

# ANHANG B – INFRAROT UND ULTRAVIOLETT

## Theoretische Grundlagen

Licht breitet sich, je nach Modell, entweder durch Elektromagnetische Wellen oder durch Lichtteilchen (Photonen) aus. Erst in der Quantenphysik können diese unterschiedlichen Anschauungen in einem einzigen – allerdings wenig anschaulichen Modell - vereint werden.

Für die folgenden Ausführungen wird das Wellenmodell verwendet, weil es besser geeignet ist, die Grundlagen und Eigenschaften der Infrarot- bzw. Ultraviolettstrahlung darzustellen.

Elektromagnetische Wellen werden über die Wellenlänge  $\lambda$  oder die Frequenz  $f$  beschrieben. Das Produkt dieser zwei Größen ergibt immer die Lichtgeschwindigkeit  $c$  (300 000 km/s). Die Frequenz und die Wellenlänge sind also immer indirekt proportional.

Sichtbares Licht erstreckt sich von 400 bis knapp unter 800 Nanometer (nm), also von 0,4 bis ca. 0,8 Tausendstel Millimeter. Dies ist nur ein ganz kleiner Bereich, wenn man bedenkt, dass Radiowellen mehrere hundert Meter lang sein können, während Röntgenstrahlen noch deutlich geringere Wellenlängen besitzen.

Licht mit einer Wellenlänge von 720 Nanometer hat die Farbe rot und wird gerade noch von der Netzhaut verarbeitet. Der Bereich von 780 bis etwa 1 000 Nanometer wird als photographisches Infrarotlicht bezeichnet, ist aber eigentlich unsichtbar und die Bezeichnung Wärmestrahlung ist wesentlich passender. Glühlampen emittieren immer IR-Licht, man spürt es als wärmende Strahlung auf der Haut.

Licht hingegen mit einer Wellenlänge zwischen 100 und 400 Nanometer hat wegen der kleineren Wellenlänge eine relativ hohe Frequenz und damit auch eine viel höhere Energie als sichtbares Licht. Man spricht dann von Ultraviolettem Licht und diese Strahlung kann durch Zellschädigungen der Haut bei langen oder häufigen Expositionen auch schwere Krankheiten (Hautkrebs) hervorrufen.

Während IR-Licht durch Glas hindurchgeht, wird UV-Licht von Glas absorbiert (ausgenommen spezielle Mischungen wie z. B. Quarzglas).

Wie bereits erwähnt, kann unsere Netzhaut nur den engen Bereich zwischen 400 und 780 nm erfassen. Bildsensoren von Digitalkameras hingegen sind „panchromatisch“, d. h. sie können auch IR- und UV-Strahlung aufzeichnen. Leider vermindern diese zwei Strahlungsarten die Bildschärfe im sichtbaren Bereich, da wegen der chromatischen Aberration (Farbfehler) der Brennpunkt von roten oder gar infraroten Strahlen ganz wo anders liegt als jener von violetten oder ultravioletten Strahlen.

Um nun möglichst scharfe Bilder zu bekommen, eliminiert man z.B. das Infrarotlicht durch ein Filter vor dem Sensor (Tiefpassfilter). Dieses ist umso effektiver je moderner die Kamera ist, weil die Kameraingenieure im Lauf der Zeit immer bessere Tiefpassfilter herstellen konnten.

## Infrarot-Fotografie

Ältere Digitalkameras besitzen noch nicht so gute Sperrfilter. Wenn man am Kameraobjektiv ein Filter montiert, welches das sichtbare Licht groÙteils absorbiert, so kann man mit langen Belichtungszeiten (Stativ) ganz brauchbare Infrarotfotos herstellen.

Dazu blickt man vor der Befestigung des undurchsichtigen Infrarotfilters zuerst durch den Sucher um den Bildausschnitt zu bestimmen, dann erfolgt die Filtermontage und anschließend wird die Belichtung ermittelt und dann fotografiert.

Entfernt man hingegen das Tiefpassfilter und ersetzt es durch eine planparallele Glasplatte gleicher Stärke, so erhält man eine sehr komfortable Infrarotkamera. Die Belichtungszeiten werden dann so stark vermindert, dass auf ein Stativ verzichtet werden kann.

Während die im Anhang gezeigten Fotos mit einer nicht mehr im Handel erhältlichen Canon-Powershot G5 Kompaktkamera erstellt wurden, gibt es aber aktuelle Modelle, wie zum Beispiel die Nikon D300 Spiegelreflexkamera, welche im Fachhandel umgebaut werden kann<sup>1</sup>.

