

3.2 Digitale Bild- und Videobearbeitung

Seit jeher dienen Fotos dem Unfallanalytiker als Beweismittel, Dokumentationshilfe und Informationsquelle. Es zeichnet sich ab, dass die chemische Fotografie in naher Zukunft komplett durch die Digitalfotografie abgelöst werden wird. Chemische Fotos sind derzeit bereits eine bedrohte Spezies, die nur noch in Spezialbereichen ein karges Dasein fristet. Polizeibeamte, Unfallbeteiligte und Sachverständige fotografieren meist digital. Parallel dazu werden Videos zu möglichen Erkenntnisquellen, etwa Überwachungsvideos oder von Unfallbeteiligten gefilmte Videos. Und nicht zuletzt werden Crashversuche zunehmend auf Video dokumentiert.

Kurzum: Die Bildinformation liegt im Regelfall bereits digital vor und es ist nur konsequent, sie mittels digitaler Arbeitstechniken so zu verarbeiten, dass man ihr das Meiste abgewinnt. Dabei zeigt die Erfahrung aus gut fünf Jahren verbreiteter Digitalfotografie, dass sich durch sie nicht unbedingt alles zu Besseren gewandelt hat. Sicher aber eröffnen sich durch die digitale Bildverarbeitung Möglichkeiten, die auch der Unfallanalytiker nutzen sollte.

Natürlich gibt es zahlreiche gute und umfassende Bücher über dieses Thema. Das vorliegende Kapitel zieht seine Berechtigung aus der engen thematischen Verknüpfung mit den speziellen Anforderungen und Fragestellungen, die sich in der Unfallanalyse stellen. Der vollständige Titel lautet selbstverständlich: «Digitale Bild- und Videobearbeitung in der Unfallrekonstruktion». Wobei wir hier unter Bildern mehr verstehen als einzig nur Digitalfotos, insofern gehen die Anmerkungen zu Speicherformaten, etc. über das hinaus, was im Kapitel «Digitale Fotografie» zu lesen ist. Etliches ist dort aber ausführlich erklärt, sodass wir uns in diesen Punkten hier entsprechend kurz fassen können.

Am Ende des Beitrags findet sich ein Verzeichnis der gängigsten Abkürzungen.

3.2.1 Speichern der Information

3.2.1.1 Datenformate

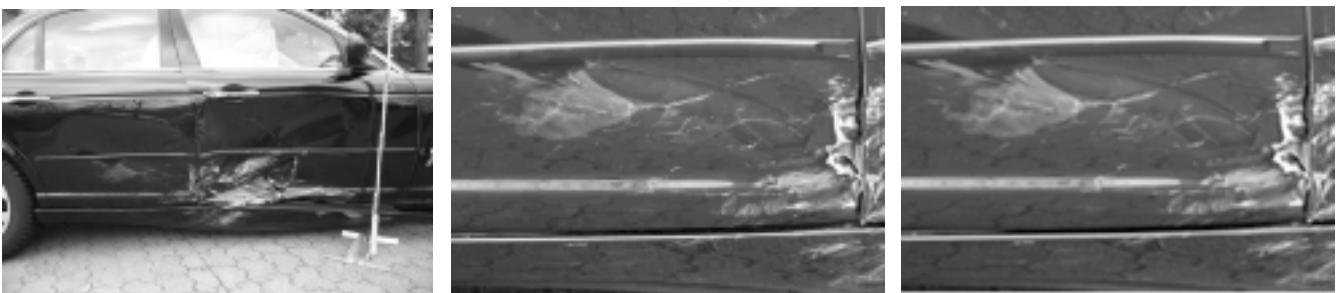
Fotos

Fotos werden meist im JPEG-Format gespeichert, sodass ein Teil der Original-Informationen verloren geht. Diese Aussage bleibt auch dann gültig, sollte JPEG2000 (J2K) in Zukunft tatsächlich zu signifikanten Marktanteilen gelangen. Die Kompressionsfaktoren variieren bei kommerziellen Kameras typischerweise zwischen 1:8 und 1:15. Falls man – etwa im E-Mail-Verkehr oder in der Korrespondenz mit Versicherern – auf eine bestimmte maximale Dateigröße beschränkt ist (und die Wahl hat), sollte man stärkere Kompression bei entsprechend höherer Auflösung wählen, Abb. 3.2.1.

