



# KAMERASPEZIFIKATIONEN

04

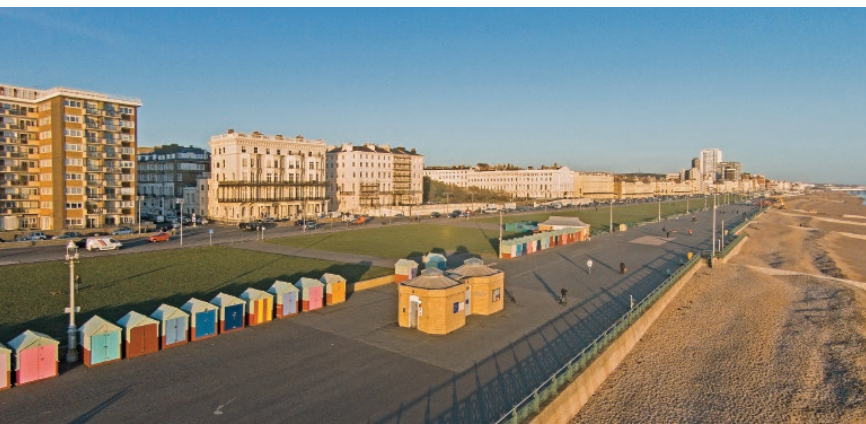
FOTO & VIDEO

Selbst wenn Sie sich gut mit Kameras auskennen, müssen Sie bei der Auswahl einer Flugkamera schon rein aus Gewichtsgründen umdenken. Wie sollen Sie sich zwischen Megapixeln, Videoauflösungen und Bitraten entscheiden? Worauf können Sie verzichten und worauf nicht?

**DIE GRÖSSTE UMSTELLUNG** für Fotografen, die sich für eine drohntaugliche Digitalkamera (oder einen Multicopter mit eingebauter Kamera) entscheiden müssen, besteht darin, Einzelbild- gegen Videoqualität abzuwägen. Professionelle Fotografen müssen derzeit auch noch mit dem Umstand leben, dass es keine Möglichkeit zum Objektivwechsel gibt – abgesehen von den Schwerlastdrohnen, die digitale Spiegelreflexkameras heben können.

## FOTOAUFLÖSUNG

Viele erfahrene Fotografen können das Wort „Megapixel“ mittlerweile nicht mehr hören, da es inflationär genutzt wurde und die Kamerahersteller lange Zeit jede noch so kleine Verbesserung ihrer Sensoren in Megapixeln angegeben haben. Nichtsdestotrotz handelt es sich um eine wichtige Maßeinheit, welche die theoretische Bildqualität einer Kamera (bei gleich großen Ausdrucken) angibt.



