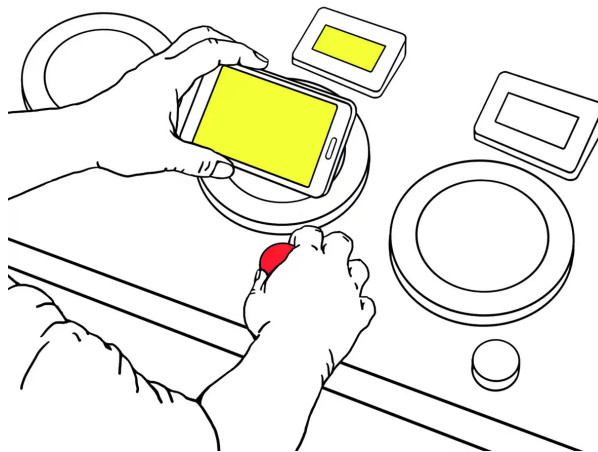


Unsichtbares fotografieren

Sieht deine Kamera dasselbe wie du?



Schalte deine Smartphone-Kamera ein.

Betrachte die LEDs und Leuchtflächen durch die Kamera.

Mache die einzelnen Experimente und lasse dich überraschen.

Deine Augen und deine Smartphone-Kamera nehmen Licht, bzw. elektromagnetische Strahlung, unterschiedlich wahr. Mit deinen Augen kannst du sichtbares Licht in den unterschiedlichen Farben sehen, für die Smartphone-Kamera kann zusätzlich Infrarot-Strahlung „sichtbar“ sein.

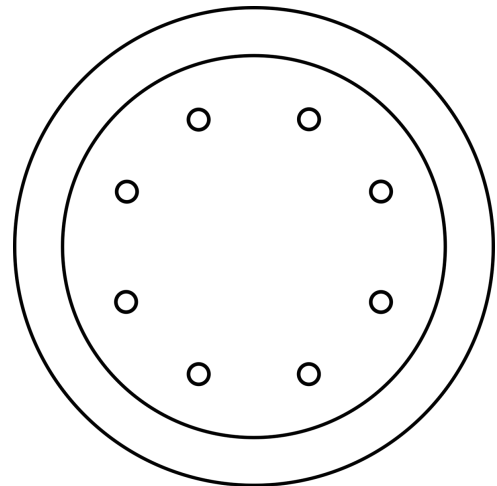
Ein Kamerasensor zerlegt ein Bild in sehr viele Bildpunkte, sogenannte Pixel, die bei der Aufnahme eines Fotos oder Videos nacheinander ausgelesen und in Bildinformationen umgewandelt werden. Bewegt oder verändert sich ein Objekt während der Aufnahme, kann es passieren, dass es verzerrt dargestellt wird, einzelne Bildelemente fehlen oder mehrfach erscheinen.

Teilexperimente

LED-Kreis

Betrachte den LED-Kreis. Welche Farben haben die LEDs? Leuchten sie alle?

Siehe dir die LEDs durch die Kamera deines Smartphones an und vergleiche, was du siehst und was die Kamera "sieht".



Wahrscheinlich hat deine Handykamera mehr „gesehen“ als du. Alle LEDs sind eingeschaltet und geben elektromagnetische Strahlung bzw. Licht ab. Deine Augen können nur einen sehr kleinen Teil des Spektrums der elektromagnetischen Strahlung wahrnehmen: das sichtbare Licht (Abb. 1). Ultraviolett- und Infrarotstrahlung liegen außerhalb des für deine Augen wahrnehmbaren Bereichs der elektromagnetischen Strahlung.



Abb. 1: Das für den Menschen sichtbare elektromagnetische Spektrum (Quelle: Horst Frank / Phrood / Anony, CC BY-SA 3.0

<<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons).

Die zwei Infrarot-LEDs (850 und 940 nm) siehst du nur durch deine Kamera leuchten. Der Bildsensor deiner Kamera ist also zusätzlich für Infrarotstrahlung empfindlich. Deshalb kannst du mit deiner Smartphone-Kamera z. B. überprüfen, ob die LED einer Fernbedienung leuchtet.

Falls die Infrarot-LEDs auf deinem Kamerabild nicht leuchten, ist bei deiner Smartphone-Kamera ein Infrarot-Filter eingebaut, um beim Fotografieren unerwünschte Effekte zu vermeiden. Vergleiche dein Kamerabild mit dem eines anderen Handys. Nicht bei allen Smartphones sind Infrarot-Filter eingebaut.

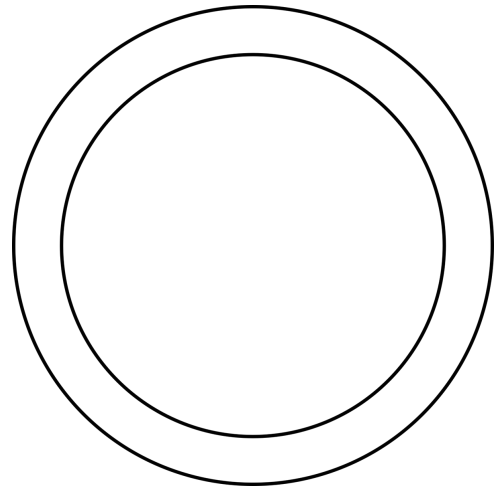
3-Farben-LEDs

Halte dein Smartphone niedrig über die flackernde matte Plexiglasscheibe und betrachte sie mit der Kamera.

