



Mit der Kamera entzerrt



Am Computer entzerrt

MIT DER FACHKAMERA ODER AM COMPUTER ENTZERREN?

KORREKTE VORGEHENSWEISE UND QUALITÄTSVERGLEICH

Digitale Aufnahmen mit „stürzenden Linien“ oder anderen perspektivischen Mängeln können am Computer mit Photoshop® nachträglich entzerrt werden. Das könnte zur Annahme verleiten, verstellbare Fachkameras und Objektive mit großem Bildkreis für korrigierende Parallelverschiebung und Scheimpflug-Schwenkung seien nicht mehr nötig. Dieser Beitrag beweist, dass Entzerren mit der Kamera bei der Aufnahme einfacher, schneller und präziser ist sowie korrekte Proportionen und eine deutlich bessere Bildqualität garantiert.

Die digitale Fotografie hat manches verändert, vieles vereinfacht und durch die Nachbearbeitung am Computer einige neue Möglichkeiten eröffnet, von denen zuvor niemand zu träumen gewagt hätte. Eine davon ist die Entzerrung der bei nach oben oder unten geneigter Kamera entstehenden „stürzenden Linien“, die besonders in Architektur-, Industrie- und Sachaufnahmen mit Weitwinkelobjektiven sehr stören können. In der analogen Fachfotografie wurden für derartige Aufnahmen verstellbare Kameras eingesetzt, meistens Großformatkameras, oft mit Rollfilmrückteil. Sie erlauben durch Senkrechthaltung der Mattscheibe bzw. Filmebene für Parallelität zur Fassade oder zu den senkrechten Kanten der Gebäude oder sonstigen aufzunehmenden Gegen-

stände, trotz schräger Aufnahmerichtung nach oben oder unten eine vollkommene Entzerrung der stürzenden Linien und zugleich die exakte Beibehaltung der Proportionen (Verhältnis von Breite zu Höhe). Je nach Verwendungszweck der Aufnahmen kann eine geringe Restperspektive von ca. 25 %, die sich bei unvollständiger Aufrichtung mit einer verbleibenden ca. 25%igen Bildebenen-Schräglage ergibt, ein ästhetisch besseres Ergebnis bringen: Die stürzenden Linien sind dann soweit reduziert, dass sie nicht mehr störend wahrgenommen werden, aber sie sind immer noch in ausreichendem Umfang vorhanden, dass sie dem Betrachter korrekten perspektivischen Eindruck vermitteln. Mit dem Siegeszug der Digitaltechnik auch in der professionellen Fotografie wurden nicht nur die Aufnahmeformate verkleinert

(von Planfilm- auf Rollfilm- bis zu Kleinbild-Formaten), sondern außerdem mit immer leistungsfähiger gewordenen Bildbearbeitungsprogrammen eine scheinbar perfekte Perspektive-Manipulationsmöglichkeit geschaffen, die manche Fotografen irrtümlich glauben lassen, dass verstellbare Fachkameras heute nicht mehr erforderlich seien. Warum sie jedoch nach wie vor für hochwertige Bildergebnisse unentbehrlich sind, wird dieser Beitrag beweisen.

KANN MAN DENN AM COMPUTER KORREKT ENTZERREN?

Das Standardprogramm zur professionellen Nachbearbeitung digitaler oder digitalisierter Fotos ist Photoshop® von Adobe. Dieses Programm bietet im Menü „Bearbeiten“ unter „Transformieren“ die Funktion „Perspektivisch verzerren“. Damit kann ein

