

Regenbogen & Co. : Optische Erscheinungen am Himmel (1)

Es werde Licht: Keine optische Erscheinung ohne Licht

Licht ist der für das menschliche Auge sichtbare Teil elektromagnetischer Strahlung. Elektromagnetische Wellen breiten sich mit **Lichtgeschwindigkeit in alle Richtungen geradlinig** aus.

Die Charakteristik von elektromagnetische Wellen wird ausgedrückt

durch die Frequenz = Schwingung pro Sekunde

1 Schwingung pro Sekunde = 1 Hertz (Hz)

50 Schwingungen pro Sekunde = 50 Hertz (Hz) (=Wechselstrom)

1000 Schwingungen pro Sekunde = 1000 Hz = 1 Kilohertz (kHz)

durch die Wellenlänge : Strecke von Wellenberg zu Wellenberg, gemessen in m, cm usw.

bei hohen Frequenzen sind die Wellenlängen klein:

1 μm = 1 Mikrometer = 1 Millionstel Meter oder 1/1000 mm

1 nm = 1 Nanometer = 1 Milliardstel Meter oder 1/ 1 000 000 mm

100 nm entsprechen 1/10 000 mm

„Wellen“ können als

- Transversalwellen (Wasserwellen) oder als

- Longitudinalwellen (Schallwellen) auftreten

- Transversalwellen schwingen quer zur Ausbreitungsrichtung

Elektromagnetische Wellen, als auch das Licht, sind Transversalwellen

- Longitudinalwellen schwingen in Ausbreitungsrichtung

Die Energie der Strahlung steigt, je kürzer die Wellenlänge ist. Im sichtbaren Bereich hat jede Wellenlänge eine bestimmte Farbe.

Zusammen ergibt es ein **kontinuierliches Spektrum** (lat. *spectrum*: Bild, Erscheinung).

Rotes Licht hat eine Wellenlänge von ca. 700 nm, blaues Licht 400 nm.

Größere Wellenlängen haben z. B. Mikrowellengeräte (cm) und Radiowellen (m bis km)

Kürzere Wellenlängen haben Röntgenstrahlen (nm) oder radioaktive Strahlung (1/100 nm).

Die Summe aller Spektralfarben ergibt weißes Licht.

Fällt weißes Licht wiederum durch ein (Glas)prisma, wird es in die Spektralfarben zerlegt, denn: kürzere Wellenlängen werden stärker gebrochen als längere Wellenlängen

Weißes Licht wird als warm oder kalt empfunden. Das hängt von der **Farbtemperatur** ab.

Sonnenlicht gilt als neutralweiß.

Die Oberfläche der Sonne hat eine Temperatur von rund 6000 K. (Kelvin)

Kelvin ist eine Temperatureinheit, die beim absoluten Nullpunkt beginnt.

0 Kelvin = - 273,15° C (Celsius); 0° C = 273,15 K

Ist die Farbtemperatur höher als 6000 K, wird Licht bläulich empfunden, das Licht erscheint „kälter“. Ist die Farbtemperatur niedriger, wird das Licht rötlich bzw „wärmer“ empfunden.

Welche Farben hat der Regenbogen?

Als die 7 klassischen Farben des Regenbogens gelten:

Rot, orange, gelb, grün, blau, indigo, violett.

Theoretisch kann aber das komplette kontinuierliche Farbspektrum von **ROT** bis **VIOLETT** auftreten.

Die realen Farben beim Regenbogen sind:

- weniger rein als bei Prismen, z. T. vergraut
- unterschiedlich hell
- manchmal nicht deutlich getrennt
- gemischt durch die Farbe des Himmels (z. B. Abendrot)

Interferenz

(Änderung der Amplitude von Wellen bei der Überlagerung von zwei oder mehr Wellen)

Durch Interferenz erscheinen im Regenbogen Mischfarben.

Die Amplitude (Wellenstärke) jeder Regenbogenfarbe kann sich durch mehrere Lichtstrahlen verstärken oder abschwächen. Bei Verstärkung erscheint die Farbe intensiver und heller, bei Abschwächung eher grau und etwas dunkler

Interferenz entsteht durch

- unterschiedliche Tropfengröße
- die Tropfenform
- teilweise Mischung der Farben bei der Reflexion im Tropfen

In reinen Farben erscheinen deshalb meist nur die Ränder des Regenbogens, Rot und Blauviolett. Die Farben in der Mitte des Bogens erscheinen durch Interferenz oft in blassen, vergrauten Farben.

