr ähnliche Eigenschaften aufweisen und sich somit von Bildern anderen Ursprungs statistisch abgrenzen lassen.

## Computergenerierte Bilder vs. natürliche Bilder

Prinzipiell stellt sich zunächst die Frage, ob ein vorliegendes Bild vollständig von einem Computer generiert wurde oder einen mit einem Sensor aufgenommenen Ausschnitt der Realität darstellt. Anders als natürliche Bilder entspringen computergenerierte Bilder gänzlich dem Vorstellungsvermögen des Urhebers und sind deshalb bezüglich ihres Inhaltes unter Umständen anders zu werten. Für eine Unterscheidung wird dabei die Annahme gemacht, dass der Prozess zur Erstellung computergenerierter Bilder den komplexen Aufnahmeablauf im Inneren

eines Bildeingabegerätes nicht vollständig nachbilden kann (bzw. dies nicht als primäres Ziel verfolgt). Typische Ansätze gewinnen ihre Indizien aus einer Analyse von Rauscheigenschaften des Bildes oder Zusammenhängen zwischen benachbarten Pixeln.<sup>[1] [2]</sup>

Die Problematik der Unterscheidung zwischen computergenerierten und natürlichen Bildern wird im Zusammenhang mit der Verfolgung von Kinderpornographie insbesondere in den USA diskutiert.<sup>[3]</sup> Abbildungen mit kinderpornographischem Inhalt, die vollständig computergeneriert sind, werden dort strafrechtlich anders behandelt.

## Geräteklasse

Die Zuordnung eines Bildes zu einer Klasse von Eingabegeräten hat eine Unterscheidung grundlegender Aufnahmekonzepte zum Ziel. Ein möglicher Anwendungsfall ist die Unterscheidung zwischen Bildern von Digitalkameras und Flachbettscannern. Dabei macht man sich elementare Unterschiede im Aufbau der verschiedenen Geräte zunutze. Typische Merkmale basieren auf dem Einsatz unterschiedlicher Sensorarchitekturen (**Flächensensor** bei Kameras vs. **Zeilensensor** bei Flachbettscannern). Mit einem Zeilensensor aufgenommene Bilder haben im Allgemeinen andere Rauschcharakteristiken als solche, die einem Flächensensor entstammen.<sup>[4]</sup> Außerdem ist im Flachbettscanner meist keine **Farbinterpolation** notwendig, die in Digitalkamerabildern zu charakteristischen Abhängigkeiten zwischen benachbarten Pixels führt.<sup>[5]</sup>

## Gerätemodell

Einzelne Gerätearten lassen sich weiter in verschiedene Modelle unterteilen. Da Geräte gleichen Modells aus baugleichen Komponenten bestehen, lassen sich Bilder, die mit einem bestimmten Modell aufgenommen wurden, aufgrund ähnlicher Eigenschaften diesem zuordnen. Neben der Suche nach dem Gerätemodell ist unter Umständen bereits die Identifikation des Geräteherstellers relevant.

Anhaltspunkte für die Bestimmung des Gerätemodells lassen sich aus nahezu allen Komponenten eines Bildeingabegerätes ableiten, so zum Beispiel:

- Verschiedene Linsensysteme führen zu **Abbildungsfehlern** unterschiedlicher Ausprägung.
- Mit dem Einsatz unterschiedlicher Sensoren variieren die **Rauschcharakteristiken** zwischen Bildern verschiedener Modelle systematisch.<sup>[6]</sup>
- Der Aufbau des Farbfilterarrays (bspw. Bayer-Sensor) und der verwendete **Farbinterpolationsalgorithmus** führen zu modellspezifischen Abhängigkeiten zwischen benachbarten Pixeln.<sup>[7]</sup>
- Die Umsetzung von weiteren geräteinternen Bearbeitungsschritten zur Aufbereitung des Farbbildes (bspw. Weißabgleich) haben systematische Ähnlichkeiten zwischen den einzelnen Farbkanälen zur Folge.<sup>[8]</sup>
- Der Einsatz vieler verschiedener **Quantisierungstabellen** führt darüber hinaus zu Unterschieden in den ausgegebenen JPEG-Dateien.<sup>[9]</sup>