Dateien mit verlustbehafteten Datenformaten sollten niemals mehrfach geöffnet und wieder gespeichert werden. Wenn man also ein Foto bearbeitet, sollte man alle Veränderungen in einem einzigen Arbeitsfluss vornehmen und erst das Endergebnis wieder speichern. Falls Zwischenergebnisse gespeichert werden müssen, um beispielsweise das Bearbeitungsprogramm zu wechseln, dann sollte dies in verlustfreien Datenformaten geschehen, also etwa TIFF, Photoshop (PSD) oder BMP.

Gerasterte Strichzeichnungen

Die JPEG-Kompression ist nur für Fotos geeignet, also für Pixelbilder ohne allzu harte Kontraste, die leichte Helligkeits- und Farbschwankungen auch in einfarbigen Flächen zeigen. Strichzeichnungen, wie Polizeiskizzen, Diagrammscheiben, Textseiten und Screenshots, sollten nur verlustfrei (*lossless*) komprimiert gespeichert werden. Die gängigsten Formate für die verlustfreie Speicherung sind GIF (*Graphics Interchange Format*) und PNG (*Portable Network Graphics*), die durch das Internet Verbreitung erfahren haben. Daneben



a) Originalbild 2078 x 1360 Pixel
Dateigröße 1.735 kB

b) Kompression des Originals auf 185 kB
Ausschnitt von 570 x 379 Pixel

c) Verkleinern des Originals auf 640 x 425 Pixel
Dateigröße 186 kB, Ausschnitt von 178 x 118 Pixel

Abb. 3.2.1: Bei gleicher Dateigröße ist es besser, die Kompression zu erhöhen als die Auflösung zu verringern



a) aus dem PDF (Ausschnitt 570 x 428 Pixel)
798 x 599 Pixel, Dateigröße 53 kB

b) Originalfoto (Ausschnitt 570 x 428 Pixel)
1024 x 768 Pixel, Dateigröße 198 kB

c) aus dem PDF
(Ausschnitte 277 x 428 Pixel)

d) Originalfoto

Abb. 3.2.2: Im PDF sind die JPEG oft in reduzierter Auflösung eingebettet. Hier geht es um die Ursache der weißen Kratzspuren.

gibt es noch BMP (*Bitmap*), das jedoch Windows-spezifisch und sehr speicherintensiv ist, sodass von seiner Verwendung im Regelfall abzuraten ist. GIF kann nur 256 Graustufen bzw. Farben speichern und ist damit allenfalls für Graustufenscans und Screenshots geeignet. PNG bietet mehr Möglichkeiten und eine bessere Kompression. Der Vollständigkeit halber sollte erwähnt werden, dass es auch *lossless JPEG* gibt, dem man aber kaum jemals begegnen wird. TIFF ist ein sehr flexibelstes Format, das verschiedene Farbtiefen (1, 8, 16, 24, 48 bit) und Kompressionsverfahren (LZW, ZIP, Packbits, Fax4, JPEG) anbietet. Obwohl TIFF auch die JPEG-Kompression zulässt (dazu unter den Archivformaten noch mehr), verbindet man TIFF normalerweise mit verlustfreier Kompression.

Scans mit wichtiger Graustufen-Information (z.B. von Diagrammscheiben) sollten am Besten mit 8 Bit Helligkeitsauflösung gespeichert werden, woraus sich 256 Graustufen ergeben. Scans von Text und Strichzeichnungen und auch Screenshots sollten hingegen besser im 1-Bit-Datenformat (rein schwarz-weiß) gespeichert und dafür die Auflösung entsprechend erhöht werden. Das garantiert hohen Kontrast, gleichbleibend weißen Hintergrund und hohe Kompressionsraten, speziell in der darauf abgestimmten Fax4-Codierung. So gehen übrigens auch moderne Universalkopiergeräte standardmäßig vor, wenn man TIFF als Scanformat einstellt. Das Verwenden von JPEG anstelle verlustfreier Codierung erhöht zwar nicht unbedingt die Dateigröße, verwischt aber die scharfen Kontraste, die so typisch für Strichzeichnungen und Text sind.