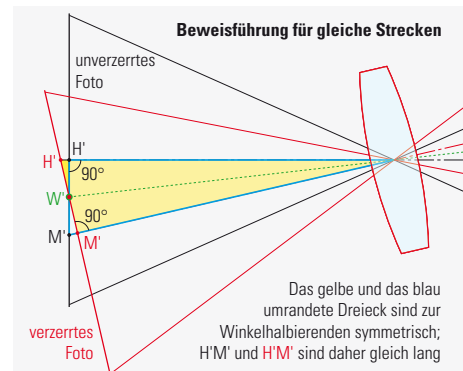
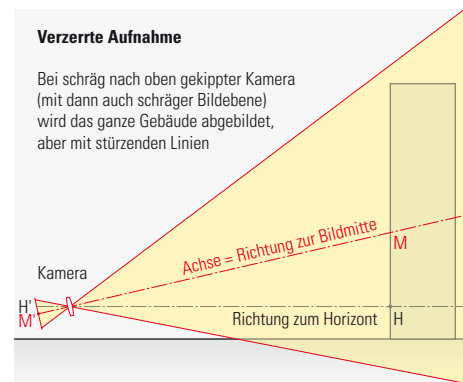
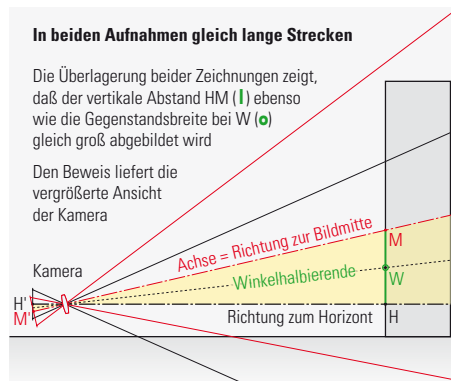
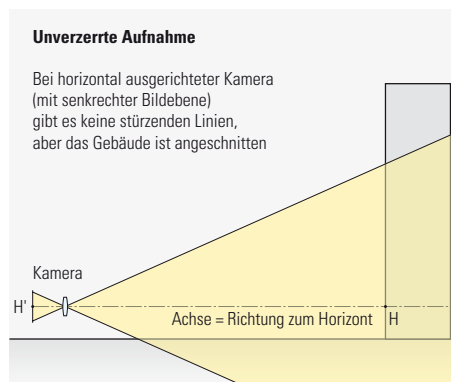
Foto, dessen volle Fläche zuvor als „Auswahl“ definiert wurde, durch horizontales Ziehen der Ecken-Anfasser (die nach dem Anklicken von „Perspektivisch verzerren“ am gestrichelten Auswahlrahmen erscheinen) trapezförmig verformt werden.

Die ersten beiden Bilder unten auf dieser Seite zeigen, wie durch Stauchen einer Bildkante (hier im ersten Bild der unteren) oder durch Dehnen der gegenüberliegenden (im zweiten Bild der oberen) auf diese Weise die bei diesem Foto des Kircheninnenraums nach oben – oder bei Produkt-aufnahmen nach unten – konvergierenden „stürzenden Linien“ parallel und senkrecht ausgerichtet werden können.

Was auf den ersten Blick als einfache und gute Lösung des Problems aussieht, zeigt auf den zweiten Blick leider untolerierbare Mängel: Die Parallelstellung wurde mit dem Verlust der korrekten Proportionen erkaufte! Das erste Bild ist relativ zu seiner Höhe zu schmal, das zweite zu breit. Das mag bei manchen Aufnahmen nicht auffallen, ist bei Architektur, Möbel- und anderen Produkt-aufnahmen (z. B. Packshots) und sogar bei Landschaftsaufnahmen, auf denen Berge im Hintergrund auf diese Weise aufgestellt oder abgeflacht werden, unannehmbar.

WIE MUSS MAN VORGEHEN, UM DIE PROPORTIONEN ZU WAHREN?