Die Größe des Regenbogens

Der Regenbogen ist ein Kreisbogen, sein Mittelpunkt ist stets der Gegenpunkt zur Sonne, vom Beobachter gesehen.

Der violette Bogen erscheint in einem Winkel von 40° zum Gegenpunkt, der rote Bogen in einem Winkel von 42°

Das bedeutet:

Bei einer angenommenen Entfernung von 1 km zum Regenbogen beträgt der Radius des Regenbogens 650 m (bzw. der Durchmesser 1300 m), die „Dicke“ des Regenbogens ca. 35 m.

Ein Halbkreis ist dann zu sehen, wenn in ebenem Gelände die Sonne am Horizont steht und großflächig Regen fällt.

Je höher der Sonnenstand, um so kleiner wird der Kreisbogen; steht die Sonne höher als 40° (z. B. um die Mittagszeit), ist kein Regenbogen sichtbar.

Ausnahme: die Beobachtung erfolgt von einem Berg oder Flugzeug.

Nur dort, wo Regentropfen in der Luft sind, entsteht ein Regenbogen.

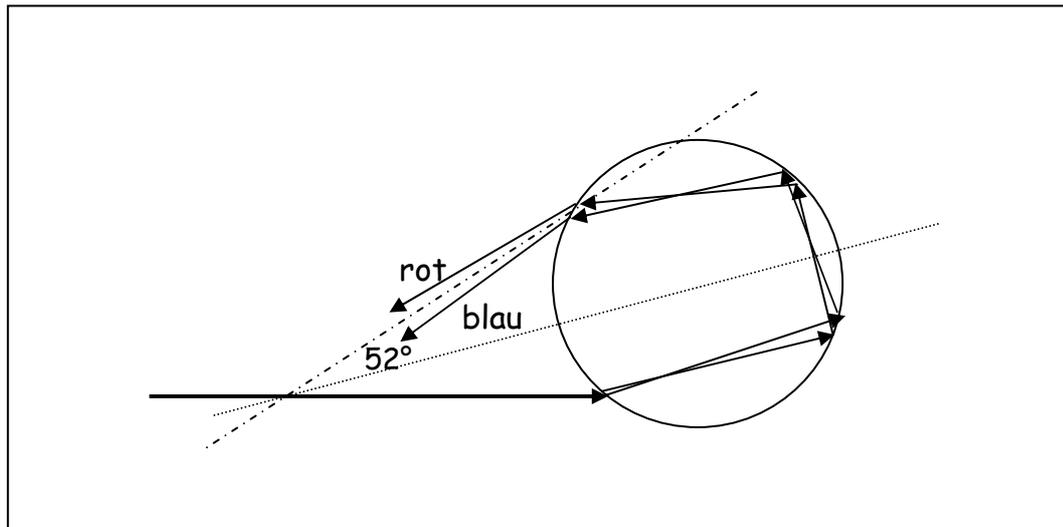
(Partielle) Regenbögen entstehen auch dort, wo Wasser in der Luft zerstäubt wird (Fontänen, Wasserfälle, Gischt).

Die Wassertropfen müssen von der Sonne angestrahlt werden.

Der sekundäre Regenbogen (Nebenregenbogen)

Der sekundäre Regenbogen hat einen etwas größeren Durchmesser. Die Farben erscheinen umgekehrt und sind insgesamt schwächer

Der Strahlengang beim sekundären Regenbogen:



Die Helligkeit des Regenbogens:

Hauptregenbogen und sekundärer Regenbogen erscheinen relativ hell:
Die Ursache liegt in dem in den Tropfen reflektierten (farbigen) Licht.

Jenseits von violett werden Sonnenstrahlen an den Tropfen z. T. direkt reflektiert:
Das Innere des Hauptbogens und das Äußere des Nebelbogens erscheint dadurch heller.
Zwischen den Bögen ist der Himmel dunkler; die Sonnenstrahlen werden in diesem Bereich seitlich gestreut.