Die Bestimmung des Gerätemodells wird meist als Klassifikationsproblem der Mustererkennung aufgefasst, bei dem einzelne Modelle je einer Klasse entsprechen. Da in der Regel von nicht-linear separierbaren Klassen ausgegangen wird, sind Support Vector Machines häufig das Mittel der Wahl. Die Dimensionalität des Merkmalsraumes ist dabei oftmals sehr hoch, so dass verstärkt Verfahren zur Reduktion der Merkmalsvektoren Anwendung finden.<sup>[6]</sup>

## Spezifisches Gerät

Die Identifikation eines spezifischen Gerätes hat das Ziel, auch baugleiche Bildeingabegeräte (d.h. Geräte vom gleichen Modell) unterscheiden zu können. Bereits eine der ersten Fachpublikation auf dem Gebiet der Bildforensik widmete sich dieser Problematik und schlug vor, **defekte Sensorelemente** als Identifikationsmerkmal zu nutzen.<sup>[10]</sup> Ein ähnlicher Ansatz beruht auf **Staubpartikelablagerungen** auf dem Sensor von digitalen Spiegelreflexkameras, die zu kameraspezifischen Artefakten im Bild führen. Untersuchungen zeigen, dass diese auch trotz automatischer Sensorreinigung ein geeignetes Identifikationsmerkmal darstellen.<sup>[11]</sup>

Die nach heutigem Wissen zuverlässigste und bestuntersuchte Methode zur Bestimmung des Bildursprungs basiert auf dem CCD/CMOS-Sensorrauschen von typischen Bildeingabegeräten und wurde in der Gruppe um Jessica Fridrich entwickelt. Die Methode basiert auf der Annahme, dass jedes Sensorelement geringfügig anders auf eintreffendes Licht reagiert, was zu einem systematischen Rauschanteil im aufgenommenen Bild führt. Dieser ist vergleichsweise stabil über mehrere Aufnahmen eines Gerätes hinweg, variiert jedoch in Bildern verschiedener Herkunft. Der charakteristische Rauschanteil (die sogenannte photo-response non-uniformity, PRNU) kann mittels eines geeigneten Rauschfilters aus dem Bild abgeschätzt werden. Über einen Korrelations- oder Maximum-Likelihood -Detektor lässt sich dann das zur Aufnahme verwendete Gerät bestimmen, indem das geschätzte Rauschsignal mit bekannten Referenzrauschmustern verglichen wird.<sup>[12]</sup> Das charakteristische Sensorrauschen lässt sich auch in verlustbehaftet komprimierten Bildern nachweisen und übersteht unter bestimmten Umständen selbst eine Analogwandlung (bspw. Ausdrucken) mit nachfolgender Redigitalisierung.<sup>[13]</sup>

## Leistungsfähigkeit und Erkennungsraten

Grundsätzlich ist bei der Bestimmung des Bildursprungs immer eine möglichst geringe Falschakzeptanzrate erstrebenswert. In praktischen Anwendungen sollte das Risiko minimiert werden, dass ein Bild fälschlicherweise einem Gerät zugeordnet wird, das nicht an dessen Entstehung beteiligt war.

Die mit Abstand zuverlässigste Herkunftszuordnung von digitalen Bildern lässt sich mit dem Sensorrauschen erreichen. In einem groß angelegten Test mit mehr als einer Million Bildern von über 6800 verschiedenen Digitalkameras (insgesamt 150 Modelle) konnten bei einer Falschakzeptanzrate von  $2,4 \times 10^{-5}$  nahezu 98% aller Bilder ihrem korrekten Ursprung zugeordnet werden.<sup>[14]</sup>

Inwiefern derart hohe Erkennungsraten unter praktischen Bedingungen auch für die Bestimmung von Art und Modell des Gerätes erreichbar sind, muss weitestgehend noch als offene Forschungsfrage betrachtet werden. In der Literatur berichtete Ergebnisse basieren meist auf vergleichsweise kleinen Datensätzen, die eine Verallgemeinerung nicht zulassen. Im Allgemeinen liegen die Erkennungsraten für die Bestimmung von Art oder Modell bisher jedoch unter denen der auf Sensorrauschen basierenden Technik zur Bestimmung eines spezifischen Geräts.<sup>[6]</sup>

## Erkennung von Bildmanipulationen

Neben der Bestimmung des Bildursprungs ist die Erkennung von Manipulationen digitaler Bilddaten die zweite zentrale Zielstellung der digitalen Bildforensik. Hierbei kann sowohl das inkonsistente Auftreten (bzw. das Fehlen) von Gerätecharakteristiken als auch das Vorhandensein von Bildbearbeitungsartefakten ausgenutzt werden.