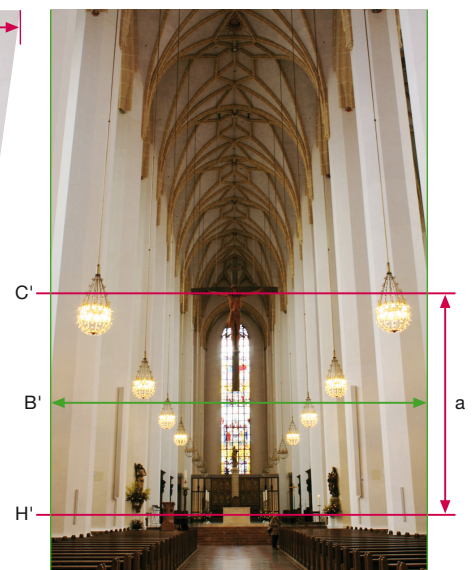
Wenn man auf der vorigen Seite das mit schräger Kamera aufgenommene erste Foto und das zum Entzerren der stürzenden Linien mit einer verstellbaren Kamera mit senkrechtgestellter Bildebene und nach oben parallelverschobenem Objektiv aufgenommene zweite Foto vergleicht, fällt auf, dass im korrekt entzerrten Foto in der oberen Bildhälfte die Struktur des Gewölbes nach oben hin zunehmend gestreckt und in der unteren Bildhälfte alles nach unten hin zunehmend gestaucht ist. Das bedeutet, dass sich die Proportionen je nach der Höhe im Bild verschieden ändern, und das macht die Sache schwierig. Sehen Sie sich nun bitte die vier Zeichnungen oben auf dieser Seite an. Sie werden in der vierten Zeichnung dieser Seite feststellen, dass es im verzerrten Foto (rot gezeichneter Strahlengang) und im unver-



zerrten Foto (schwarzer Strahlengang) je eine senkrechte und waagerechte Strecke gibt, die in beiden Fotos trotz der Stauchungen und Dehnungen gleich lang bleibt: 1. Die senkrechte Strecke H'M' von der Horizontlinie H' bis zur Bildmitte M' ist in beiden Fotos gleich lang. 2. Weil die senkrechte und die verkippte Bildebene einander in der waagerechten (hier nur als Punkt erscheinenden) Linie W' auf der Winkelhalbierenden zwischen der Richtung zum Horizont und der zur Bildmitte schneiden, müssen dort alle Objekte in beiden Fotos gleich breit sein. Wenn wir beim trapezförmigen Verzerren mit Photoshop® dafür sorgen, dass das Bild bei W' gleich breit bleibt und wir danach das Bild vertikal so strecken, dass der Abstand zwischen Horizontlinie H' und der Linie M' durch die ursprüngliche Bildmitte wieder so groß wie im Bild mit den stürzenden Linien ist, dann müssten die Proportionen wieder stimmen.

SCHRITT-FÜR-SCHRITT-ANLEITUNG ZUM KORREKTEN ENTZERREN

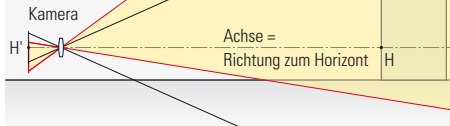
Wir nehmen das unten abgebildete Foto mit stürzenden Linien als Beispiel. Zur Darstellung in Photoshop® wählen wir die maximale Wiedergabegröße (Macintosh: Tastenkombination [⌘] + [0]) und reduzieren sie dann mit der „Minus-Lupe“ (Macintosh: Mausklick bei Tastenkombination [Alt] + [⌘] + [Leertaste]), um ein graues Umfeld um das Foto zu bekommen. Wir wählen das volle Bild als Auswahl (Macintosh: Tastenkombination [⌘] + [A]). Wenn wir dann an alle Bildränder senkrechte und waagerechte Hilfslinien ziehen, rasten diese exakt an den Kanten ein. Nun ziehen wir je eine waagerechte Hilfslinie M' zur Bildmitte (sie rastet ebenfalls automatisch ein, wenn wir sie langsam in die Bildmitte ziehen) und in Höhe der Horizontlinie H', also in „Augenhöhe“ der Kamera (die zwei roten Linien). Schließlich positionieren wir noch eine wei-