Man nennt diesen relativ dunklen Bereich „Alexanders dunkles Band“, benannt nach seinem Entdecker Alexander von Aphrodisias (griechischer Philosoph, um 200 n. C.)

Die Intensität der Farben des Regenbogens hängt von der Tropfengröße ab:

Zum Vergleich:

Durchmesser Regentropfen	0,5 - 5 mm, im Mittel 2 mm
Sprühregentropfen	0,1 - 0,5 mm
Nebeltröpfchen	0,01 - 0,10 mm
Wolkentröpfchen	0,01 - 0,02 mm

Der Durchmesser von Wolkentröpfchen zu Regentropfen verhält sich also 1 : 1000 (!)

Der Nebelbogen

Je kleiner der Durchmesser eines Tropfens, um so weniger sind wegen der Krümmung der Oberfläche die Bedingungen eines Prismas gegeben.

Ein Lichtstrahl wird dann nur teilweise in die Spektralfarben zerlegt, die sich auch noch durch Interferenz aufheben können.

Bei Nebel kann deshalb anstatt eines „Regen“bogens ein „Nebel“bogen entstehen, der weißlich erscheint. Der Radius ist dabei etwas kleiner: 38° - 41°.

Der Mondregenbogen

Zumindest bei Vollmond kann ebenfalls ein Regenbogen entstehen.

Die Voraussetzung dazu ist allerdings ein wenig bewölkter Himmel. Somit sieht man diese Erscheinung meist nur an Fontänen und Wasserfällen.

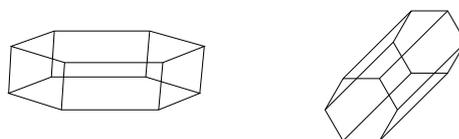
Da das Mondlicht sehr schwach ist, erscheint der Mondregenbogen in etwa weiß, denn das menschliche Auge ist für Helligkeitsunterschiede viel empfindlicher als für Farben.

Es gelten aber die gleichen optischen Gesetze der Lichtbrechung, deshalb können lichtempfindliche Kameras beim Mondregenbogen (schwache) Farben aufnehmen.

Licht bricht sich auch an Eiskristallen: die Halos

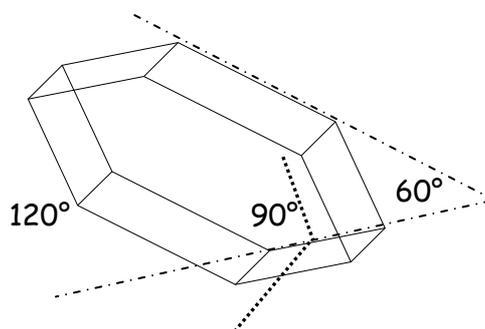
(griechisch: halos = Lichtring um Sonne oder Mond)

Beim Übergang von Wasser zu Eis bilden sich Eiskristalle in Form von sechseckigen Plättchen oder kleinen sechseckigen Säulen mit einer Länge von ca. 2/100 mm:



Die Winkel in einem Eisprisma sind 60° , 90° und 120° .

Dadurch entstehen spezielle Spiegelungen und Lichtbrechungen ähnlich einem Prisma.



Halos kann man bei dünner Cirrus-Bewölkung sehen. Diese besteht nur aus kleinen Eiskristallen.