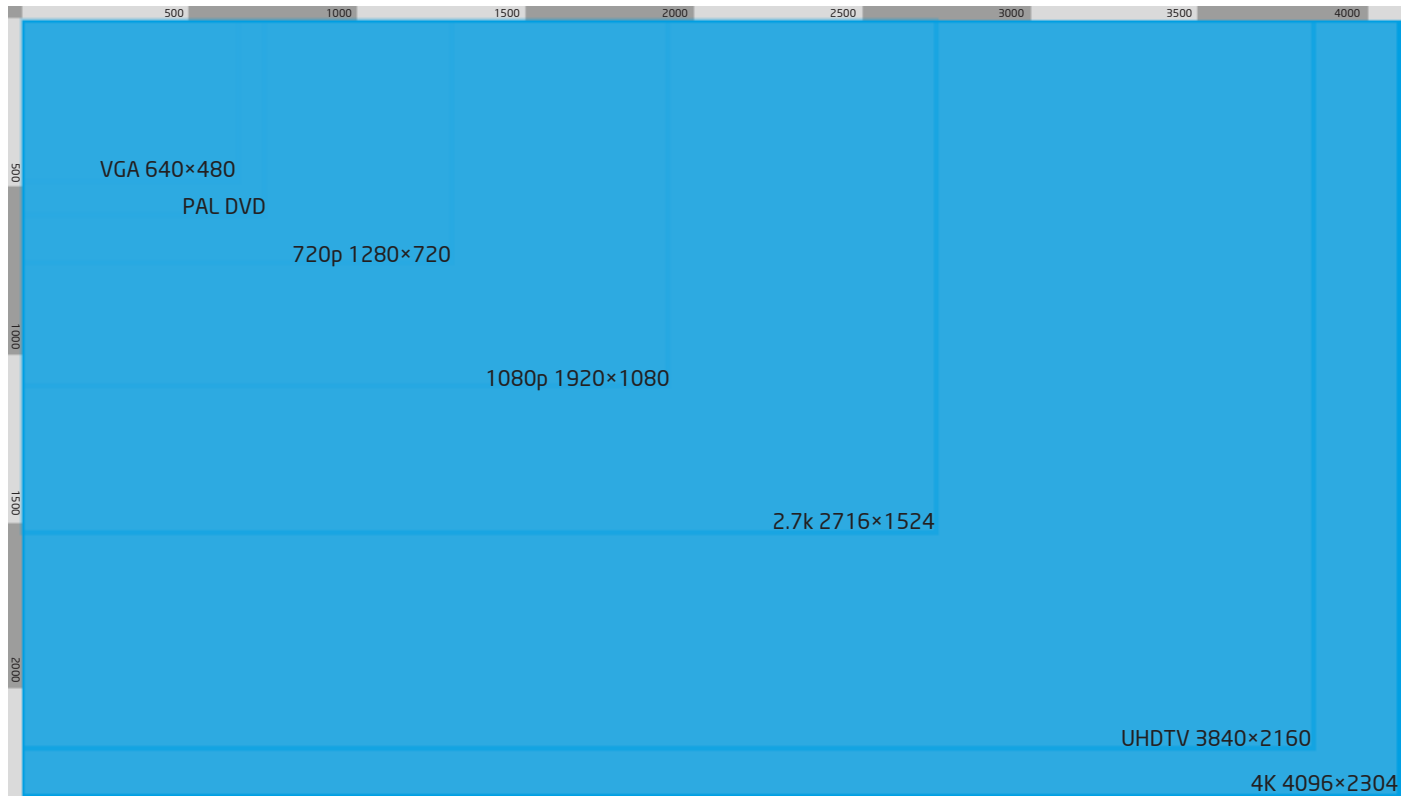
## VIDEOAUFLÖSUNG

Die Videoqualität wird nicht nur durch die Anzahl der Pixel, sondern auch durch die Bildrate (Bilder pro Sekunde) bestimmt. Statt durch Megapixel wird die Auflösung im Videobereich mit Standards wie 1080 oder 4K definiert. Computerexperten wundern sich über die fehlende Angabe der horizontalen Auflösung bei der traditionellen Übertragung in „Standard Definition“ – die einzige Angabe sind die vertikalen Zeilen im Bild. Die Inhalte werden in ein analoges Signal im Standard NTSC oder PAL (US-amerikanischer respektive europäischer Standard) umgewandelt. Die Konvertierung zu einer digitalen Version für den Computer kann dazu führen, dass die Pixel nicht quadratisch sind.

Eine weitere Eigenart von NTSC und PAL ist die Darstellung in Halbbildern, Fachjargon „Interlaced“. Dabei wird immer nur eine Hälfte aller Zeilen gleichzeitig aufgebaut, was sehr gut mit alten Röhrenfernsehern funktionierte. Digitalvideo auf Computern und HDTV baut stets – wie im Kino – ein komplettes Bild auf, was als „Progressiv“ bezeichnet wird und die Erklärung für das kleine „p“ hinter der HD-Auflösung ist (720p, 1080p). In der Welt der Drohnen kommt Ihnen NTSC oder PAL höchstens als analoger Übertragungsstandard für FPV-Brillen unter, während die Hauptkameras digital arbeiten.

### STRANDPROMENADE

Diese Strandszene wurde mit der 14-Megapixel-Kamera einer DJI Phantom Vision 2+ eingefangen.

