

TECHNIK



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 völlig neue Möglichkeiten eröffnet, von denen zuvor niemand zu träumen gewagt hätte. Eine dieser Möglichkeiten 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 Fachkameras eingesetzt, meistens Großformatkameras, oft mit Rollfilmrückteil. Sie erlauben durch Senkrechthaltung der Mattscheibe bzw. Filmebene, also Parallelität zur Fassade oder zu den senkrechten Kanten der Gebäude oder sonstigen

Gegenstände, trotz einer schrägen Aufnahme-richtung nach oben oder unten die vollkommene Entzerrung der stürzenden Linien sowie außerdem die exakte Beibehaltung der Proportionen (Verhältnis von Breite zu Höhe). Je nach Verwendungszweck der Aufnahmen kann eine kleine Restperspektive von ca. 25%, die sich bei einer unvollständigen Aufrichtung mit einer Bildebenen-Schräglage dieser Größe ergibt, ein ästhetisch besseres Ergebnis bringen: Die stürzenden Linien sind dann soweit reduziert, dass sie nicht mehr störend wahrgenommen werden, aber immer noch in solchem Umfang vorhanden, dass sie einen korrekten perspektivischen Eindruck vermitteln. Mit dem Siegeszug der Digitaltechnik auch in der professionellen Fotografie haben sich nicht nur die Aufnahmeformate verkleinert (von Plan-

film- auf Rollfilm- und Kleinbild-Formate), sondern auch mit immer leistungsfähigeren Bildbearbeitungsprogrammen scheinbar perfekte Perspektive-Manipulationsmöglichkeiten ergeben, die manchen Fotografen irrtümlich glauben lassen, eine verstellbare Fachkamera sei heute nicht mehr erforderlich. Warum sie nach wie vor für hochwertige Bildergebnisse unentbehrlich ist, wird dieser Beitrag beweisen.

KANN MAN DENN AM COMPUTER KORREKT ENTZERREN?

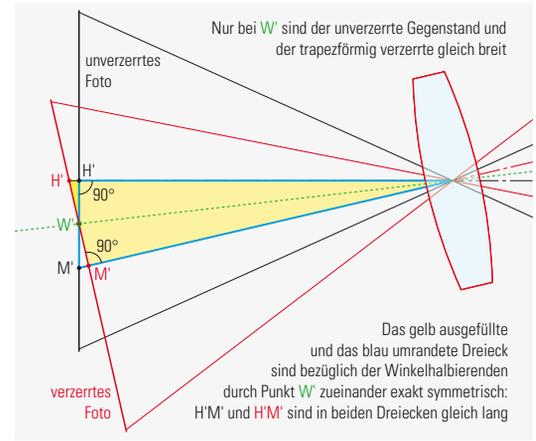
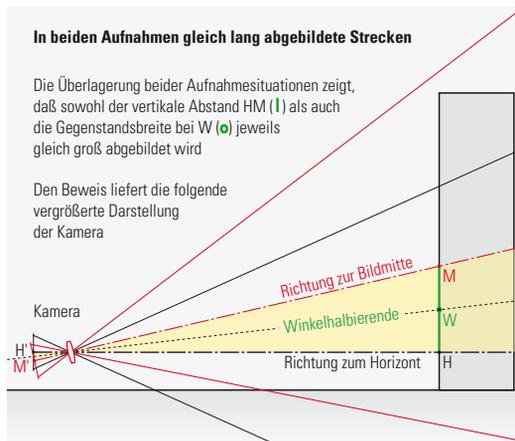
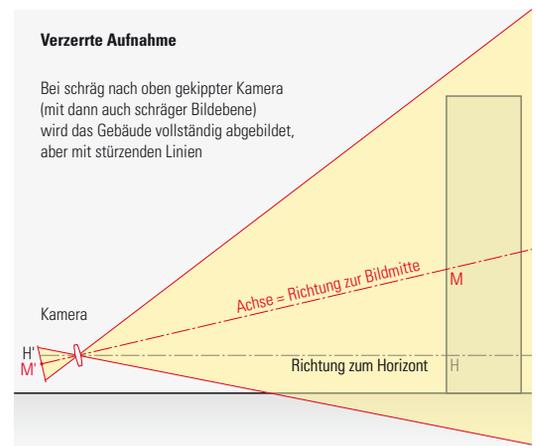
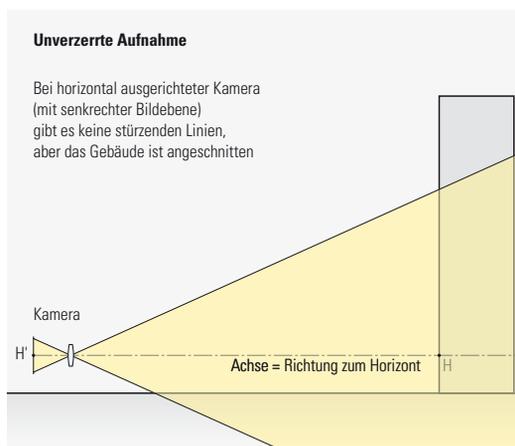
Das Standardprogramm zur professionellen Nachbearbeitung digitaler oder digitalisierter Fotos ist Photoshop®. Dieses Programm bietet im Menü „Bearbeiten“ unter „Transformieren“ die Funktion „Perspektivisch verzerren“. Damit kann ein Foto, dessen volle Fläche zuvor als