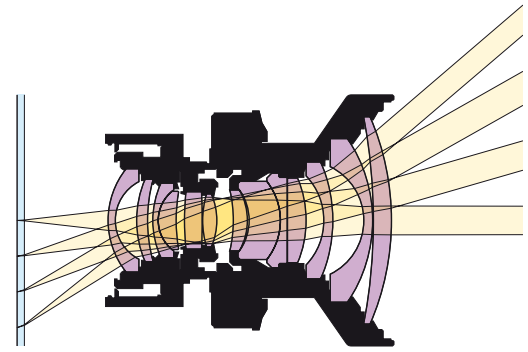
Durch Parallelverschiebung entzerrte Aufnahme

Bei senkrechter, zur Fassade paralleler Bildebene zur Vermeidung störender stürzender Linien wird problemlos das ganze Gebäude in korrekten Proportionen schräg nach oben aufgenommen

Das ist die perfekte und schnellste Lösung



Das Rodenstock Apo-Sironar digital HR 28 mm 1:4,5 erlaubt selbst bei kurzen Distanzen Aufnahmen hoher Gebäude ohne stürzende Linien. Auch im Studio ist die kurze Brennweite für Aufnahmen mit betonter Perspektive vorteilhaft.

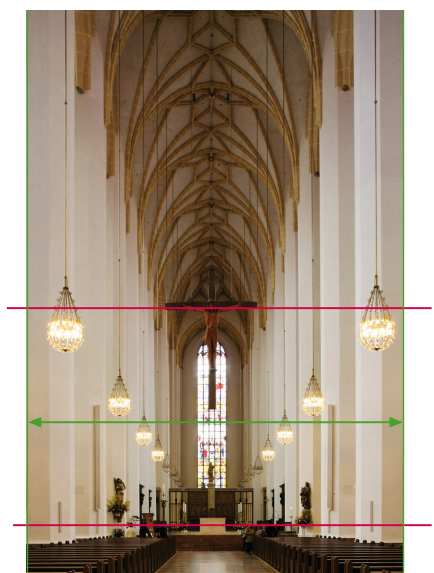
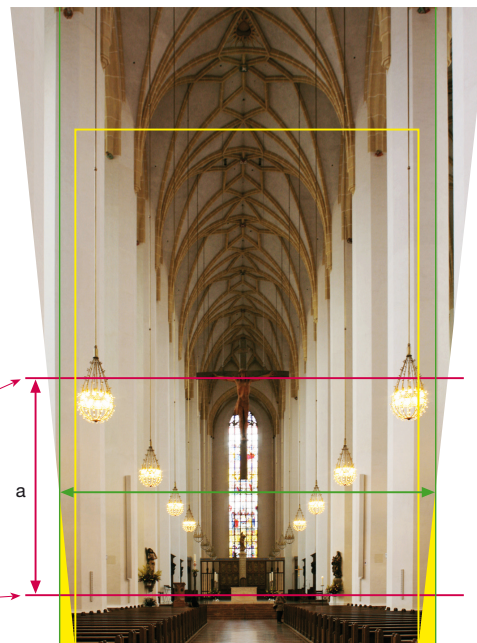
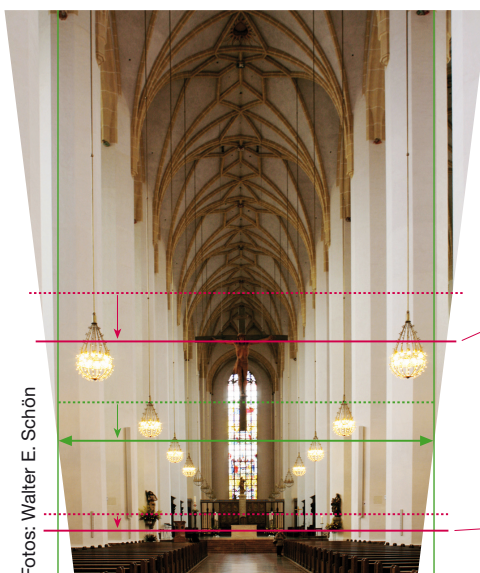