### Konsistenz von Gerätecharakteristiken

Jedes Bildeingabegerät hinterlässt charakteristische Spuren in den von ihm aufgenommenen Bildern. Unter der Annahme, dass typische Bildbearbeitungsoperationen (z.B. in Photoshop, GIMP, etc.) die Ausprägung dieser Charakteristiken beeinflussen, kann ein Bild hinsichtlich dem (konsistenten) Vorhandensein geeigneter Gerätecharakteristiken untersucht werden. Lassen sich die zu erwartenden Merkmale nicht (konsistent) im Bild nachweisen, kann dies als Indiz für eine Manipulation aufgefasst werden.

Für die Erkennung von Bildmanipulationen anhand von fehlenden oder inkonsistenten Gerätecharakteristiken existiert eine Vielzahl verschiedener Ansätze, die je nach Situation besser oder schlechter geeignet sind:

- Die Ausprägung von **Abbildungsfehlern** ist im Allgemeinen abhängig von der Position im Bild und nimmt mit zunehmenden Abstand vom optischen Mittelpunkt an Stärke zu. Wird ein Bildausschnitt unter Nichtbeachtung dieser Charakteristik innerhalb eines Bildes kopiert oder aus einem anderen Bild eingefügt, führt das zu nachweisbaren Inkonsistenzen.<sup>[15]</sup>
- Da jedes Sensorelement eine eigene Rauschcharakteristik aufweist, ist das **Sensorrauschen** ebenso abhängig von der Bildposition. Wenn bekannt ist, mit welchem Gerät ein Bild aufgenommen wurde, kann auf eine lokale Konsistenz des Sensorrauschens geprüft werden. In Bildbereichen, die (zu stark) bearbeitet wurden oder aus gänzlich anderen Bildern stammen, fehlt das gerätespezifische Rauschen.<sup>[12]</sup>
- Unter der Annahme, dass ein Bild mit einem One-Shot-Sensor aufgenommen wurde, kann auf das (konsistente) Vorhandensein von **Farbinterpolationsspuren** geprüft werden. Interpolierte Bilder weisen charakteristische Abhängigkeiten zwischen benachbarten Bildern auf, die durch Nachbearbeitung abgeschwächt oder entfernt werden.<sup>[16]</sup>
- Die durch JPEG-Kompression verursachten **Blockartefakte** können ebenso nützliche Hinweise auf Bildmanipulationen geben. Wird ein Ausschnitt aus einem unkomprimierten Bild in ein JPEG-Bild eingefügt (oder andersherum), fehlen die zu erwartenden 8x8 Blöcke, die selbst bei sehr hoher JPEG-Qualität noch statistisch nachweisbar sind.<sup>[17]</sup> Auffällige Spuren entstehen außerdem, wenn beim Einfügen von JPEG-komprimierten Bildausschnitten in ein bereits komprimiertes Bild die vorhandene Blockstruktur nicht beachtet wird, d.h. eine Verschiebung der Blockgrenzen auftritt.<sup>[18]</sup> Selbst bei Beachtung der Blockstruktur kann bereits das Einfügen von Bildausschnitten, die mit einer abweichenden Quantisierungstabelle komprimiert wurden, zu nachweisbaren Spuren führen.<sup>[19]</sup>