„Auswahl“ definiert wird, durch horizontales Ziehen der Ecken-Anfasser (die nach Anklicken von „Perspektivisch verzerren“ am gestrichelten Auswahlrahmen erscheinen) trapezförmig verformt werden. Die ersten beiden Bilder unten auf dieser Seite zeigen, wie sowohl durch Stauchen einer Bildkante (hier der unteren) als auch durch Dehnen der gegenüberliegenden (hier der oberen) auf diese Weise die je nach Aufnahmerichtung nach oben, wie bei diesem Foto des Kircheninnenraums, oder unten, wie z.B. bei Produktaufnahmen, konvergierenden „stürzenden Linien“ wieder 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 nicht tolerierbare Mängel: Die Parallelstellung wurde mit dem Verlust der korrekten Proportionen erkauft! Das erste Bild ist relativ zur Höhe zu schmal, das zweite zu breit. Das mag bei manchen Aufnahmen nicht auffallen, ist bei Architektur, Möbel- und anderen Produktaufnahmen (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 ERHALTEN?

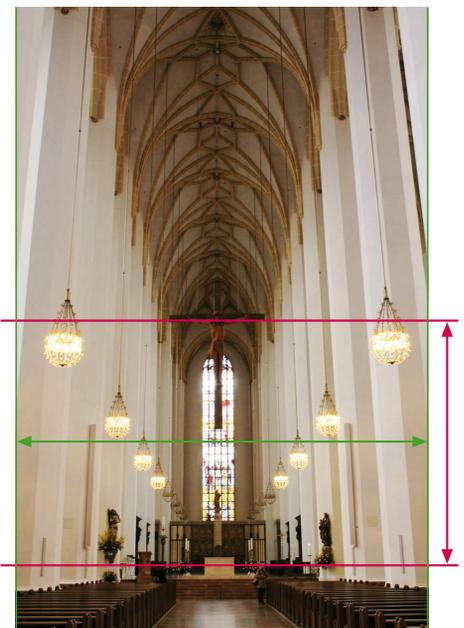
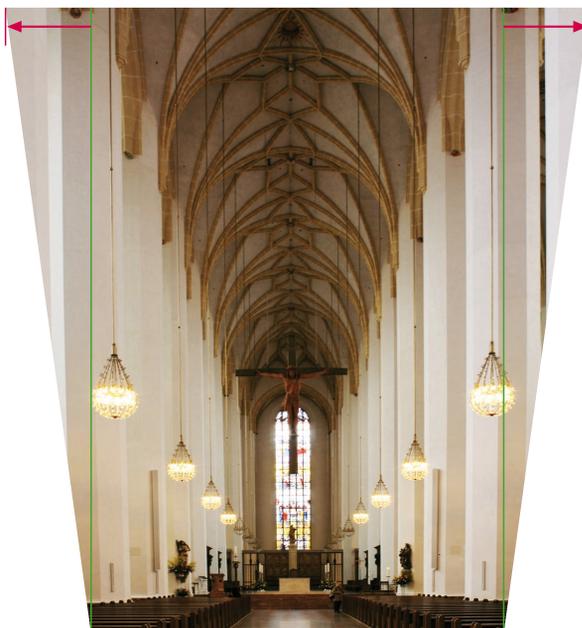
Wenn man auf der vorigen Seite das mit schräger Kamera aufgenommene erste Foto und das zum Entzerren der stürzenden Linien bei der Aufnahme mit einer Kamera mit senkrechtester Bildebene und nach oben parallelverschobenem Objektiv aufgenommene zweite Foto vergleicht, fällt auf, dass im korrekt entzerrten Foto in der oberen Bildhälfte die Struktur des Gewölbes nach oben hin immer weiter 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 wirklich schwierig. Wer sich die Zeichnungen rechts genau ansieht und die Erklärungen darin liest, erkennt in der vierten Zeichnung dieser Seite, dass es im verzerrten Foto (rot gezeichneter Strahlengang) und im unverzerrten Foto (schwarz gezeichneter Strahlengang) eine senkrechte und eine waagerechte Strecke gibt, die in beiden Fotos



