

Abbildungsschärfe II:

Das photographische Auflösungsvermögen

Systems wie ein Filter funktioniert. Auf sie wirken die Ortsfrequenzen ein, die dem unterschiedlichen Detailreichtum des Motivs entspringen. Die Filter wiederum wirken unterschiedlich auf die verschiedenen Frequenzen. Zum Beispiel könnte eine Komponente die Intensität bei 50 Lp/mm auf 80% verringern, während sie eine andere auf 60% senkt. Die kombinierte Verringerung wäre dann $50\% \cdot 60\% = 48\%$. Jedes Detail im Bereich von 50 Lp/mm würde in seiner Intensität um diesen Betrag verringert werden und dies würde genauso bei jeder anderen Ortsfrequenz passieren. Wir müssen also die Auflösungswerte der beteiligten Komponenten (Aufnahmeobjektiv, Film/Sensor, Vergrößerungsobjektiv und Photopapier) im analogen genauso wie im digitalen Bereich zu einer Gesamtauflösung des Abbildungssystems kombinieren, um einen Rückschluss auf die Leistungsfähigkeit des Abbildungssystems ziehen zu können.

Leider ist dies nicht so einfach, wie es sich anhört. Soll die Berechnung im ursprünglichen Definitionsbereich „Zeit“ oder „Raum“ durchgeführt werden, so muss dies mit Hilfe der umständlichen mathematischen Operation **Konvolution** (Faltung) geschehen. Etwas einfacher geht es, wenn im Definitionsbereich „Frequenz“ gear-

Das Gesamtauflösungsvermögen eines Abbildungssystems

Wie können wir uns die Kombination verschiedener Bildkomponenten im Hinblick auf die Auflösung vorstellen? Das Bild, das wir vor Augen haben sollten, ist, daß jeder Teil des

beitet wird. In diesem Fall wird das Signal zuerst mit der **Schnellen Fourier-Transformation** umgerechnet und das Ergebnis, die Frequenz-Komponente des Signals, mit der Frequenz-Reaktion (MTF) der jeweiligen Komponente multipliziert. Am Ende kann die Frequenz-Komponente dann durch inverse Transformation in den Definitionsbereich „Zeit“ oder „Raum“ zurückverwandelt werden. Aber keine Panik, denn wir können die ganze Angelegenheit mit einigem Recht in zwei Stufen vereinfachen.

Zunächst können wir uns mit Hilfe zweier Formeln einen näherungsweise Eindruck von der Auflösungsfähigkeit eines Abbildungssystems machen. Ausgehend von der Annahme, daß die Auflösung der Ortsfrequenz entspricht, bei der die Modulation 30% beträgt, können wir diese Werte wie folgt zusammenfügen (Beispielrechnungen für ein Objektiv mit 100 Lp/mm und einen Film mit 80 Lp/mm bzw. ein Objektiv mit 100 Lp/mm und den Sensor den Canon EOS-1Ds Mark II).

A_g – Gesamtauflösung des Systems
 A_o – Auflösung des Objektivs
 A_f – Auflösung des Films
 A_s – Auflösung des Bildsensors
 A_x – Auflösung weiterer Komponenten

**Kehrwert-Formel
Objektiv und Film**

$$1/A_g = 1/A_o + 1/A_f + 1/A_x$$

$$1/A_g = 1/100 + 1/80$$

$$1/A_g = 1/0,0225 = 44 \text{ Lp/mm}$$

**Quadratwurzel-Formel
Objektiv und Film**

$$A_g = 1/\sqrt{(1/A_o^2 + 1/A_f^2 + 1/A_x^2)}$$

$$A_g = 1/\sqrt{(1/100^2 + 1/80^2)}$$

$$A_g = 1/0,016 = 62,5 \text{ Lp/mm}$$

**Kehrwert-Formel
Objektiv und Digitalkamera**

$$1/A_g = 1/A_o + 1/A_s + 1/A_x$$

$$1/A_g = 1/100 + 1/50$$

$$1/A_g = 1/0,03 = 33,3 \text{ Lp/mm}$$

**Quadratwurzel-Formel
Objektiv und Digitalkamera**

$$A_g = 1/\sqrt{(1/A_o^2 + 1/A_s^2 + 1/A_x^2)}$$

$$A_g = 1/\sqrt{(1/100^2 + 1/50^2)}$$

$$A_g = 1/0,0223 = 44,7 \text{ Lp/mm}$$

Abbildungsschärfe II:

Das photographische Auflösungsvermögen

Beide Formeln, genauso wie ihre verschiedenen noch kursierenden Derivate, sind wie gesagt nur grobe Annäherungen, geben im Ergebnis aber die wichtige Tatsache wieder, daß die Gesamtauflösung geringer ist, als jene der einzelnen Komponenten. Mit der **Kehrwert-Formel** bekommen Sie einen plausiblen Eindruck davon, wie weit die Auflösung absinken *kann*. Tatsächlich *kann* sie aber auch höher liegen. Die **Quadratwurzel-Variante** leitet ihre Begründung daher, daß im Hinblick auf den Zerstreuungskreis der Durchmesser der Kombinationen berechnet werden sollte, indem man die Quadratwurzel der Bestandteile zieht. Darüber hinaus gibt es aber keine wirklich überzeugende theoretische Begründung für eine einzelne Berechnungsmethode und ganz streng genommen ergibt es auch gar keinen Sinn die Auflösung in einer einzelnen Zahl zu fassen. Deswegen benutzt man ja auch eigentlich MTFs. Am besten nutzen Sie also die Formel, deren Ergebnisse zu Ihren praktischen Erfahrungen passen.

Wenn Ihnen nun noch die Frage auf den Lippen brennt, warum ausgerechnet der 30% Wert und nicht jener für das maximale Auflösungsvermögen benutzt werden soll, dann haben Sie gut mitgedacht und sich von der Mathematik nicht ganz ins Bockshorn

jagen lassen! Unser visuelles System kann die schwarz-weißen Linien eines Balkentests bis hinunter zu einem Kontrast von 2% als getrennt auflösen. In einer Abbildung, die durch verschiedene Bilderzeugungs- und -wiedergabestufen gelaufen ist, wird dieser geringe Unterschied aber durch den systeminhärenten Störteppich (Korn, Rauschen) zugedeckt. Aus diesem Grund ist der maximale Auflösenswert nutzlos, um die tatsächliche Abbildungsqualität zu beschreiben. Nützlich ist dagegen ein Wert, bei dem echter Kontrast vorhanden ist (was wäre die Photographie ohne Kontrast?!), und aus diesem Grund wird in der Regel der 30% Wert benutzt. Manche Autoren ziehen auch den 50% Wert heran, denn er entspricht dem Standardpunkt (-3db) an dem die Bandbreite eines elektrischen Signals bestimmt wird. Außerdem liegt er schön in der Mitte, so daß man sich gut auf ihn einigen kann.