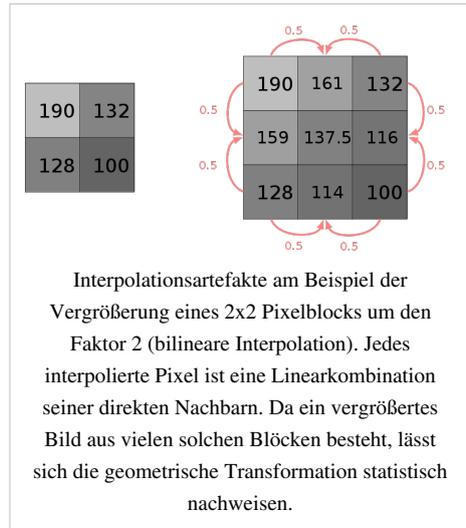
Die Ausprägung von Abbildungsfehlern (hier chromatische Aberration in Form von rötlichen Farbsäumen) ist abhängig von der Bildposition. Werden Bildbereiche kopiert/eingefügt kann dies zu Inkonsistenzen führen.

## Artefakte durch Bildbearbeitung

Neben fehlenden bzw. inkonsistenten Gerätecharakteristiken können auch Spuren der Bildbearbeitungsoperation an sich für forensische Analysen genutzt werden. In diesem Fall dient explizit das Vorhandensein bestimmter Merkmale als Indiz für eine mögliche Manipulation.

Eine Erkennung von Bildmanipulationen anhand von Bearbeitungsartefakten hat gegenüber auf Gerätecharakteristiken basierten Verfahren den Vorteil, dass keinerlei Annahmen über das Aufnahmegerät gemacht werden müssen. Typische nachweisbare Artefakte entstehen beispielsweise durch:

- **Geometrische Transformationen** zur Anpassung von Größe und Form von Bildern oder Teilen davon und der damit verbundenen Interpolation. Wird ein Bild geometrisch transformiert, müssen fehlende Informationen an entstehenden Lücken im Bildgitter durch Interpolation aus den vorhandenen Pixeln im Ausgangsbild berechnet werden. Dies führt zu ausgeprägten Abhängigkeiten zwischen benachbarten Pixeln,<sup>[20]</sup> die mit statistischen Methoden nachgewiesen werden können.
- **Copy & Paste** Operationen zur Retusche von Bildausschnitten. Wurde ein Ausschnitt innerhalb des Bildes kopiert (bspw. mit einem Kopierpinsel), lässt sich dies durch eine Suche nach doppelten Bildteilen feststellen. Um geringfügige Abweichungen zwischen den kopierten Bereichen nachweisen zu können, werden nicht die Pixelwerte an sich, sondern eine transformierte Repräsentation (DCT, PCA, ...) verglichen.<sup>[21]</sup>
- **Rekompression** beim wiederholten Abspeichern eines verlustbehaftet komprimierten Bildes. Wird ein JPEG-Bild nochmals im JPEG-Format gespeichert (etwa nach einer Bearbeitung), kann dies zu nachweisbaren Spuren in den DCT-Koeffizienten führen, wenn die zweite Kompression eine abweichende Quantisierungstabelle verwendet.<sup>[22]</sup>



## Wann ist eine Fälschung eine Fälschung?

Methoden der Bildforensik können nicht die semantische Frage beantworten, ob es sich bei einem Bild um eine Fälschung handelt. Sie können höchstens objektiv feststellen, ob ein Bild in irgendeiner Form bearbeitet wurde. Um Fälschungen als solche erkennen zu können, muss zunächst klar sein, was unter einer Fälschung zu verstehen ist. In der Praxis gestaltet sich eine solche Abgrenzung jedoch häufig als nicht trivial. Eine zentrale Frage ist dabei, ob (und welche) inhaltsverändernden Operationen erlaubt sind. Im Allgemeinen ist außerdem davon auszugehen, dass nahezu jedes publizierte Bild in irgendeiner Form nachbearbeitet wurde (Farbkorrektur, ...). Für klarere Verhältnisse haben viele Zeitungen und Zeitschriften daher eigene Richtlinien zur Bildbearbeitung für Bildredakteure formuliert.<sup>[23]</sup>

## Grenzen

Obwohl bildforensische Verfahren einen vielversprechenden Ansatz zur Überprüfung der Authentizität digitaler Bilder darstellen, sind für einen breiten Einsatz in der Praxis noch einige Hindernisse zu überwinden.