trotz der Stauchungen und Dehnungen genau gleich sind: 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 Geraden W' auf der Winkelhalbierenden zwischen der Richtung zum Horizont und der zur Bildmitte schneiden, müssen die dort liegenden Objekte gleich breit sein. Wenn wir also beim trapezförmigen Verzerren mit Photoshop® darauf achten, dass das Bild bei W' exakt gleich breit bleibt und wir danach das gesamte Bild vertikal so strecken, dass der Abstand zwischen Horizontlinie H' und der Linie M' durch die Bildmitte wieder so groß wie im ursprünglichen Bild mit den stürzenden Linien ist, müssten die Proportionen stimmen.

SCHRITT-FÜR-SCHRITT-ANLEITUNG ZUM KORREKTEN ENTZERREN

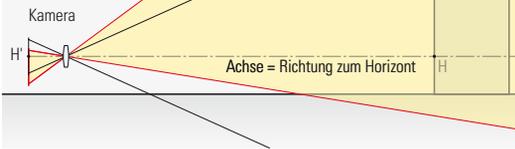
Wir nehmen das unten abgebildete Foto mit stürzenden Linien als Beispiel. Zur Darstellung in Photoshop® wählen wir maximale Wiedergabegröße (Macintosh: Tastenkombination [⌘] + [0]) und reduzieren sie dann mit der „Minus-Lupe“ (Macintosh: Mausklick bei Tastenkombination [Alt] + [⌘] + [Leertaste]), um ein graues Umfeld um das Foto zu haben. 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 in der Bildmitte (sie rastet automatisch ein, wenn wir sie langsam zur Bildmitte hin ziehen) und in



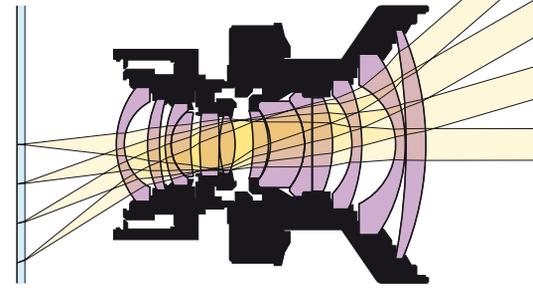
Durch Parallelverschiebung entzerrte Aufnahme

Trotz senkrechter, zur Fassade paralleler Bildebene zur Vermeidung störender stürzender Linien ist eine Aufnahmerrichtung nach schräg oben zur vollen Erfassung der Gebäudehöhe bei korrekten Proportionen möglich

Das ist die einzig perfekte und zugleich die schnellste Problemlösung!