Schräger Lichteinfall verursacht auf Mikrolinsen-Sensoren Helligkeitsabfall am Bildrand. Die lange Schnittweite des Rodenstock Apo-Sironars digital HR 35 mm 1:4 verhindert das.

tere waagerechte Linie W' in der Mitte dazwischen (die grüne Linie mit den Pfeilspitzen), wo gemäß der Zeichnung links die Winkelhalbierende das Bild schneidet. Strenggenommen müsste die Linie W' ein klein wenig (etwa 1% bis 3%) oberhalb der Mitte zwischen der Mittel- und der Horizontlinie liegen. Doch weil diese geringfügige Ungenauigkeit kaum sichtbar ist, dürfen wir auch die Mitte nehmen. Da bei den folgenden Schritten das Foto breiter und höher wird, müssen wir jetzt im Menü „Bild“ auf „Arbeitsfläche ...“ klicken und im folgenden Eingabefenster die Arbeitsfläche symmetrisch beiderseits um etwa 30% bis 60% verbreitern und in der Höhe nur nach oben um 20% bis 70% strecken (jeweils: je schräger die stürzenden Linien, desto mehr). Danach ist das Foto links, rechts und oben von einer vorerst noch leeren Fläche umgeben. Jetzt müssen wir die Bildfläche erneut mit dem Cursor als rechteckige „Auswahl“ definieren, weil die Auswahl beim Vergrößern der Arbeitsfläche automatisch aufgehoben wurde. Die schon zu Beginn auf allen vier Seiten gezogenen Hilfslinien garantieren uns, dass dieses Auswahl-Rechteck exakt entlang der Bildkanten verläuft. Nach so aktivierter Auswahl klicken wir im Menü „Bearbeiten“ unter „Transformieren“ die Funktion „Perspektivisch verzerren“ an. Daraufhin bekommt das Auswahlrechteck in jeder Ecke und Kantenmitte „Anfasser“. Doch bevor wir mit dem Entzerren beginnen, müssen wir uns noch zwei markante Bildstellen merken: eine, die auf der (in un-

serem Beispielfoto roten) waagerechten Mittellinie M' liegt, hier z.B. die Unterkante des rechten Kreuzbalkens, und eine, die auf der (im Beispielfoto grünen) Winkelhalbierenden W' liegt, hier z.B. die Position im Fenster unter dem Kreuz oder an einem der Kronleuchter. Diese Bildstellen werden wir nämlich später wiederfinden müssen, nachdem sie sich beim Entzerren nach unten verschoben haben werden. Wenn wir nun mit dem Cursor den Anfasser in einer der oberen Ecken waagrecht entlang der Hilfslinie nach außen ziehen, verformt sich das Bild trapezförmig, und dabei werden die stürzenden Linien immer „senkrechter“ und könnten sogar ganz beseitigt werden. Das tun wir jedoch nicht, weil dann das Foto (wie auf dem zweiten Bild der vorigen Seite) zu breit würde. Wir lassen also noch schwache stürzende Linien zu und ziehen dann zur vollständigen Korrektur mit dem Cursor den Anfasser in einer der unteren Ecken ebenfalls wieder entlang der Hilfslinie waagrecht nach innen. Dabei wird das vorher zu breit gewordene Bild wieder etwas schmaler. Wir kontrollieren nun, ob unser Foto an der zuvor gemerkten Bildstelle auf der (grünen) Winkelhalbierenden (Fenster- oder Kronleuchterdetail), die beim Entzerren etwas nach unten gerutscht ist, wie das Foto links unten zeigt, die ursprüngliche Bildbreite beibehalten hat. Das können wir an den beiden senkrechten Hilfslinien erkennen. Sollte

