

■ Mit der Zweiten sieht man besser

Smartphone-Kameras stehen richtigen Fotoapparaten in der Qualität kaum noch nach.

Fortschritte gibt es bei den Linsen, durch intelligenteres Image-Processing oder durch mehrere Kameras.

Im Jahr 2017 hat die Menschheit 1,2 Billionen digitale Fotos aufgenommen. Das ist aber nur eine grobe Schätzung von Mylio, dem Anbieter einer App zum Organisieren von Digitalfotos – tatsächlich könnten es viel mehr sein. In jedem Fall steigt die Zahl der Digitalfotos rasant an, was besonders der zunehmenden Verbreitung von Smartphones zu verdanken ist. Laut Mylio entstehen 85 Prozent aller Digitalfotos mit dem Smartphone.

Das hat auch mit den enormen Fortschritten der Kameratechnik zu tun. Während Verbesserungen der Bildqualität bei Spiegelreflex- oder Systemkameras nur noch für Profis erkennbar sind, zeigen sie sich bei Smartphone-Bildern deutlich. Bei Kontrast und Farbwiedergabe sind Aufnahmen aktueller Smartphones bei Tageslicht bereits hervorragend.

Dazu tragen auch bessere Linsen bei: Teurere Smartphones haben bis zu sechs Linsen, die inklusive Bildsensor auf einer Länge von nur fünf Millimetern zusammengepackt sind (Abb. 1). Schaut man sich ein aufgesägtes Linsenpaket an, fällt sofort die absonderliche Form der Linsen auf (Abb. 2). Es handelt sich um Asphärenlinsen, bei denen sich der Radius der Linsenkrümmung über die Fläche ändert. Asphären ermöglichen eine größere Brechkraft auf kürzerem Raum. Sie weisen allerdings eine starke Dispersion auf: Verschiedene Wellenlängen werden unterschiedlich stark



ESB Professional / Shutterstock

Smartphones ersetzen immer häufiger herkömmliche Fotoapparate – nicht nur für Selfies und Schnappschüsse sind die handlichen Kameras beliebt.

gebrochen. Das würde zu einer sichtbaren Farbverschiebung in einzelnen Bereichen des Bildes führen. Daher sind bis zu sechs Linsen aus unterschiedlichen Materialien nötig. Eine Software berechnet das Linsenpaket so, dass die Brechkraft hoch ist, sich die Brechungen der verschiedenen Wellenlängen aber über die ganze Fläche des Bildsensors ausgleichen.

Bei großen Fotoobjektiven sind die Linsen aus Glas geschliffen. Das ist bei so kleinen Linsen mit so starken Asphären in millionenfacher Massenfertigung unmöglich. Deshalb bestehen die Linsen von Smartphone-Kameras aus Kunststoff. Ein transparenter Thermoplast wird in eine gekühlte Metallform gespritzt, in der Negative von zehn oder mehr Linsen eingepreßt

sind. Bei teuren Kameramodulen treiben die Hersteller einigen Aufwand. Da sie die Toleranzen jeder Spritzgussform kennen, kombinieren sie Linsen, die sich gut ergänzen. Findet man sechs Linsen, deren Fertigungstoleranzen sich gut ausgleichen, steigt die Bildqualität. Da an jeder Grenze zwischen Linse und Luft fünf Prozent Licht verloren gehen – bei sechs Linsen also etwa 55 Prozent –, bringt man Entspiegelungsschichten auf. Damit schrumpft der Verlust auf unter 0,5 Prozent pro Grenzschicht.

Einfache Handy-Kameras – und alle Selfie-Frontkameras – haben Objektive mit fixem Fokus. Ob ein Objekt nah oder fern ist, spielt dort keine Rolle. Bei kleinen Objektiven ist die Blendenöffnung winzig, daher ist alles vom Vorder- bis zum Hintergrund scharf. Das entspricht bei einer Spiegelreflexkamera einer hohen Blendenzahl. Ambitioniertere Fotografen bevorzugen allerdings niedrige Blendenzahlen und damit große Blendenöffnungen, um gezielt Effekte mit Schärfe und Unschärfe (Bokeh) zu erzielen. Bei ihren neuesten Modellen werben die Smartphone-Hersteller mit verblüffend niedrigen Blendenzahlen von $f = 2$ oder sogar noch darunter. Diese Zahl ergibt sich aus dem Quotienten aus der Brennweite und dem Durchmesser der



Abb. 1 Sechs Linsen, ein optischer Bildstabilisator und nur fünf Millimeter dick – so sehen moderne Smartphone-Optiken aus.