Es können dann zwei verschiedene Arten von Infrarotfotos hergestellt werden. Mit einem Sperrfilter, welches Licht unterhalb von 720 nm vom Sensor fernhält, erhält man Schwarz-Weiß-IR-Fotos (Kamera dazu auf SW-Fotos einstellen). Schwächere Sperrfilter, wie eines mit nur 645 nm lassen noch etwas an rotem Licht durch und man kann dann Farb-Infrarotbilder herstellen. Hier darf die Kamera natürlich nicht auf SW-Fotos eingestellt werden, sondern man sollte vorher einen manuellen Weißabgleich auf eine sonnenbeschienene grüne Wiese durchführen. Die Vorgangsweise ist in der Anleitung der Kamera im Kapitel Weißabgleich zu finden.

Diese Farbinfrarotaufnahmen stellen ebenso wie die SW-Bilder den Wood-Effekt der Gräser und Blätter dar, haben aber keinen schwarzen sondern einen rötlichen Himmel. Mit einem Bildbearbeitungsprogramm wird dann der rötliche Himmel durch einen bläulichen Himmel ersetzt, was recht reizvolle Aufnahmen ermöglicht.



Freinberg / Linz blau



Freinberg / Linz rot

---

<sup>1</sup> Optik-Makario [www.optik-makario.de](http://www.optik-makario.de)

## UV-Fotografie

Bei den UV-Aufnahmen muss kameraseitig hingegen keine Veränderung vorgenommen werden. Der CCD-Sensor einer Nikon D70 Spiegelreflexkamera kann UV-Licht ziemlich gut aufzeichnen, weil das Tiefpassfilter ja nur den IR-Anteil des Spektrums weitgehend abhält. Die Probleme liegen nun bei der Absorption der UV-Strahlen durch die Glaslinsen des Objektivs.

Der einfachste, leider aber auch teuerste Weg, besteht in der Verwendung von Quarzlinsen. Objektive mit diesen Linsen wurden früher für Nikon- und Hasselbladkameras hergestellt, kosteten aber ein Vermögen und sind heutzutage nur mehr am Second-Hand-Markt als Raritäten erhältlich. Im Internet gibt es aber Tipps, wie man ohne Quarzlinsen trotzdem brauchbare UV-Bilder herstellen kann<sup>2</sup>. Ältere Objektive mit wenig Linsen und einer nicht sehr aufwändigen Vergütung ermöglichen derartige Fotografien. Da ich seit mehr als vier Jahrzehnten fotografiere, hatte ich solche Objektive noch in meinem Fundus. Es sind dies zum Beispiel die Nikon-Objektive der Serie E, welche ich als Student sehr schätzte, weil sie fast so gut wie die wesentlich teureren Nikkon-Objektive waren. Letztere hatten sowohl eine aufwändigere Vergütung als auch mehr Linsen (bei identischen Fixbrennweiten) und eignen sich leider kaum für die UV-Fotografie.

Unsere UV-Fotos von Pflanzen und Mineralien stellten wir in den Nachtstunden oder im verdunkelten Physiksaal her (bei Pflanzen, welche in der Nacht die Blütenblätter schließen). Als einzige Lichtquelle verwendeten wir eine UV-Lampe, welche zwei unterschiedliche Röhren mit den Wellenlängen 360 nm (UV-A) und 254 nm (UV-B) besaß. Meist schalteten wir beide Röhren ein, da die Belichtungszeiten bei ISO 200 und Blende 5,6 im Bereich von mehreren Sekunden lagen. Die Verwendung eines Stativs war dabei natürlich unerlässlich. Die zum Vergleich erstellten Tageslichtaufnahmen entstanden meist bei Sonnenlicht, welches bekanntermaßen besonders leuchtende Farben ermöglicht. Als Objektive kamen die bereits erwähnten Nikon-Serie-E-Objektive mit den Brennweiten 28 mm und 100 mm und das ebenfalls relativ alte Nikon-Makroobjektiv mit  $f = 55$  mm und Lichtstärke 2.8 zum Einsatz.



Narzisse aus dem Garten des Kollegium Aloisianums

---

<sup>2</sup> [www.naturfotograf.com](http://www.naturfotograf.com)

## **Persönliche Bemerkung**

Schon als Student stellte ich in den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts Infrarot-SW-Fotos und auch Infrarot-Farbfotos her. Verglichen mit den für dieses Projekt angefertigten digitalen Fotos waren die analogen Fotos damals wesentlich zeitaufwendiger und dies nicht nur wegen der umfangreichen Belichtungsserien. Die Entwicklung der Farbfotos war nur in Speziallabors möglich und dauerte mindestens eine Woche.