Vektorzeichnungen

Wo immer möglich, sind Vektorzeichnungen den Pixelgrafiken vorzuziehen. Vektorbilder werden z.B. für CAD-Zeichnungen verwendet. Sie beschreiben das Bild als eine An-

sammlung grafischer Grundobjekte, also etwa Linien, Kreisen und mathematischer Kurven. Das hält nicht nur die Dateigröße in Grenzen, sondern erlaubt auch die verlustfreie Skalierung der Grafik. Gängige Vektorformate sind DXF, AI (ADOBE ILLUSTRATOR) und das Windows-eigene WMF- bzw. EMF-Format. In diesen Formaten kommen z.B. die gängigen Fahrzeugzeichnungen daher und die Zeichnungen und Diagramme auf der beiliegenden DVD. Damit kann sich auch der Eigentümer des vorliegenden Buchs der Vorteile der verlustfreien Skalierung bedienen und diese Grafiken in beliebiger Größen in seine Gutachten einfügen.

Archivierungsformate

Das PDF (*Portable Document Format*) von ADOBE gewinnt als offener Standard immer mehr Bedeutung bei der Archivierung und beim Informationsaustausch. Auch das vorliegende Buch ging als ein einziges, ca. 700 MB großes PDF in den Druck. Weil Versicherer zunehmend auf elektronische Aktenverwaltung umstellen, gehen auch Schadengutachter mehr und mehr dazu über, die Fotoanlagen zum Schadengutachten als PDF zu speichern und dieses auf entsprechende Nachfrage zu übermitteln. In diesem PDF sind die JPEG-Dateien der Fotos eingebettet und lassen sich im Regelfall wieder als Einzeldateien herauslösen. Dies gelingt z.B. mit der Vollversion von ADOBE ACROBAT.

Manche PDFs sind allerdings geschützt, sodass die Extraktion von Fotos unmöglich ist. Die kompletten Seiten eines PDF lassen sich jedoch immer in ein Grafikformat konvertieren, im einfachsten Fall durch einen Screenshot. Wenn sich ein PDF drucken lässt (auch dies kann ggf. unterbunden sein), kann man die Seiten über einen JPEG- oder TIFF-Drucker als Dateien ausgeben. IMAGEMAGICK, vgl. Abschnitt 3.2.3.1, erlaubt die direkte Konvertierung aller Seiten eines PDF, in Einzelgrafiken beliebigen Formats.

Beim Erstellen des PDFs wird die Originalauflösung der Fotos meist herunter gerechnet, sodass man die Fotos aus dem PDF selten in der Originalauflösung herauslösen kann. Einzig das PDF ist deshalb oft keine adäquate Beweissicherung und es entbindet nicht von der Verpflichtung, die Originaldateien aufzubewahren. In kritischen Fällen sollte der Unfallanalytiker deshalb nach den Originaldateien fragen: Abb. 3.2.2 zeigt ein Beispiel, in dem der Betrugsvorwurf erhoben wurde: Die weißen Kratzspuren stammen angeblich nicht aus demselben Unfall wie die schwarze Antragsspur. Zwei Unfallanalytiker streiten sich, ob es sich um Kratzspuren oder Spiegelungen handelt. Die später angeforderten Originalfotos können den Streit schnell schlichten: Es handelt sich um durchsichtiges Klebeband, mit dem der Halter das gelöste Rücklicht befestigt hat. Die Ursache des Missverständnisses liegt hier nicht nur in der reduzierten Auflösung der extrahierten Bilder, sondern auch in deren erneuter (und stärkerer) Kompression, die starke Artefakte in der PDF-Version der Bilder erzeugt hat. Solche Missverständnisse lassen sich vermeiden, wenn eine Bildunterschrift ggf. auf besondere Umstände aufmerksam macht. Der Schaden-gutachter kann sich eben nicht darauf verlassen, dass die Fotos bei reduzierter Auflösung für sich sprechen. Außerdem wäre in jedem Gutachten ein Hinweis angebracht, dass die Originalbilder archiviert wurden und angefordert werden können.