Eine große Herausforderung stellt für den Großteil aller Methoden die Analyse verlustbehaftet komprimierter Bilddaten dar (abgesehen von den Verfahren, die direkt auf Kompressionsartefakte aufbauen). Häufig werden subtile Gerätecharakteristiken oder Manipulationsspuren durch eine zu starke Kompression verwischt. Dies ist umso mehr ein Problem, da das JPEG-Format vermutlich das am weitesten verbreitete Dateiformat zur Speicherung von digitalen Bildern darstellt.

Ein allgemeines Problem besteht in dem vergleichsweise hohem Testaufwand in der Bewertung bildforensischer Verfahren. Aufgrund der hohen Komplexität und schlechten Modellierbarkeit typischer Bilddaten kann eine

Einschätzung der Zuverlässigkeit nur empirisch erfolgen. Eine Erstellung umfassender und repräsentativer Testdatensätze ist jedoch sehr aufwändig, so dass momentan in der Literatur berichtete Fehlerraten oft wenig aussagekräftig sind.

Zudem ist der Beweiswert von mit bildforensischen Verfahren gewonnenen Indizien vor Gericht derzeit schwer einschätzbar, da Berichte über die Rechtspraxis wenn überhaupt nur in anekdotischer Form vorliegen. In jedem Fall ist derzeit davon auszugehen, dass bildforensische Analysen in Form von Expertengutachten in die Beweiswürdigung eingehen und daher relativ zeitaufwändig und teuer sind.<sup>[24]</sup>

## Literatur

- Oliver Deussen: *Bildmanipulationen: Wie Computer unsere Wirklichkeit verzerren*. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin/Heidelberg 2007, ISBN 978-3827419002, Kapitel 7 (Bildmanipulationen technisch erkennen: Digitale Forensik).
- Hany Farid: *Image forgery detection*. In: *IEEE Signal Processing Magazine*. Vol. 26, Nr. 2, März 2009, ISSN 1053-5888 <sup>[25]</sup>, S. 16–25, doi:10.1109/MSP.2008.931079 <sup>[26]</sup>.
- Husrev T. Sencar und Nasir Memon: *Overview of state-of-the-art in digital image forensics*. September 2007 (PDF, 197 KB <sup>[27]</sup>).
- Andrea Trinkwalder: *Digitale Bildforensik: Algorithmen jagen Fälscher*. In: *c't – magazin für computertechnik*. 18. August 2008, ISSN 0724-8679 <sup>[28]</sup>, S. 152–156.

## Externe Links

- „Digitale Bildforensik: Dem Bildfälscher auf der Spur“ (PDF, 2,4 MB) <sup>[29]</sup> Vortrag zur Langen Nacht der Wissenschaft 2008 in Dresden
- Digital Forensic Database <sup>[30]</sup> von Hany Farid
- Multimedia Forensics Bibliography <sup>[31]</sup> von Andrew Lewis