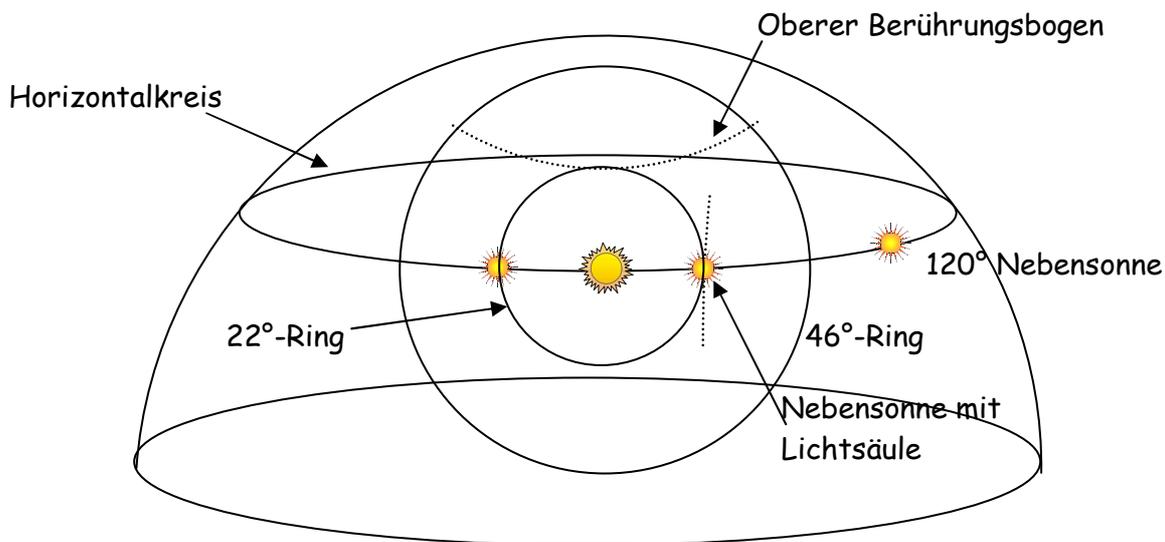
Die Leuchterscheinungen sind um die Sonne gruppiert und können gelegentlich bei tiefer stehender Sonne gesehen werden, nämlich dann, wenn zwischen Sonne und Beobachter die erwähnte dünne Cirrus-Bewölkung liegt.

Wegen der möglichen Winkelkombinationen bei reflektiertem und gebrochenem Sonnenlicht an Eiskristallen sind vielfältige Halo-Erscheinungen möglich.

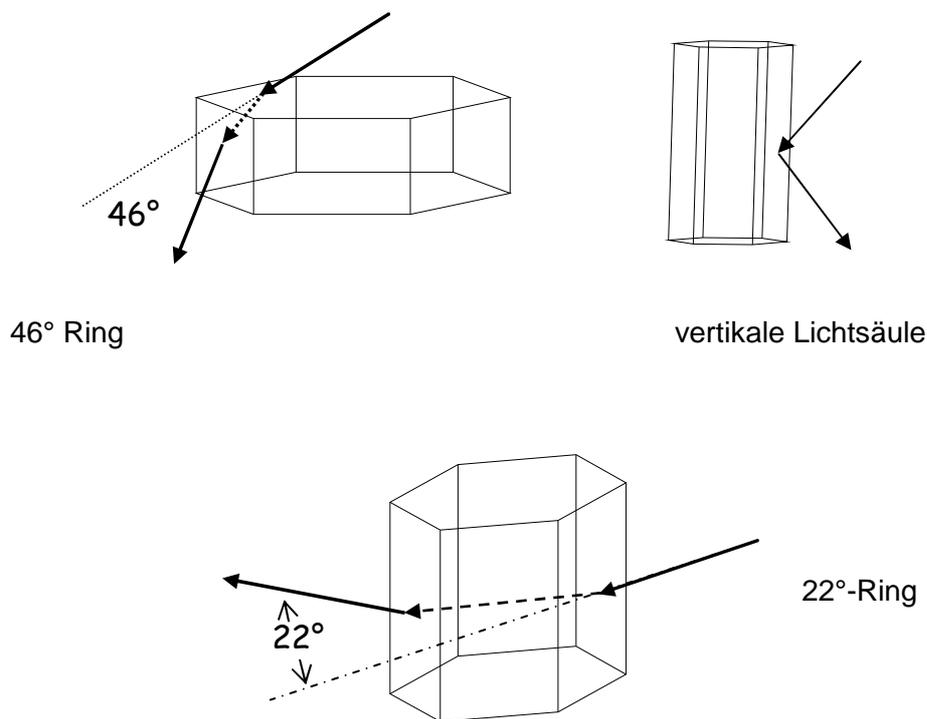
Manche davon sind sehr selten.

Die bekanntesten sind dabei:

Typische Haloerscheinungen:



Zwei Beispiele für den Strahlengang in Eisprismen:



Quellen:

- Gösta L. Liljequist/Konrad Cehak: Allgemeine Meteorologie
- Kristian Schlegel: Vom Regenbogen zum Polarlicht