Teilweise werden Fotos auch in ein Word-Dokumente eingebettet und dieses auf Nachfrage zur Verfügung gestellt. In diesem Fall verhält es sich ähnlich wie bei PDF: Die Fotodateien sind sozusagen als Fremdkörper in die Datei eingelagert und lassen sich herauslösen, z.B. indem man das Dokument als HTML speichert.

Auch TIFF (*Tagged Image File Format*) wird von den Versicherern als Archivierungsformat verwendet. Ähnlich wie PDF erlaubt auch TIFF das Speichern mehrerer Seiten in einer Datei (*multipage TIFF*). TIFF ist ein sehr flexibles Format, das intern viele Speicherformate für die Einzelbilder erlaubt, darunter auch JPEG. Viele Bildbetrachter zeigen bei Multipage TIFFs zunächst nur die erste Seite an, sodass es ausschaut, als enthielte die Datei nur ein einziges Foto. Die Digitalbilder lassen sich jedoch einzeln herauslösen, z.B. mit dem Freeware-Programm IRFANVIEW.

Für medizinische Aufnahmen heißt das TIFF-Äquivalent DICOM – *Digital Imaging and Communications in Medicine*. Der Unfallanalytiker begegnet ihm möglicherweise in Form von Röntgen-, CT- oder MRI-Aufnahmen, die der Akte auf CD beigelegt sind. Der Bildbetrachter ist meist mit auf der CD-ROM, falls nicht, hilft auch hier IRFANVIEW weiter.

3.2.1.2 Auflösung

Digitalbilder

Eine 8-Megapixel-Kamera erreicht mit einem entsprechend hochwertigen Objektiv etwa die Auflösung einer chemischen Kleinbildkamera, vgl. «Digitale Fotografie». Im Allgemeinen sollten Sie Ihre Kamera stets auf die höchste Auflösungsstufe einstellen. Die Kompressionsstufe ist nicht ganz so kritisch, sodass Sie den Speicherbedarf dadurch verringern können, dass Sie im Gegenzug die Kompression verstärken.

Die maximale Auflösung wird nur für detaillierte Untersuchungen an der Original-Datei benötigt. Für den Druckprozess sollte die Auflösung hingegen verringert werden, um den Datenstrom an den Drucker zu verringern. Moderne Laserdrucker können eine Auflösung von mehr als 150 dpi nicht praktisch verwerten. Selbst kommerzielle Belichtungsautomaten verwenden lediglich eine Auflösung von 200 dpi, wenn man digitale Fotos entwickeln lässt. Man darf diese Auflösung allerdings nicht direkt mit der Auflösung eines Druckers vergleichen: Bei der Belichtung von Fotopapier kann jeder Bildpunkt wie auf dem Bildschirm nahezu stufenlos jede beliebige Farbe annehmen. Ein Auflösung von 200 dpi im Belichtungsautomaten entspricht mehr als 1200 dpi im Ausdruck.

Scannen chemischer Fotos und Negative

Chemische Fotos in Akten (die nur zeitweilig zur Verfügung stehen) kann man bei üblicher Größe von 10 × 15 cm mit 300 dpi scannen und speichern. Damit erhält man etwa 1.800 Pixel horizontale Auflösung. Größere Auflösungen verlängern nur die Scanzeit und verursachen Rauschen, das dann bei der JPEG-Kompression wieder unterdrückt wird – ein Nullsummenspiel. Die Erfahrung lehrt, dass die meisten Anwender beim Scannen zu unangemessen hohen Auflösungen neigen. Die Fotos für das vorliegende Buch sind mit 254 dpi gescannt. (Bezogen auf die Wiedergabegröße im Buch.)