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 (gesteigerte Raumwirkung) vorteilhaft.

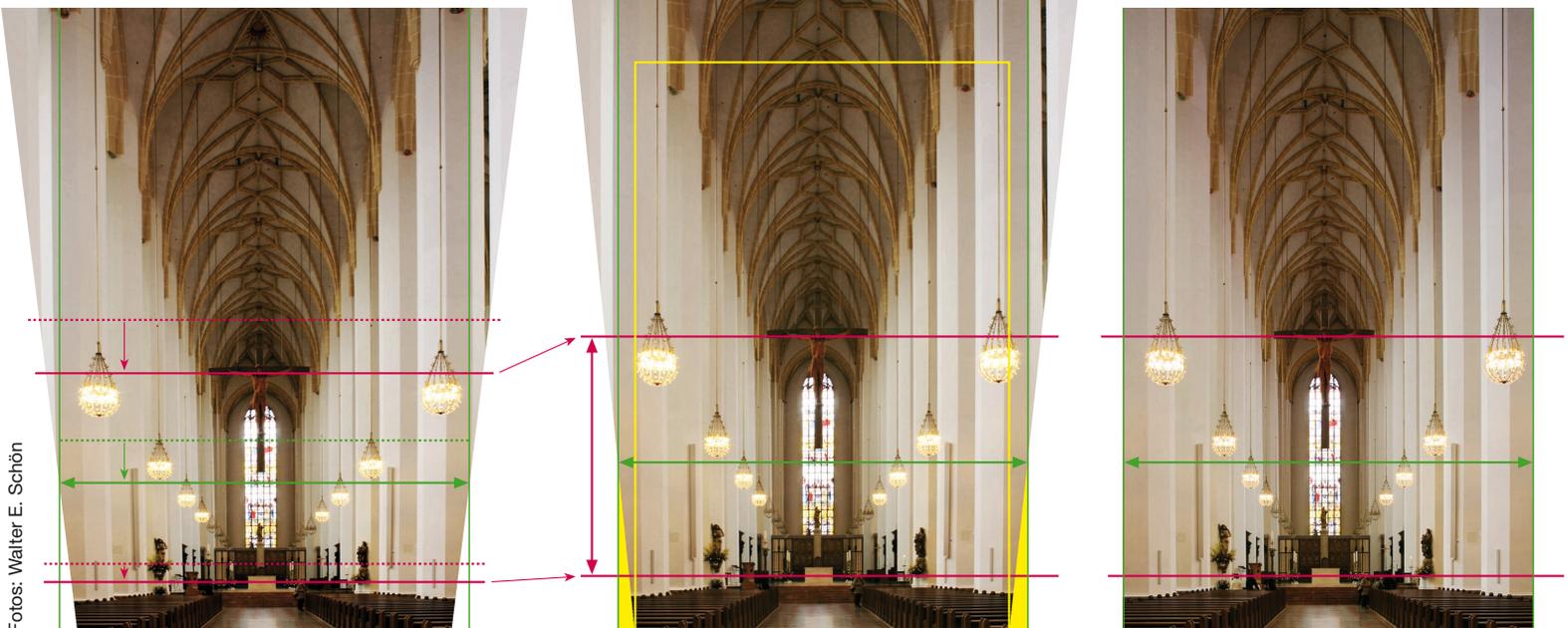


Weitwinkelobjektive können bei Parallelverschiebung auf Sensoren mit Mikrolinsen Helligkeitsabfall am Bildrand verursachen. Die längere Schnittweite des Rodenstock Apo-Sironars digital HR 35 mm 1:4 für steileren Lichteinfall verhindert das.