die Breite an dieser Stelle noch nicht stimmen, korrigieren wir durch geringfügiges Hin-und-her-Schieben der Anfasser oben und unten so nach, dass sowohl die stürzenden Linien beseitigt sind als auch auf Höhe der nach unten verschobenen Winkelhalbierenden W' die Bildbreite unverändert geblieben ist. Wir stellen danach fest, dass sich auch die zuvor auf der Mittellinie (Unterkante Kreuzbalken) und auf der Horizontlinie (Augenhöhe der Person im Mittelgang) liegenden Bildstellen unterschiedlich weit nach unten verschoben haben. Leider blieben die dort gezogenen Hilfslinien aber auf ihrer ursprünglichen Höhe (gestrichelte Linien im Bildbeispiel links unten). Damit haben wir einerseits die stürzenden Linien entzerrt und andererseits sichergestellt, dass die Bildbreite in Höhe der Winkelhalbierenden unverändert geblieben ist. Nun müssen wir nur noch dafür sorgen, dass auch der beim Entzerren verkleinerte Abstand a zwischen den Bildstellen, die zuvor auf den (roten) waagerechten Linien durch die Bildmitte und auf Horzhöhe lagen, wieder die ursprüngliche Größe hat. Dazu müssen wir im Menü „Bearbeiten“ unter „Transformieren“ die Funktion „Verzerren“ anklicken. Danach können wir den Anfasser in der Mitte der Oberkante so weit senkrecht nach oben ziehen, also das Bild strecken, bis dieser Abstand wieder die ursprüngliche Größe hat. Das Ergebnis unserer nunmehr wieder die richtigen Proportionen (Breite zu Höhe) zeigenden Entzerrung sehen wir im mittleren Bildbeispiel dieser Seite. Beim Vergleich



Fotos: Walter E. Schön

mit dem daneben abgebildeten, bereits bei der Aufnahme durch Parallelverschiebung des Objektivs perfekt entzerrten Vergleichsfoto sehen wir, dass sowohl die stürzenden Linien beseitigt als auch die wahren Proportionen hergestellt sind, wir also am Computer ein Ergebnis erzielt haben, das sich **diesbezüglich** nicht von dem bei der Aufnahme entzerrten unterscheidet.

DIE GRAVIERENDEN NACHTEILE DES ENTZERRENS AM COMPUTER

Im letzten Satz schrieb ich bewusst „diesbezüglich“, denn in anderer Hinsicht hat die Entzerrung am Computer zu einer erheblichen Verschlechterung geführt: Die dazu nötige trapezförmige Verzerrung und vertikale Streckung der Bildes hat eine umfangreiche Neuberechnung (Interpolation) der Pixel zur Folge, aus der speziell im oberen Bildbereich eine nach oben stark zunehmende **Unschärfe** resultiert. Man kann sich das wie folgt plausibel machen: Erst wurde die Bildfläche oben stark vergrößert, wobei die Pixel quasi weit auseinandergezogen wurden. Dann hat die Interpolation die Pixel im regulären Raster (mit Verlust statt Zugewinn an Bildstrukturen!) wieder aufgefüllt. Zum Schluss musste ein großer Teil der Bildfläche abgeschnitten werden, wobei die dort im Originalfoto vorhandenen **Pixel verlorengegangen** sind! Weil das in den dafür zu kleinen Beispielen der vorigen Seite nicht deutlich erkennbar ist, habe ich unten ein zweites Bildbeispiel vor dem Entzerren in der Auf-