Finden sich die Negative bei den Akten, so sollten diese in problematischen Fällen, so etwa bei starker Unterbelichtung, anstelle der chemischen Positive gescannt werden: Negative haben einen größeren Dichteumfang, d.h. sie lösen die Helligkeit feiner auf als die Positivabzüge. Dies gilt speziell für Schwarz-Weiß- und Diafilme, in schwächerem Maße aber auch für die (stark rotstichigen) Farbnegative, Abb. 3.2.3. Teilweise kommt man eh nicht umhin, die Negative zu scannen, etwa bei Filmrollen zu Geschwindigkeitsmessungen: Der Film würde im Zuge der normalen Entwicklung in einem Belichtungsautomaten unzulässigerweise zerschnitten.

Für den Scan von Negativen benötigt man einen Scanner mit Durchlichtoption oder einen speziellen Negativscanner.

Vor Erwerb des letzteren sollte man prüfen, ob dieser auch Filmrollen verarbeiten kann, was beileibe nicht selbstverständlich ist. Farbnegativfilme müssen mit speziellen Treibereinstellungen gescannt werden, um den starken Rotstich zu kompensieren. Dieser Farbstich ist im Nachhinein nur noch mit speziellen, kostenpflichtigen Filtern zu korrigieren. Negativfilme scannt man als Graustufenbild im Dia-Modus (!) und invertiert anschließend. Hier führt die Einstellung «Negativfilm» meist zu falschen Ergebnissen, weil damit automatisch die Farbkorrektur für den Farbnegativfilm verknüpft ist.

Scannen von Strichzeichnungen

Strichzeichnungen bedürfen beim Scannen höherer Auflösung als Fotos, besonders dann, wenn sie dünne Linien enthalten. Für normale DIN-A4-Zeichnungen sind mindestens 200 dpi anzuraten, wobei das Ergebnis als Fax4-codiertes 1-Bit-TIFF gespeichert wird. Die Strichzeichnungen im vorliegenden Buch sind, wenn es sich nicht um Vektorzeichnungen handelt, mit 1200 dpi gescannt. Bei Strichzeichnungen gilt: Besser die Graustufen-Auflösung auf zwei Werte (0/1) herunterfahren, also rein schwarzweiß scannen, und dafür eine größere räumliche Auflösung («mehr dpis») spendieren!

Scannen gerasterter Bilder

Oft kommt man nicht umhin, gedruckte Bilder zu scannen. Z.B. möchte man Fotos aus Zeitschriften (Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik) oder Büchern (Die Aufklärung des Kfz-Versicherungsbetrugs) als Beleg für eine bestimmte Aussage ins Gutachten übernehmen. Auch das Scannen ausgedruckter Digitalbilder lässt sich nicht immer vermeiden, denn oft wird man der Originaldatei nicht mehr habhaft. So ist es etwa in manchen deutschen Bundesländern bei der Verkehrspolizei gängige Praxis, Digitalfotos nach dem Ausdruck (auf Normalpapier) zu löschen.



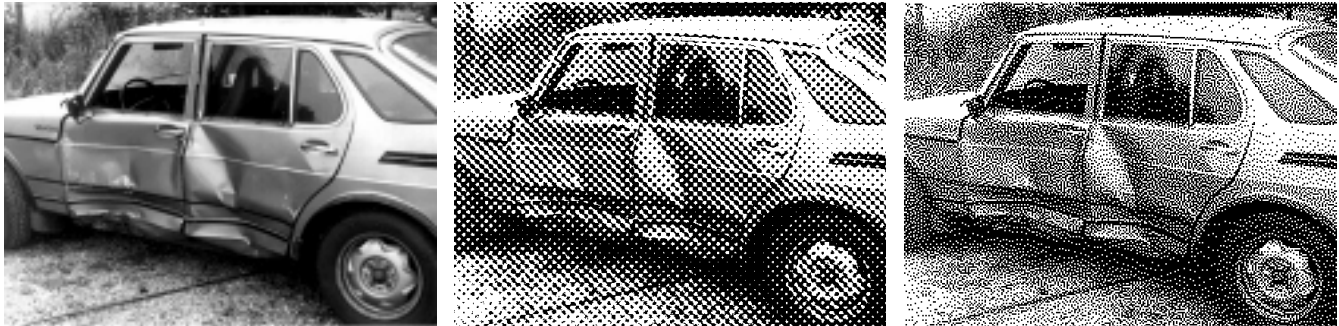
Abb. 3.2.3: Stark unterbelichtetes chemisches Foto (Blitz zu schwach)
Rechts der Scan des Negativs, der die Seitenwand des Aufbaus und die Person im Hintergrund erkennen lässt.