genau der Höhe der Horizontlinie, also „Augenhöhe“ der Kamera ein (die beiden roten Linien). Schließlich ziehen wir noch eine weitere waagerechte Linie genau in der Mitte dazwischen ein (die grüne Linie mit Pfeilspitzen), wo die Winkelhalbierende das Bild schneidet. Strenggenommen müsste diese Linie ein klein wenig (um etwa 1% bis 3%) oberhalb der Mitte zwischen der Mittel- und der Horizontlinie liegen. Doch weil die kleine Ungenauigkeit kaum sichtbar ist, dürfen wir die Mitte nehmen. Da bei den folgenden Schritten das Foto breiter und höher wird, müssen wir vorsorglich im Menü „Bild“ auf „Arbeitsfläche ...“ klicken und im folgenden Eingabefenster die Arbeitsfläche symmetrisch nach beiden Seiten um 50% bis 100% verbreitern und in der Höhe nur nach oben um 20% bis 70% strecken (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 zuvor auf allen vier Seiten gezogenen Hilfslinien garantieren uns, dass das Auswahl-Rechteck exakt entlang der Bildkanten verläuft. Nach so aktivierter Auswahl klicken wir nun im Menü „Bearbeiten“ unter „Transformieren“ die Funktion „Perspektivisch verzerren“ an. Damit bekommt das Auswahlrechteck in jeder Ecke und in jeder Kantenmitte „Anfasser“.

Bevor wir mit dem Entzerren beginnen, müssen wir uns zwei markante Bildstellen merken: eine, die auf der (in unserem Beispielfoto roten) waagerechten Mittellinie liegt, hier z.B. die Unterkante des rechten Kreuzbalkens, und eine, die auf der (im Beispielfoto grünen) Winkelhalbierenden liegt, hier z.B. die Stelle im Fenster unter dem Kreuz oder ein Detail an den Kronleuchtern. Diese Bildstellen werden wir nämlich später wiederfinden müssen, nachdem sie sich beim folgenden Entzerren nach unten verschoben haben werden. Wenn wir nun mit dem Cursor den Anfasser in der linken oberen Ecke waagerecht 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 der linken unteren Ecke ebenfalls wieder entlang der Hilfslinie waagerecht nach innen. Dabei wird das vorher zu breit gewordene Bild wieder etwas schmaler. Wir überprüfen 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 Bildbeispiel links unten zeigt, die ursprüngliche Bildbreite beibehalten hat. Das können wir an den beiden senkrechten Hilfslinien überprüfen. Falls die Breite an dieser Stelle noch nicht stimmt, korrigieren wir durch geringfügiges Hin- und Herschieben der Anfasser links oben und links unten nach, dass sowohl die stürzenden Linien beseitigt sind als auch die Bildbreite stimmt, wie es das Bildbeispiel links unten zeigt. Wir sehen dort, dass auch die zuvor auf der (roten) Mittellinie (Unterkante Kreuzbalken) und auf der (roten) Horizontlinie (Augenhöhe der Person im Hintergrund) liegenden Bildstellen sich unterschiedlich weit nach unten verschoben haben. Leider blieben die dort zuvor 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 auf Höhe der Winkelhalbierenden unverändert geblieben ist. Nun müssen wir nur noch dafür sorgen, dass auch der beim Entzerren verkleinerte Abstand zwischen den Bildstellen, die zuvor auf den (roten) waagerechten Linien durch die Bildmitte und auf Horizonthöhe lagen, wieder die ursprüngliche Größe hat. Dazu müssen wir im Menü „Bearbeiten“ unter „Transformieren“ die Funktion „Verzerren“ anklicken. Dann 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.