## Referenzen

- [1] Siwei Lyu und Hany Farid: *How realistic is photorealistic?*. In: *IEEE Transactions on Signal Processing*. Vol. 53, Nr. 2, Februar 2005, ISSN 1053-587X (<http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1053-587X>), S. 845–850, doi: 10.1109/TSP.2004.839896 (<http://dx.doi.org/10.1109/TSP.2004.839896>).
- [2] A. Emir Dirik, Sevinç Bayram, Husrev T. Sencar und Nasir Memon: *New features to identify computer generated images*. In: *ICIP 2007*. Vol. 4, Oktober 2007, S. 433–436 ( PDF, 279 KB (<http://isis.poly.edu/~forensics/pubs/icip2007b.pdf>)).
- [3] Hany Farid: *Creating and detecting doctored and virtual images: Implications to the child pornography prevention act*. September 2004 ( PDF, 4624 KB (<http://www.cs.dartmouth.edu/reports/TR2004-518.pdf>)).
- [4] Nitin Khanna, George T.-C. Chiu, Jan P. Allebach und Edward J. Delp III: *Forensic techniques for classifying scanner, computer generated and digital camera images*. In: *ICASSP 2008*. März/April 2008, S. 1653–1656, doi: 10.1109/ICASSP.2008.4517944 (<http://dx.doi.org/10.1109/ICASSP.2008.4517944>).
- [5] Christine McKay, Ashwin Swaminathan, Hongmei Gou und Min Wu: *Image acquisition forensics: Forensic analysis to identify imaging source*. In: *ICASSP 2008*. März/April 2008, S. 1657–1660, doi: 10.1109/ICASSP.2008.4517945 (<http://dx.doi.org/10.1109/ICASSP.2008.4517945>).
- [6] Tomáš Filler, Jessica Fridrich und Miroslav Goljan: *Using sensor pattern noise for camera model identification*. In: *ICIP 2008*. Oktober 2008, S. 1296–1299, doi: 10.1109/ICIP.2008.4712000 (<http://dx.doi.org/10.1109/ICIP.2008.4712000>).
- [7] Sevinç Bayram, Husrev T. Sencar und Nasir Memon: *Classification of digital camera-models based on demosaicing artifacts*. In: *Digital Investigation*. Vol. 5, Nr. 1–2, September 2008, ISSN 1742-2876 (<http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1742-2876>), S. 49–59, doi: 10.1016/j.diin.2008.06.004 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.diin.2008.06.004>).
- [8] Mehdi Kharrazi, Husrev T. Sencar und Nasir Memon: *Blind source camera identification*. In: *ICIP 2004*. Oktober 2004, S. 709–712, doi: 10.1109/ICIP.2004.1418853 (<http://dx.doi.org/10.1109/ICIP.2004.1418853>).
- [9] Hany Farid: *Digital image ballistics from JPEG quantization: A followup study*. Dezember 2008 ( PDF, 264 KB (<http://www.cs.dartmouth.edu/reports/TR2008-638.pdf>)).
- [10] Kenji Kurosawa, Kenro Kuroki und Naoki Saitoh: *CCD fingerprint method - identification of a video camera from videotaped images*. In: *ICIP 1999*. Oktober 1999, S. 537–540, doi: 10.1109/ICIP.1999.817172 (<http://dx.doi.org/10.1109/ICIP.1999.817172>).