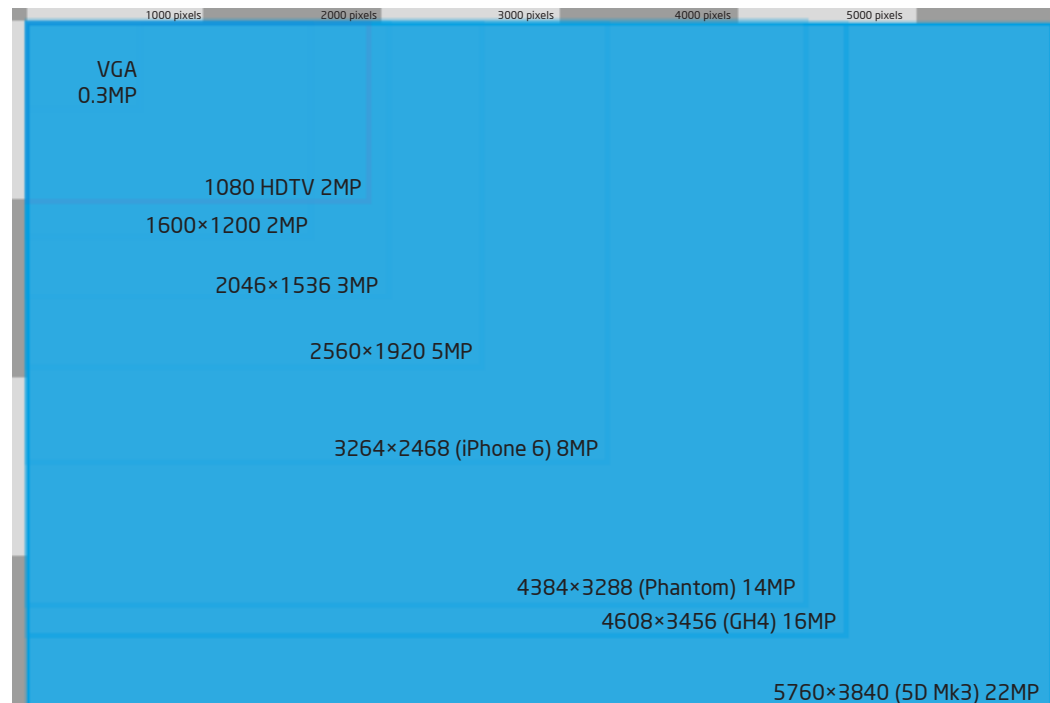


## VIDEOAUFLÖSUNGEN

Im Videobereich gibt es mehrere Standards. Traditionelles US-TV entspricht VGA, wobei das europäische PAL etwas besser auflöst. Die HDTV-Welle ab 2010 brachte die Standards 720 und 1080 (vertikale Auflösung). Heutzutage sind UHD 4K und Cinema 4K (beide oft als „4K“ bezeichnet) auf dem Vormarsch.

## FOTOAUFLÖSUNGEN

Fotos werden im Seitenverhältnis 4:3 (ehemaliges TV-Format) oder 3:2 (traditionelles Fotoformat) gemacht. Die Grafik verdeutlicht, wie die Menge an Bildinformation mit steigender Auflösung in Megapixeln wächst.





# KAMERASPEZIFIKATIONEN

## 04

### FOTO & VIDEO

## BILDRATE (FPS)

Die Anzahl der Bilder pro Sekunde („frames per second“, fps) wirkt sich nicht nur dramatisch auf die Videoqualität aus, sondern auch auf die Flexibilität bei der Bearbeitung. So sind Zeitlupen für coole Effekte nur dann in akzeptabler Qualität möglich, wenn die Originaldatei über eine ausreichend schnelle Bildwiederholrate verfügt.

In Bezug auf die Wahrnehmung reichten 24 fps (progressiv) lange Zeit fürs Kino aus. Diese Frequenz sorgt für den typischen „cinematischen“ Effekt, was zu einer erbitterten Diskussion führte, als Peter Jackson versuchte, seine *Hobbit*-Filme in „High Frame Rate“ (HFR) zu produzieren. Die TV-Standards 50 Hz (PAL) und 60 Hz (NTSC) sind nahezu perfekt. Ein verlangsamtes Video mit einer Bildrate von 120 fps wird auf einem Fernseher mit 60 fps ohne jedes Ruckeln wiedergegeben.