Gedruckte Bilder zeichnen sich im Regelfall dadurch aus, dass sie aus einzelnen, vollfarbigen oder rein schwarzen Punkten bestehen. (Nur Tintenstrahldrucke bilden insoweit eine Ausnahme, als dass die flüssige Tinte sowohl verschieden starke Tränkung des Papiers als auch das echte Mischen verschiedenen Farbtöne erlaubt.) Graustufen werden im Druck dadurch erzeugt, dass man den weißen Hintergrund mit verschiedenen starken Anteilen rein schwarzer Flächen bedeckt. Dabei gibt es zwei verschiedene Strategien, die auch Einfluss auf die Scaneinstellungen haben, Abb. 3.2.4:

- Beim der **amplitudenmodulierten** Rasterung liegen die schwarzen Punkte in festem Abstand und sind je nach angestrebtem Schwärzungsgrad verschieden dick. Dies ist die gängige Vorgehensweise in Zeitschriften und Büchern, so auch im vorliegenden Buch, das ein 80er Raster mit 52,5° Winkelung verwendet.
- Bei der **frequenzmodulierten** Rasterung haben alle schwarzen Punkte dieselbe Größe und liegen je nach Schwärzungsgrad verschieden dicht. Nach dieser Methode gehen Computerdrucker, speziell Laserdrucker vor.

Die Abb. 3.2.4b+c wurden mit PHOTOSHOP erzeugt, das beim Umrechnen eines Fotos in ein reines Schwarz-Weiß-Bild (nennt sich in diesem Programm merkwürdigerweise «Bitmap») nach der Rasterungsmethode fragt. Um die Effekte zu verdeutlichen, wurde das amplitudenmodulierte Raster sehr grob eingestellt. Um das frequenzmodulierte Raster gut sichtbar zu machen, wurde das Foto vor der Rasterung auf halbe Größe heruntergerechnet und nach der Rasterung mittels Pixelwiederholung wieder auf Ausgangsgröße gebracht (Rastermethode: DITHER). Man sieht, dass das frequenzmodulierte Raster weniger augenfällig ist. Im normalen Sprachgebrauch wird «gerastert» mit «amplitudenmoduliert gerastert» gleichgesetzt und «frequenzmoduliert gerastert» zu «gedithert» verkürzt. Beide Verfahren lassen sich ebenso gut auf Farbbilder anwenden, wobei dann jede Farbe einzeln gerastert wird. Bei der amplitudenmodulierten Rasterung verwendet man dann für jede Farbe einen anderen Rasterwinkel.

Beim Scannen eines geditherten Bildes erzielt man erheblich bessere Resultate als beim Scannen eines gerasterten. Abb. 3.2.5 zeigt einen Ausschnitt des Fotos Abb. 3.2.4a. Dieser wurde auf die dreifache Größe hochgerechnet, gerastert und wieder in ein Graustufenbild der Ausgangsgröße verwandelt. Der Ausschnitt ist hier in dreifacher Vergrößerung dargestellt. Der «Scan» der gerasterten Vorlage zeigt immer noch eine ausgeprägte Musterung, während derjenige der geditherten Vorlage nur leicht körnig wirkt. Dies ist exakt der



a) Originalbild [W1, S. 132]