Fotos: Walter E. Schön

Das Ergebnis unserer nunmehr wieder die richtigen Proportionen (Breite zu Höhe) zeigenden Entzerrung sehen wir im mittleren Bildbeispiel auf der vorigen Seite. Beim Vergleich mit dem rechts daneben abgebildeten, bereits bei der Aufnahme durch Parallelverschiebung des Objektivs perfekt entzerrten Bildbeispiel 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.

NUN 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, bei der speziell im oberen Bildbereich und nach oben hin stark zunehmende **Unschärfe** durch einen erheblichen Auflösungsverlust resultiert. Man kann sich das auch damit plausibel machen, dass dabei ein großer Teil der Bildfläche und damit auch der dort im Original vorhandenen gewesenen Pixel verlorengegangen ist! Weil das in den sehr kleinen Beispielbildern der vorigen Seite nicht deutlich genug erkennbar ist, habe ich unten ein zweites Bildbeispiel vor dem Entzerren in der Auflösung so stark reduziert, dass man im Endergebnis trotz des auch

hier sehr kleinen Bildformats den Auflösungsverlust sehr gut sehen kann. Ebenso wie bei den letzten beiden Beispielbildern der vorigen Seite ist auch hier erkennbar, dass ferner 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 endgültigen Anwendung dieses Bildes das Seitenverhältnis (z. B. der Druckseite) beizubehalten ist, muss die nutzbare Bildfläche auf den hier gelb eingezeichneten Rahmen weiter schrumpfen. Also gehen noch mehr wertvolle Pixel verloren! Im Bildbeispiel der vorigen Seiten 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. Wenn die Sensorauflösung z. B. 22 Megapixel betragen hätte, wäre davon nur noch knapp 12,3 Megapixel übrig, wobei die Schärfe unten etwa der von 20 und oben der von unter 10 Megapixel entspricht.



Für perspektivisch korrekt entzerrte Aufnahmen sind hochwertige Digitalobjektive mit über großem Bildkreis zur Parallelverschiebung der verstellbaren Fachkamera nach wie vor unverzichtbar.

Zu guter Letzt darf der gewaltige **Zeitaufwand** beim Entzerren am Computer nicht übersehen 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 viel schlechterer Bildschärfe. Der professionelle Fotograf tut also gut daran, die hier beschriebene exakte Entzerrmethode nur als Notlösung für solche Fälle einzusetzen, in denen eine verstellbare Fachkamera mit hochwertigen Digitalobjektiven nicht zur Verfügung stand. *Walter E. Schön*

Beim Entzerren am Computer kann die Qualität extrem abfallen

Diese Aufnahme wurde zur Demonstration der Qualitätseinbuße bei nachträglicher Entzerrung am Computer zunächst auf eine Auflösung von 435 x 644 Pixel heruntergerechnet, damit trotz der kleinen Wiedergabegröße die Pixelstruktur sichtbar wird. Der Schärfeeindruck entspricht z. B. im Falle eines 22-Megapixel-Originals dem einer Vergrößerung auf 48 x 72 cm.

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 Hilfslinien auf Horizonthöhe und durch Bildmitte (rot) sowie mittig dazwischen als Winkelhalbierende (grün) ziehen und dort markante Bilddetails merken (Kreise).
2. Bildbreite durch vertikale Hilfslinien an linker und rechter Kante markieren (hier 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 Kreis), gleich bleibt; diese Stelle verschiebt sich dabei nach unten.
4. Bild mit „Verzerren“ so in der Höhe strecken, dass die Bildstellen, die ursprünglich auf der Mittel- und Horizontlinie lagen, wieder genauso weit von einander entfernt sind wie zu Beginn (rote Linien); da sich die Horizontlinie nach unten verschob, muss das auch die andere tun.

Im oberen Bildteil, der hier wegen der starken Kameraverkipptung sehr stark vergrößert wurde, ist die daraus resultierende Unschärfe sehr deutlich geworden. Das im ursprünglichen 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.