Viele Kameras bieten Ihnen einen Kompromiss zwischen Bildrate und Auflösung an, da ihre Prozessoren nur eine bestimmte Datenmenge pro Sekunde bearbeiten können. Damit werden sehr hohe Auflösungen erzielt, die sich jedoch nicht praktisch nutzen lassen. Die ersten GoPro-Kameras schafften lediglich 15 fps bei 4K-Auflösung, was weit unter den 24 fps fürs Kino lag. Deshalb empfehle ich, beim Kamera-kauf auf die maximale Bildrate bei der gewünschten Auflösung zu achten.

## BITRATE

Ein Wert, den nahezu niemand beachtet, ist die Bitrate, also die Datenmenge, die eine Kamera pro Sekunde bewältigen kann. Diese ist vergleichbar mit herkömmlichem und Longplay-VHS, wobei sich die niedrigere Qualität in digitalen Artefakten, weniger Details in dunklen Bereichen, ausgefransten Konturen und weiteren Störungen äußert. Die Parrot AR. Drone 2 ist ein gutes Beispiel: Obwohl diese theore-

## VIDEOSTANDARDS RICHTIG LESEN

625i50  
1080p24

Vertikale Linien

Progressiv/  
Interface

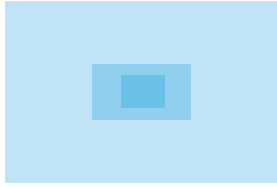
Bilder/Sek.

STANDARD	BILDER/SEK.
Traditionelles Kino	24
HFR-Kino	48
PAL	50i
NTSC	60i

tisch 720p30 beherrscht, ist die Bitrate so niedrig, dass das Bild von Artefakten durchsetzt wird. Externe Kameras wie die GoPro erlauben die Anpassung der Bitrate zum Sparen von Speicherplatz.

## SICHTFELD

Fotografen sind an Zoom-Objektive gewöhnt, doch um Gewicht zu sparen, sind die meisten internen und externen Kameras für Multicopter mit einem Objektiv mit Festbrennweite ausgestattet. Ein großes Sichtfeld erfasst die Umgebung in einem größeren Winkel, oft zum Preis einer Fisheye-Verzerrung. GoPros bieten drei Einstellungen, wobei die breiteste



## BILDSENSOR

Verschiedene Sensoren in Originalgröße, von innen nach außen: DJI Inspire X3/GoPro Hero Black, Micro 4/3rd (X5), 35mm „Vollformat“.



## WEITWINKEL VS. GRADLINIG

Ein GoPro-Bild im Weitwinkel-Modus und darunter dieselbe Aufnahme im rectalinear-Modus.

## SICHTFELD

Wirkt sich auf die Bildgeometrie aus.

**118°**

GoPro Weitwinkel / Phantom 2 Vision+

**94°**

DJI Inspire 1 / Phantom 3 und GoPro Medium

**64°**

GoPro Schmal

**40°**

Wird von Fotografen oft als Annäherung an das menschliche Sichtfeld bezeichnet (ohne periphere Sicht).



das native Sichtfeld des Sensors darstellt, was sich positiv auf die Lichtempfindlichkeit und Auflösung auswirkt. Die Alternative „rectalinear“ weist immer noch Verzerrungen auf, bietet aber gerade horizontale und vertikale Linien.

## SENSORGRÖSSE

Die physische Größe des Bildsensors ist ebenfalls von Bedeutung. Diese wird durch die Diagonale (wie beim TV) angegeben, wobei hier die Devise „größer ist

besser“ gilt, da auf einem großen Sensor die einzelnen Bildpunkte („Photosites“) größer ausfallen. Dies führt wiederum zu weniger Bildrauschen. GoPro- und DJI-Kameras nutzen 1/2.3-Zoll-Sensoren, die größer sind als jene im iPhone 6s (1/3"). Neue DJI-Sensoren verringern die Auflösung zu Gunsten größerer Pixel.



# DAS BELICHTUNGSDREIECK

04

FOTO & VIDEO

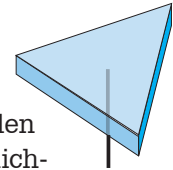
Auch die komplexeste Kamera steuert die einfallende Lichtmenge nur mit drei Größen: Verschlusszeit, Blende und Empfindlichkeit (ISO). Diese können Sie immer einstellen – ob an einer simplen FPV-Kamera oder an einer High-End-Spiegelreflexkamera.