- [11] A. Emir Dirik, Husrev T. Sencar und Nasir Memon: *Digital single lens reflex camera identification from traces of sensor dust*. In: *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. Vol. 3, Nr. 3, September 2008, ISSN 1556-6013 (<http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1556-6013>), S. 539–552 ( PDF, 1520 KB (<http://isis.poly.edu/~forensics/pubs/tifs08.pdf>)).
- [12] Jessica Fridrich: *Digital Image Forensics*. In: *IEEE Signal Processing Magazine*. Vol. 26, Nr. 2, März 2009, ISSN 1053-5888 (<http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1053-5888>), S. 26–37, doi: 10.1109/MSP.2008.931078 (<http://dx.doi.org/10.1109/MSP.2008.931078>).
- [13] Miroslav Goljan, Jessica Fridrich und Jan Lukáš: *Camera identification from printed images*. In: Edward J. Delp III u. a. (Hrsg.): *Security, Forensics, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents X*. SPIE Vol. 6819, Januar 2008, 68190I, doi: 10.1117/12.766824 (<http://dx.doi.org/10.1117/12.766824>).
- [14] Miroslav Goljan, Jessica Fridrich und Tomáš Filler: *Large scale test of sensor fingerprint camera identification*. In: Edward J. Delp III u. a. (Hrsg.): *Media Forensics and Security XI*. SPIE Vol. 7254, Januar 2009, 72540I, doi: 10.1117/12.805701 (<http://dx.doi.org/10.1117/12.805701>).
- [15] Micah K. Johnson und Hany Farid: *Exposing digital forgeries through chromatic aberration*. In: *MM&Sec'06*. ACM Press, New York September 2006, S. 48–55, doi: 10.1145/1161366.1161376 (<http://dx.doi.org/10.1145/1161366.1161376>).
- [16] Alin C. Popescu und Hany Farid: *Exposing digital forgeries in color filter array interpolated images*. In: *IEEE Transactions on Signal Processing*. Vol. 53, Nr. 10, Oktober 2005, ISSN 1053-587X (<http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1053-587X>), S. 3948–3959, doi: 10.1109/TSP.2005.855406 (<http://dx.doi.org/10.1109/TSP.2005.855406>).
- [17] Ramesh Neelamani, Ricardo de Queiroz, Zhigang Fan, Sanjeeb Dash und Richard G. Baraniuk: *JPEG compression history estimation for color images*. In: *IEEE Transactions on Image Processing*. Vol. 15, Nr. 6, Juni 2006, ISSN 1057-7149 (<http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1057-7149>), S. 1365–1378, doi: 10.1109/TIP.2005.864171 (<http://dx.doi.org/10.1109/TIP.2005.864171>).
- [18] Weihai Li, Yuan Yuan und Nenghai Yu: *Passive detection of doctored JPEG image via block artifact grid extraction*. In: *Signal Processing*. Vol. 89, Nr. 9, September 2009, ISSN 0165-1684 (<http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0165-1684>), S. 1821–1829, doi: 10.1016/j.sigpro.2009.03.025 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.sigpro.2009.03.025>).
- [19] Hany Farid: *Exposing digital forgeries from JPEG ghosts*. In: *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. Vol. 4, Nr. 1, Januar 2009, ISSN 1556-6013 (<http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1556-6013>), S. 154–160, doi: 10.1109/TIFS.2008.2012215 (<http://dx.doi.org/10.1109/TIFS.2008.2012215>).
- [20] Matthias Kirchner: *Fast and reliable resampling detection by spectral analysis of fixed linear predictor residue*. In: *MM&Sec'08*. ACM Press, New York September 2008, S. 11–20, doi: 10.1145/1411328.1411333 (<http://dx.doi.org/10.1145/1411328.1411333>).
- [21] Sevinç Bayram, Husrev T. Sencar und Nasir Memon: *A survey of copy-move forgery detection techniques*. 2008 ( PDF, 528 KB (<http://isis.poly.edu/~forensics/pubs/copymovesurvey.pdf>)).
- [22] Alin C. Popescu und Hany Farid: *Statistical tools for digital forensics*. In: *Information Hiding 2004*. LNCS 3200, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg 2004, ISBN 978-3-540-24207-9, S. 128–147, doi: 10.1007/b104759 (<http://dx.doi.org/10.1007/b104759>).
- [23] Alfred Büllsbach: *Digitale Bildmanipulation und Ethik. Aktuelle Tendenzen im Fotojournalismus*. In: Elke Grittmann u. a. (Hrsg.): *Global, lokal, digital - Fotojournalismus heute*. Herbert Von Halem Verlag, Köln 2008, ISBN 978-3-938258-64-4, S. 128–147 ( PDF, 198 KB ([http://www.mediaculture-online.de/fileadmin/bibliothek/buellesbach\\_bildmanipulation/buellesbach\\_bildmanipulation.pdf](http://www.mediaculture-online.de/fileadmin/bibliothek/buellesbach_bildmanipulation/buellesbach_bildmanipulation.pdf))).
- [24] Michael Knopp: *Digitalfotos als Beweismittel*. In: *Zeitschrift für Rechtspolitik*. 41, Nr. 5, 2008, ISSN 0514-6496 (<http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0514-6496>), S. 156–158.
- [25] <http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=1053-5888>
- [26] <http://dx.doi.org/10.1109%2FMSP.2008.931079>
- [27] [http://isis.poly.edu/~forensics/pubs/sencar\\_memon\\_chapter.pdf](http://isis.poly.edu/~forensics/pubs/sencar_memon_chapter.pdf)
- [28] <http://dispatch.opac.d-nb.de/DB=1.1/CMD?ACT=SRCHA&IKT=8&TRM=0724-8679>
- [29] [http://www1.inf.tu-dresden.de/~s9296871/Publications/LNdW2008\\_GloeKirchner.pdf](http://www1.inf.tu-dresden.de/~s9296871/Publications/LNdW2008_GloeKirchner.pdf)
- [30] <http://www.cs.dartmouth.edu/~farid/dfd/index.php/publications>
- [31] <http://www.cl.cam.ac.uk/~abl26/bibliography/main.html>