Eine UV-Fotoserie war mir damals aus finanziellen Gründen nicht möglich und bei diesem Projekt war mir auch von vornherein klar, dass die IR-Fotografie einfacher zu bewerkstelligen sei. Erst intensive Recherchen im Internet zeigten mir hier einen Weg auf. Die parallele Verwendung von DSLR's der ersten Generation mit Objektiven, welche mindestens 20 Jahre alt sind war recht reizvoll und die sofortige Betrachtung am Display brachte rasche Ergebnisse ohne langwierige Testserien.

Als wir das UV-Projekt starteten war gerade November und die Milchstern-Pflanze aus einer Linzer Blumenhandlung war der erste Volltreffer bezüglich Reflexionen im ultravioletten Bereich. Dann war einige Monate Stillstand in der Pflanzenfotografie und erst im April 2008 wurde es wieder spannend. Besonders die Narzissen waren dankbare Aufnahmeobjekte, aber Löwenzahn, Huflattich und Gazanien standen den Narzissen nicht viel nach.

Es ist immer wieder spannend eine Pflanze mit der UV-Lampe zu beleuchten und nach der Aufnahme auf das Display zu blicken. UV-Male sind für die Netzhaut unsichtbar und erst die panchromatische Eigenschaft des Sensors erschließt sie für das menschliche Auge. Bei den Schülern des Akademischen Gymnasiums und des Aloisianums kamen aber die UV-Schminkfarben, der Nagellack der Firma Alessandro und eine Nivea-Hautcreme (Natural-Booster) noch viel besser an. Der transparente Nagellack wird im UV-Licht plötzlich weiß und die, inzwischen vom Markt genommene, Nivea-Creme erzeugt auf der Haut im UV-Licht weiße Flecken. Im sichtbaren Licht sind Lack und Creme hingegen unsichtbar.

Bei den IR-Fotos sind zwei Effekte besonders hervorzuheben. Einerseits der Wood-Effekt (Chlorophyll reflektiert IR-Licht besonders stark), was zu weißen Wiesen und Laubbäumen führt, und andererseits die praktisch ungehinderte Durchdringung von Dunst in der Atmosphäre, welche unglaubliche Fernsichten ermöglicht. Nicht einmal bei einem Föhn kann man Berge derart plastisch betrachten. Der Effekt ist so stark, dass sogar das Gehirn getäuscht wird. Es ist der Meinung eine Modelllandschaft zu studieren, weil es nur von dort Erfahrungswerte einer derart hohen Plastizität besitzt. Physikalisch ist diese Erscheinung leicht erklärbar und auch mit dem Blau des Himmels verwandt. Die Streuung des Sonnenlichtes in der Atmosphäre hängt enorm von der Frequenz des Lichtes ab. Während kurzwelliges blaues Licht sehr stark gestreut wird und so die Farbe des Himmels erzeugt, wird IR-Licht wegen seiner hohen Wellenlänge praktisch gar nicht gestreut. Es durchdringt atmosphärische Dunstschichten ungehindert und ermöglicht so einen ungetrübten Blick auf ferne Landschaftsdetails. Vergleichsaufnahmen ohne IR-Filter können dies eindrucksvoll belegen.

Die Grenzbereiche des sichtbaren Lichtes (IR und UV) bieten also zahlreiche höchst interessante Phänomene. Farbwahrnehmungen wie z.B. die blauviolette Fluoreszenz eines Flussspats oder die leuchtend gelben Reflexionen zwischen Fruchtknoten und Staubgefäßen eines Milchsterns sind im sichtbaren Spektralbereich nicht zu beobachten, man benötigt dazu eine UV-Lampe. Der Woodeffekt ist für unsere Augen ebenfalls unsichtbar, aber ein starker Indikator für gesundes Pflanzengrün.

Das Studium der Farben sollte also nicht nur an den Spektralbereich des menschlichen Auges gebunden sein, sondern dessen Grenzen überschreiten. Ich hoffe, dass wir mit dieser Projektarbeit gezeigt haben, dass die Welt der Farben nicht auf den Bereich zwischen rot und blau begrenzt ist, sondern jenseits davon auch noch ein buntes Treiben führt.