**WENN SIE SICH** bereits mit Fotografie auseinandergesetzt haben, sind Ihnen die Grundlagen und Zusammenhänge von Verschlusszeit, Blende und ISO sicher bekannt. Außer, Sie haben bislang ausschließlich auf die Automatikfunktionen vertraut (was keine gute Idee ist) – dann lesen Sie die folgenden Erläuterungen.

Stellen Sie sich ein Dreieck vor, das auf seinem Mittelpunkt balanciert. Jede Seite – oder Ecke – steht für eine der genannten Größen: Verschlusszeit, Blende und ISO. Drücken Sie eine Ecke nach unten, kippen die anderen beiden Ecken nach oben. Halten Sie dabei eine Ecke fest, wird die dritte Ecke noch stärker nach oben kippen. Genau diese Abhängigkeiten gelten für die Belichtungseinstellungen.

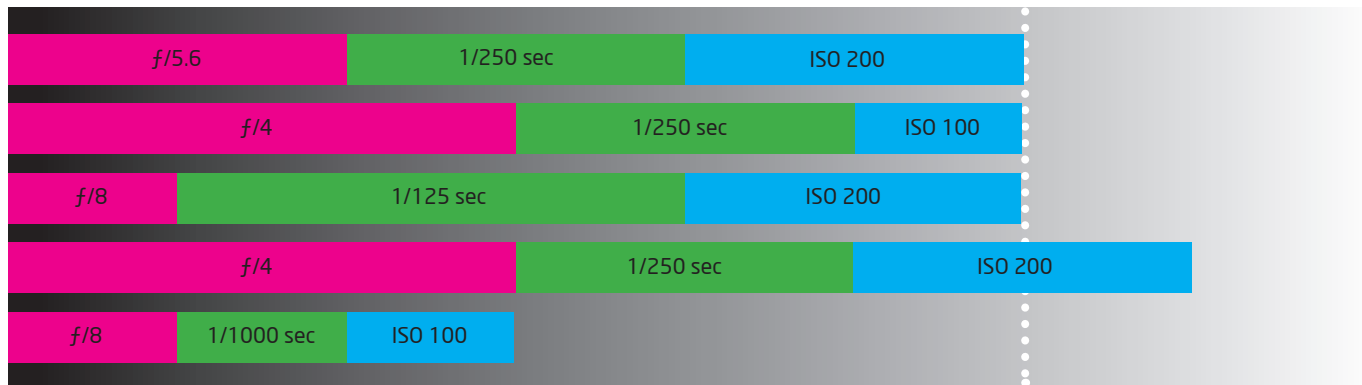
Alle drei Größen werden separat gemessen: die Verschlusszeit in Sekundenbruchteilen, die Blende in Blendenstufen (1/f) und die Lichtempfindlichkeit in ISO-Werten. Die Kombination aller Größen ergibt den Belichtungswert (Exposure Value, kurz EV). In vielen

Fällen regeln Sie per EV, ob das Motiv heller oder dunkler aufgenommen werden soll. Der EV wird üblicherweise in „Belichtungsschritten“ gemessen.



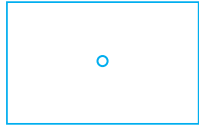
Das Balkendiagramm unten veranschaulicht es: Die gepunktete Linie markiert die „perfekte“ Belichtung (nicht zu hell, nicht zu dunkel), während die Balken den jeweiligen Anteil an Blende, Verschlusszeit und ISO wiedergeben. Das vorletzte Beispiel ist „überbelichtet“ (zu hell), das letzte „unterbelichtet“ (zu dunkel).

Die ersten drei Belichtungen fallen gleich aus, trotzdem sehen die so gemachten Bilder unterschiedlich aus. Eine weit offene Blende (niedrige 1/f-Zahl) lässt viel Licht auf den Sensor, was kurze Verschlusszeiten ermöglicht, jedoch die Schärfentiefe verringert, wodurch nicht alles scharf abgebildet wird. Diesen Effekt nutzen viele Fotografen als künstlerisches Ausdrucksmittel, was die Beliebtheit von Objektiven



## BELICHTUNGSMESSUNG

Ihre Kamera versucht die Belichtung automatisch einzustellen, doch Sie können ihr mitteilen, welcher Bildbereich Ihnen besonders wichtig ist. Falls Ihre Drohne die Änderung der Messmethoden unterstützt, hier die wichtigsten:



### SPOTMESSUNG (MITTE)

Die Belichtung wird auf den exakten Bildmittelpunkt eingestellt. Das darin befindliche Motiv regelt die Belichtung des ganzen Bilds.