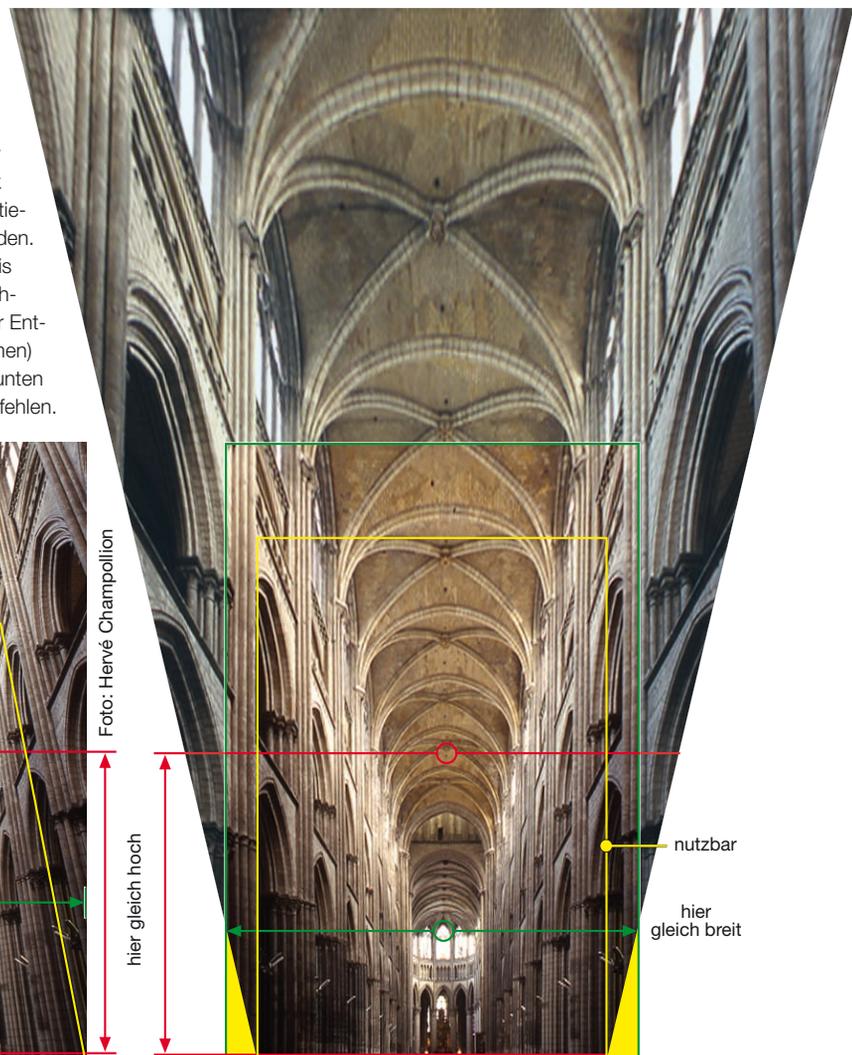
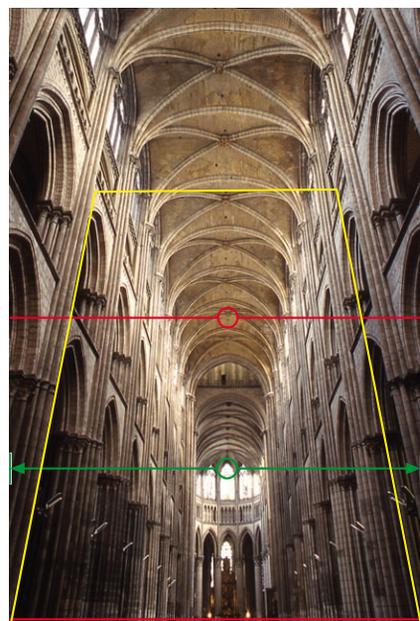


Foto: Hervé Champollion

hier gleich hoch

nutzbar
hier gleich breit