# Quellen und Bearbeiter der Artikel

**Digitale Bildforensik** *Quelle:* <http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=74922635> *Bearbeiter:* ASidT, Aka, JøMa, Matthias.Kirchner, Mef.ellingen, RudolfSimon, SDI2, 5 anonyme Bearbeitungen

# Quellen, Lizenzen und Autoren der Bilder

**File:Digitalkamera\_Bildforensik.png** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Digitalkamera\\_Bildforensik.png](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Digitalkamera_Bildforensik.png) *Lizenz:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter:* User:Matthias.Kirchner

**File:Keyboard aberration.png** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Keyboard\\_abberation.png](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Keyboard_abberation.png) *Lizenz:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Bearbeiter:* User:Matthias.Kirchner

**Datei:Linear\_Interpolation\_2D.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Linear\\_Interpolation\\_2D.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Linear_Interpolation_2D.svg) *Lizenz:* GNU Free Documentation License *Bearbeiter:* User:Matthias.Kirchner

# Lizenz

## Wichtiger Hinweis zu den Lizenzen

Die nachfolgenden Lizenzen beziehen sich auf den Artikeltext. Im Artikel gezeigte Bilder und Grafiken können unter einer anderen Lizenz stehen sowie von Autoren erstellt worden sein, die nicht in der Autorensliste erscheinen. Durch eine noch vorhandene technische Einschränkung werden die Lizenzinformationen für Bilder und Grafiken daher nicht angezeigt. An der Behebung dieser Einschränkung wird gearbeitet. Das PDF ist daher nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Eine Weiterverbreitung kann eine Urheberrechtsverletzung bedeuten.

### Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported - Deed

Diese "Commons Deed" ist lediglich eine vereinfachte Zusammenfassung des rechtsverbindlichen Lizenzvertrages ([http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Lizenzbestimmungen\\_Commons\\_Attribution-ShareAlike\\_3.0\\_Unported](http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Lizenzbestimmungen_Commons_Attribution-ShareAlike_3.0_Unported)) in allgemeinverständlicher Sprache. Sie dürfen:

- das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen
- Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen

Zu den folgenden Bedingungen:

- Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
- Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie das lizenzierte Werk bzw. den lizenzierten Inhalt bearbeiten, abwandeln oder in anderer Weise erkennbar als Grundlage für eigenes Schaffen verwenden, dürfen Sie die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch, vergleichbar oder kompatibel sind.

Wobei gilt:

- Verzichtserklärung** — Jede der vorgenannten Bedingungen kann aufgehoben werden, sofern Sie die ausdrückliche Einwilligung des Rechteinhabers dazu erhalten.
- Sonstige Rechte** — Die Lizenz hat keinerlei Einfluss auf die folgenden Rechte:

- Die gesetzlichen Schranken des Urheberrechts und sonstigen Befugnisse zur privaten Nutzung;
- Das Urheberpersönlichkeitsrecht des Rechteinhabers;
- Rechte anderer Personen, entweder am Lizenzgegenstand selber oder bezüglich seiner Verwendung, zum Beispiel Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen.

- Hinweis** — Im Falle einer Verbreitung müssen Sie anderen alle Lizenzbedingungen mitteilen, die für dieses Werk gelten. Am einfachsten ist es, an entsprechender Stelle einen Link auf <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de> einzubinden.

### Haftungsbeschränkung

Die „Commons Deed“ ist kein Lizenzvertrag. Sie ist lediglich ein Referenztext, der den zugrundeliegenden Lizenzvertrag übersichtlich und in allgemeinverständlicher Sprache aber auch stark vereinfacht wiedergibt. Die Deed selbst entfaltet keine juristische Wirkung und erscheint im eigentlichen Lizenzvertrag nicht.

## GNU Free Documentation License

Version 1.2, November 2002

Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc.

51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies

of this license document, but changing it is not allowed.

### 0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

### 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties; any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

### 2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

### 3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

### 4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title Page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

## 5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

## 6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

## 7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

## 8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

## 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

## ADDENDUM: How to use this license for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document

under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2

or any later version published by the Free Software Foundation;

with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled

"GNU Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the

Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.