b) grobes amplitudenmoduliertem Raster unter 45°, typische für Druckwerke

c) frequenzmoduliertes Raster, wie es bei Computerausdrucken verwendet wird

Abb. 3.2.4: Rasterungsmethoden

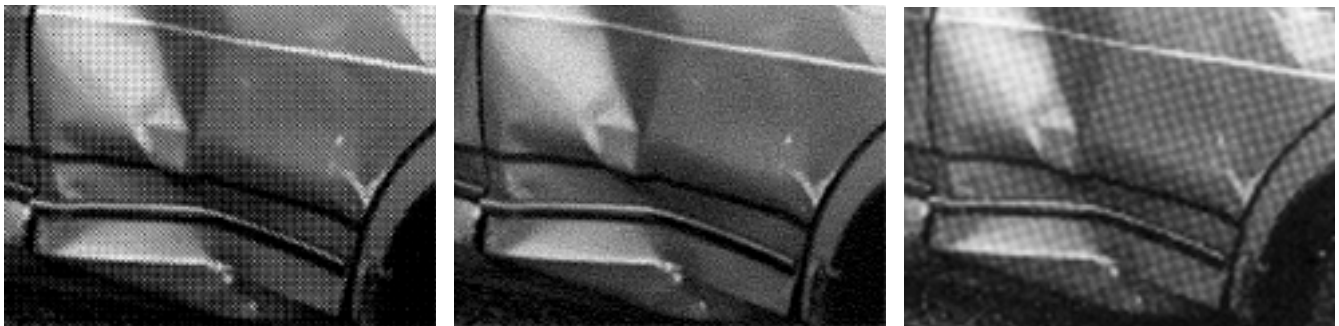
Effekt, den man auch beim Scannen ausgedruckter Digitalfotos feststellen wird.

Speziell beim Scan eines amplitudenmoduliert gerasterten Bildes kommt es außerdem zu Interferenzen zwischen dem Druckraster und dem Abtraster des Scanners. Dies macht sich im Scan durch ein grobes Muster, ein sog. **Moiré**, bemerkbar, 3.2.5. Um das Moiré abzuschwächen, gibt es zwei Ansätze: Man sollte erstens die Rasterweite beim Scannen auf die Rasterweite des Originals abstimmen. Im Idealfall verschwindet das Moiré, wenn die Rasterweite des Scanners und die der Druckvorlage in ganzzahligem Verhältnis stehen. Liegt das Verhältnis nahe bei einer Ganzzahl, wird das Muster zumindest großflächiger und damit weniger aufdringlich. Die optimale Auflösung muss für ein bestimmtes Druckwerk nur ein einziges Mal bestimmt werden und gilt dann für jedes dort abgedruckte Foto.

Als zweite Maßnahme gegen das Moiré empfiehlt es sich, die Vorlage zunächst in höherer Auflösung als letztlich benötigt zu scannen. Auf diesen Scan wendet man dann einen

Weichzeichnungsfilter an, am besten den Gaußschen Weichzeichner, denn dieser lässt sich in seiner Wirkung am differenziertesten steuern. Das weichgezeichnetes Bild wird anschließend auf die gewünschte Auflösung heruntergerechnet. Kombiniert man die richtige Scanauflösung mit letztgenannter Maßnahme, so lassen sich verblüffend gute Resultate erzielen. Tab. 3.2.1 listet ausgetestete Einstellungen für gängige Vorlagen. Für das vorliegende Buch benötigt man keine Ratschläge betreffend das Scannen gerasteter Vorlagen: Sämtliche Fotos finden sich im farbigen Original auf der DVD ☺.

Die Rasterung wird in Europa gängigerweise metrisch in Linien pro cm (und eben nicht in dpi bzw. lpi) angegeben, Abb. 3.2.6. Der Rasterwinkel wird gegenüber der 12-Uhr-Richtung im Uhrzeigersinn angegeben. Tab. 3.2.1 rechnet die Auflösung in dpi bezogen auf die Horizontalrichtung um. Die Scanauflösung sollte etwa das Dreifache dieser Auflösung betragen. Anschließend wird mit dem Gaußschen Weichzeichner mit den angegebenen Radius geglättet und das Bild schließlich auf die Zielauflösung herunter gerech-



a) Scan des amplitudenmoduliert gerasterten Bildes (Simulation in Photoshop)

b) Scan des frequenzmoduliert gerasterten Bildes (Simulation in Photoshop)

c) Der 150-dpi-Scan der Originalvorlage zeigt ein ausgeprägtes Moiré

Abb. 3.2.5: Scannen von gerasterten Bildern