Abb. 2 Um auf kurzer Distanz große Brechkraft zu erzeugen, sind die Linsen stark asphärisch geformt. Das Gehäuse mit dem Linsenpaket lässt sich zur Fokussierung verschieben.

Eintrittspupille. Wer allerdings auf ein sehr lichtstarkes Objektiv mit einem butterweichen Bokeh hofft, wird enttäuscht. Das Bokeh entsteht im Wesentlichen durch einen Algorithmus in der Kamera-App, der Vorder- und Hintergrund unterscheiden kann und den Hintergrund unscharf rechnet. Dafür muss das Objektiv auf unterschiedliche Entfernungen scharf stellen können. Dazu lassen sich in Objektiven von Fotoapparaten eine oder mehrere Linsen in Längsrichtung verschieben. In Smartphone-Kameras wird das Objektiv als Ganzes verschoben. Das Linsenpaket sitzt in einem Kunststoffrahmen, der sich in einem größeren Rahmen befindet. Der Antrieb erfolgt über einen Voice-Coil-Motor nach dem Prinzip von Lautsprechern mit einer stromdurchflossenen Spule in einem Permanentmagnet. Auch schnellere mikromechanische Antriebe wurden bereits vorgestellt.

Viele Smartphones haben neben dem Voice-Coil-Antrieb in z -Richtung, also in Längsachse des Objektivs, auch einen in x - und y -Richtung zur Bildstabilisierung. Auf der Kameraplatine befinden sich Sensoren, die Informationen über die Bewegung des Geräts in alle Raumrichtungen liefern. Die x - und y -Antriebe gleichen das Wackeln des Nutzers aus und sorgen für mehr Bildschärfe.

Der Trend zur Zweitkamera

Hat das Licht die Linsen passiert, läuft es durch einen Filter, der nahes Infrarotlicht blockt. Dann trifft es auf den Sensor. Einige Hersteller kombinieren eine herkömmliche Farbkamera mit einer lichtstarken

Schwarzweißkamera, die ohne Filter auskommt. Eine Software errechnet aus beiden Aufnahmen ein Bild, bei dem die Helligkeitsstufen besonders fein aufgelöst sind, auch bei schlechten Lichtverhältnissen. Mittlerweile haben fast alle Smartphones solche Dualkameras. Nicht immer liefert die zweite Kamera aber ein Schwarzweißfoto, einige Hersteller bauen Linsen unterschiedlicher Brennweiten ein. So kann eine Weitwinkelkamera spektakuläre Panoramafotos erstellen, und eine Telekamera fokussiert weit entfernte Objekte oder macht überzeugende Porträtaufnahmen.

Dualkameras helfen auch, die Lichtausbeute zu erhöhen und Tiefeninformationen zu erzeugen – wie beim 3D-Sehen. Intelligente Algorithmen erlauben es, nachträglich die Fokusebene im Foto zu verschieben. Die Tiefenkarten dafür werden immer genauer, beispielsweise dank Time-Of-Flight- oder Bildsensoren, die Tiefeninformationen aus den unterschiedlichen Fokusebenen der Farbkanäle gewinnen. Möglich sind auch rein digitale Ansätze auf Basis neuronaler Netze.

Doch Dualkameras scheinen erst der Anfang zu sein: Triplekamas sind bereits auf dem Markt, und Samsung hat ein Modell mit vier Kameras angekündigt. Laut Insidern gibt es bereits Prototypen mit bis zu 24 Kameras. Bis es so weit ist, werden noch ein paar Jahre Entwicklungszeit vergehen. Herausforderungen sind die Rechenleistung und der damit verbundene Stromverbrauch sowie Algorithmen, um aus den Einzelbildern qualitativ hochwertige Bilder zu errechnen.

Bernd Müller