lösung so reduziert, dass man im Endergebnis trotz des auch hier noch immer sehr kleinen Bildformats den Auflösungsverlust gut sehen kann. Hier ist ebenso wie bei den letzten beiden Beispielen der vorigen Seite erkennbar, dass außerdem ein weiterer **Verlust an Bildfläche** und somit auch ein weiterer Auflösungsverlust entsteht, weil das nutzbare Bildformat wegen der links und rechts unten fehlenden (gelben) Dreiecksflächen kleiner wird: Während ein bei der Aufnahme mit der Kamera durch Parallelverschiebung entzerrtes Foto vom gleichen Aufnahmestandort die grün umrahmte Bildfläche gezeigt hätte, muss das computerentzerrte Bild um die Breite der gelben Dreiecksflächen schmaler sein. Wenn dann in der Anwendung dieses Bildes das Seitenverhältnis (z.B. der Druckseite) beizubehalten ist, muss die nutzbare Bildfläche auf den unten gelb eingezeichneten Rahmen weiter schrumpfen. Also gehen noch mehr wertvolle Pixel verloren! Im Bildbeispiel der vorigen Seiten mit 35 mm Brennweite betrug dieser Verlust fast 30 %, im unteren Bildbeispiel, bei dem die Aufnahmebrennweite mit 28 mm fürs Sensorformat 24x36 mm kürzer und die Kamera steiler nach oben verkippt war, beträgt er sogar über 44 % (bezogen auf das Ausgangsfoto, nicht auf das entzerrte!), wie die im linken Foto gelb eingezeichnete trapezförmige Fläche zeigt, die nach dem Entzerren zur nutzbaren Bildfläche geworden ist. Hätte die Sensorauflösung z.B. 22 Megapixel betragen,



so wären davon nur noch knapp 12,3 Megapixel übrig, wobei die Schärfe unten etwa der von 20 und oben der von weniger als 10 Megapixel entspräche. Schließlich darf der enorme **Zeitaufwand** beim Entzerren am Computer nicht ignoriert werden: Was beim Entzerren mit der Kamera in weniger als einer halben Minute zu erledigen ist, dauert am Computer über eine Viertelstunde, und das bei leider sehr viel schlechterer Bildschärfe. Der professionelle Fotograf tut deshalb gut daran, die hier beschriebene präzise Entzerrmethode nur als Notlösung einzusetzen, falls eine verstellbare Fachkamera mit hochwertigen Digitalobjektiven nicht zur Verfügung stand. *Walter E. Schön*

Bei Entzerrung am Computer kann die Qualität extrem abfallen

Diese Aufnahme wurde zur Demonstration der Qualitätseinbuße bei der Entzerrung am Computer zunächst auf eine Auflösung von 435x644 Pixel heruntergerechnet, um trotz der hier kleinen Wiedergabegröße die Pixelstruktur sichtbar werden zu lassen. Die Schärfe entspricht dann z.B. im Falle eines 22-Megapixel-Originals der einer Vergrößerung auf 41x62 cm (ca. DIN A2). Weil hier die Kamera mit einem 28-mm-Objektiv, also einer noch kürzeren Brennweite als bei den vorhergehenden Bildbeispielen, sehr weit nach oben verkippt war, liegt die Horizontlinie fast am unteren Bildrand. Die Entzerrung mit Photoshop® erfolgte gemäß den auf den vorigen Seiten angegebenen Schritten:

1. Horizontale Linien auf Horzhonhöhe (rot), durch die Bildmitte (rot) und mittig dazwischen als Winkelhalbierende (grün) ziehen und markante Bilddetails merken (Kreise).
2. Bildbreite durch vertikale Hilfslinien an linker und rechter Kante markieren (hier nur durch kurze grüne Linien angedeutet).
3. Stürzende Linien mit „Perspektivisch verzerren“ so aufrichten, dass die Bildbreite dort, wo die grüne Winkelhalbierende lag (Mitte der dreieckigen Fensterspitze im grünen Kreis), unverändert bleibt; die Stelle verschiebt sich dabei etwas nach unten.
4. Bild mit „Verzerren“ so in der Höhe strecken, dass die Bildstellen, die ursprünglich auf der Mittel- und Horizontlinie lagen (rot),

genauso weit von einander entfernt sind wie zu Beginn. Im oberen Bildteil, der wegen der starken Kameraverkipptung sehr stark vergrößert wurde, ist die resultierende Unschärfe sehr deutlich. Das im Seitenverhältnis 2:3 nutzbare Rechteckbild (gelber Rahmen) ist deutlich kleiner, als es bei der Entzerrung mit der Kamera (grüner Rahmen) gewesen wäre, weil links und rechts unten zwei Dreiecksflächen (gelbe Flächen) fehlen.