### MITTENBETONT

Diese verbreitete Voreinstellung misst die Belichtung in einem größeren Bereich in der Bildmitte, um Fehlmessungen vorzubeugen.



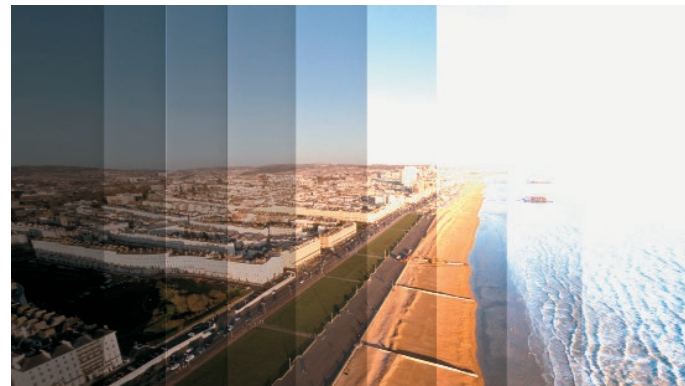
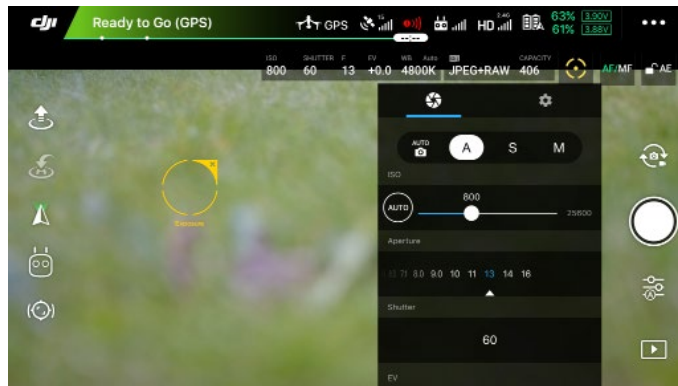
### GEWICHTETE MESSUNG

Ebenfalls eine beliebte Voreinstellung, die einen Mittelwert aus dem Punkt im Zentrum und den umliegenden Bildbereichen bildet.



### SPOTMESSUNG (FREI)

Oftmals erlauben Kameras die Belichtungseinstellung an einem beliebigen Punkt im Bild, etwa dem scharfgestellten Bereich im Foto.



## MANUELL

Indem Sie Ihre Kamera vom automatischen auf den manuellen Modus umstellen, werden sämtliche Automatikfunktionen deaktiviert. Das ist vor allem bei Videos mit ständig wechselnden Lichtverhältnissen von Vorteil.

mit großen Blenden erklärt. Bei den kleinen Sensoren der Flugkameras ist der Effekt jedoch weniger stark ausgeprägt (kleine Sensoren haben eine große Schärfentiefe und umgekehrt). Schnellere Verschlusszeiten führen zu knackigen, klareren Bildern, die Bewegungen einfrieren, doch dafür brauchen Sie viel Licht. Die naheliegendste Lösung ist eine höhere ISO-Empfindlichkeit, doch diese führt wiederum zu verstärktem Bildrauschen bis hin zu sichtbaren Artefakten.

## BELICHTUNGSKORREKTUR (EV)

Dieses Bild zeigt die Auswirkungen der Belichtungskorrektur von -4 EV bis +4 EV (von links nach rechts). Viele Kameras können Belichtungsreihen mit mehreren unterschiedlichen EV-Werten für dasselbe Motiv anfertigen.

F/STOPPS	VERSCHLUSSZEIT	ISO
f/1.4	1	100
f/2	1/2	200
f/2.8	1/4	400
f/4	1/8	800
f/5.6	1/16	1600
f/8	1/30	3200
f/11	1/60	6400
f/16	1/125	128000

## IDENTISCHE BELICHTUNGSSCHRITTE