Verändere die Wiederholffrequenz mit dem Drehknopf.

Siehst du bunte Streifen, Scheiben oder Ringe, die sich über dein Kamerabild bewegen?

Bei welcher Frequenz bekommst du ein Standbild?



Unter der matten Plexiglasscheibe befinden sich LEDs, die in den drei Farben Rot, Grün und Blau leuchten. Die einzelnen LEDs werden der Reihe nach ein- und wieder ausgeschaltet. Dies geschieht so schnell, dass das Licht der LEDs für das menschliche Auge weiß erscheint. Ist die Wiederholffrequenz, mit der die LEDs geschaltet werden, niedrig, kannst du mit deinen Augen ein Flackern beobachten, das bei höherer Wiederholffrequenz verschwindet.

Die Kamera deines Smartphones wird dir etwas anderes zeigen: Während deine Augen bei einer niedrigen Wiederholffrequenz ein schnelles Flackern wahrnehmen, scheinen die LEDs im Kamerabild viel langsamer hintereinander ein- und wieder ausgeschaltet zu werden. Dies ist eine Auswirkung des sogenannten Rolling-Shutter-Effekts. Der Kamerasensor nimmt ein Bild zeilenweise mit einer bestimmten Frequenz auf. Stimmt diese sogenannte Abtastfrequenz mit der Wiederholffrequenz der LEDs überein, bekommst du ein Standbild. Unterscheiden sich beide Frequenzen nur ein wenig, kommt es zur sogenannten Schwebung und Farbstreifen wandern langsam über das Bild. Wie sieht das Bild aus, wenn die Wiederholffrequenz doppelt so hoch ist wie die Abtastfrequenz? Betrachte doch einmal andere Lichter in deiner Umgebung durch die Smartphone-Kamera und teste, ob du dort ähnliche Bilder bekommst.

Der Rolling-Shutter-Effekt sorgt außerdem für interessante Fotos von bewegten Dingen, wie z.B. einem Propellerflugzeug (Abb. 1): Der Propeller erscheint verbogen, wenn die Abtastfrequenz des Bildsensors größer als die Anzahl der Drehungen des Propellers pro Sekunde ist. Abb. 2 verdeutlicht die Entstehung des verbogenen Propellers.



Abb. 1: Rolling-Shutter-Effekt: Der Propeller des Flugzeugs erscheint auf dem Foto in bizarren Formen, weil die Abtastfrequenz des Bildsensors entweder kleiner (links) oder größer (rechts) als die Anzahl der Drehungen des Propellers pro Sekunde ist. Dreht der Propeller im Landeanflug langsam, erscheint er auf dem Bild gebogen (links); dreht er im Reiseflug schneller, erscheint er als Striche im Bild (rechts) (Fotos: Torsten Klaffs).

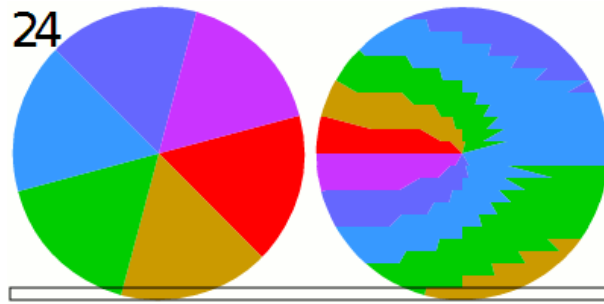


Abb. 2: Rolling-Shutter-Effekt in einer
Abbildung (rechts) eines bunten sich
drehenden Rads (links) (Quelle: cmglee,
CC BY-SA 3.0

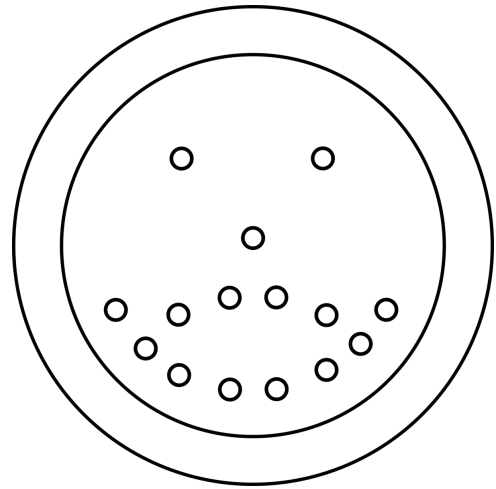
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons).

Fröhlicher oder trauriger Smiley?

Halte dein Smartphone im Querformat niedrig über den flackernden Smiley und betrachte ihn mit der Kamera.

Verändere die Wiederholffrequenz mit dem Drehknopf.

Kannst du die Frequenz so einstellen, dass der Smiley fröhlich ist?



Die LEDs werden mit einer bestimmten Wiederholffrequenz hintereinander ein- und wieder ausgeschaltet. Gleichzeitig nimmt der Kamerasensor mit einer bestimmten Abtastfrequenz ein Bild der LEDs auf. Unterscheiden sich beide Frequenzen, siehst du den Mund des Smileys abwechselnd fröhlich und traurig. Dieser Wechsel wird umso langsamer, je weniger sich die Wiederholffrequenz von der Abtastfrequenz deines Kamerasensors unterscheidet. Sind beide Frequenzen gleich, wirst du in den blinkenden LEDs entweder einen glücklichen Smiley, einen traurigen Smiley oder eine Mischung aus beidem sehen. Dies wird bei einer Frequenz von ca. 30 Hz erreicht.