

Manchmal erscheinen uns Sonne und Mond ganz farbig und platt : die Refraktion und ihre sonderbaren Effekte

Autor(en): **Baer, Thomas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **72 (2014)**

Heft 384

PDF erstellt am: **20.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-897445>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Manchmal erscheinen uns Sonne und Mond ganz farbig und platt

Die Refraktion und ihre sonderbaren Effekte

■ Von Thomas Baer

Dass uns die Sonne während ihres Auf- oder Untergangs manchmal gerötet erscheint, ist hinlänglich bekannt. Doch auch der Mond färbt sich gelegentlich kräftig orange und erlebt, wie die Sonne, hin und wieder ganz ungewohnte Deformationen. Dass uns das Tagesgestirn und der Erdtrabant in Horizontnähe grösser erscheinen sollen als hoch am Himmel, ist indessen eine Illusion.

Extinktion heisst das Phänomen im Fachjargon, eine Schwächung des Lichtes, oft mit einer Rötung verbunden, welche auf die Lichtstreuung zurückzuführen ist. Wir kennen diesen Effekt zu Genüge, wenn wir uns an malerische Sonnenauf- oder untergänge erinnern. Manchmal ist die Atmosphäre klar, die Rötung schwach, dann geht die Sonne wieder als glutroter Ball unter.

Nicht viel anders verhält es sich beim Mond. Auch er färbt sich zeitweilig in allen möglichen Nuancen, wie die Bildsequenz von ANDREAS WALKER sehr schön illustriert. Die Lufthülle der Erde sorgt für so manchen unerwarteten Effekt. Sie hebt Objekte im Horizont, verformt sie gehörig, manchmal sogar bis hin zur schieren Unkenntlichkeit, oder zaubert in seltenen Fällen Luftspiegelungen in den Himmel, die uns als Fata Morganen ein Begriff sind. Und dann bricht und streut die Atmosphäre das weisse Sonnenlicht, lässt aber nicht alle Lichtwellenlängen gleichermassen durch.

Abbildung 1: Diese fantastische Bildsequenz führt uns eindrücklich vor Augen, was die Atmosphäre mit dem durchfallenden Licht macht. Der stark gerötete, eben aufgegangene abnehmende Dreiviertelmond am 16. Juli 2014 färbt sich mit zunehmender Horizontdistanz gelblich, vor dem schwarzen Nachthimmel grau und kurz vor Sonnenaufgang am bereits leicht blau erscheinenden Himmel weisslich.

Der vermeintlich grosse Mond

Dass uns Sonne und Mond in Horizontnähe übergross erscheinen, ist indessen eine Täuschung. Es handelt sich hier um ein wahrnehmungspsychologisches Phänomen. In der Tat ist es so, dass uns das Firmament «abgeflacht» erscheint und



BILDER: THOMAS BAER

Abbildung 2: Beide Monde sind gleich gross, obwohl uns der linke, hinter dem Wald aufgehende Mond subjektiv grösser erscheinen mag. Unser Auge unterliegt einer optischen Täuschung.

uns dadurch Sonne und Mond nahe am Horizont optisch grösser erscheinen, als wenn sie hoch am Himmel stehen. Das Auge hat im Horizont immer irgendwelche Vergleichsmöglichkeiten, sei dies ein Gebäude, ein naher Baum, ein Hochspannungsmast oder ein Kirchturm. Dies erzeugt dann den «Wow-Effekt», wenn wir einen Vollmond direkt hinter einem Vergleichsobjekt auf- oder untergehen sehen. Doch vergleicht man die beiden Mondbilder in Abb. 2, so sind die beiden Mondscheiben in der Breite identisch, der Mond links durch die atmosphärische Brechung jedoch in der Höhe sichtbar gestaucht.



BILDER: ANDREAS WALKER

Was passiert eigentlich mit dem Licht?

Aus dem Physikunterricht kennen wir das Phänomen der Lichtbrechung an einem Glasprisma. Das weisse Sonnenlicht wird aufgrund seiner unterschiedlichen Wellenlänge in die einzelnen Spektralfarben zerlegt. Rotes Licht (700 nm) ist langwelliger als blaues (400 nm). So wird der einfallende Lichtstrahl so aufgefächert, dass der rote Anteil weniger stark abgelenkt wird als der blaue oder violette Anteil.

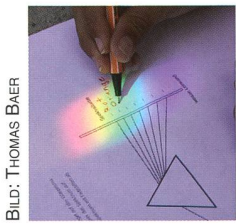


BILD: THOMAS BAER

Abbildung 3: Das weisse, durch ein Glasprisma fallende Sonnenlicht wird in die Spektralfarben aufgefächert.

Bestimmt haben Sie schon anderswo diese «Regenbogenfarben» beobachtet, etwa an einem Kristallkronleuchter, dessen geschliffenen Steine im Sonnenlicht funkeln, oder aber im Schwimmbassin eines Freibades.

Jedes durchsichtige Medium, egal ob fest, flüssig oder gasförmig, bricht das Sonnenlicht. Rein physikalisch betrachtet, geschieht dieser Vorgang immer, wenn Licht von einem Medium in ein anderes übergeht. Dabei spielt der Dichteunterschied eine Rolle. Jedes Medium hat damit, abhängig seiner Dichte, einen anderen Brechungskoeffizienten (Brechungsstärke). Brechung findet immer statt, unabhängig davon, ob das Licht von einem Medium geringer Dichte in ein Medium grösserer Dichte übergeht oder umgekehrt. Das Licht wird in jedem Fall abgelenkt. Im Vakuum haben wir keine Lichtbrechung; hier läuft ein Lichtstrahl «geradeaus» (Brechungsanzahl ist exakt 1). Wasser bricht das Licht mit der Brechzahl 1.33, Quarzglas mit 1.46, Plexiglas mit 1.49 und unsere Augenlinse mit 1.35 bis 1.42. Diese Zahlen sind numerische Werte. Erklärt an Wasser heisst dies, dass ein Lichtstrahl im Vakuum 1.33 Mal schneller «reist», sprich, die Lichtgeschwindigkeit wird in einem dichteren Medium geringfügig «abgebremst». Die bodennahen Luftschichten brechen das Licht nur noch minimal mit 1.000292. Da unsere Atmosphäre kein homogenes und ruhiges Medium ist, ist die Re-

fraktion von der Höhe (dünner werdende Atmosphäre) und der darin ablaufenden Turbulenzen abhängig. Sicher haben Sie auch schon einen tief am Horizont stehenden Stern oder Planeten beobachtet und dabei festgestellt, dass er ziemlich unscharf und durch die Luftbewegungen stark wabbelnd in den schönsten Regenbogenfarben leuchtete, wie das Bild von JÜRIG ALEAN prächtig illustriert. Auch die Sonne zeigt uns unter besonderen atmosphärischen Bedingungen diese farbigen Lichtsäume.

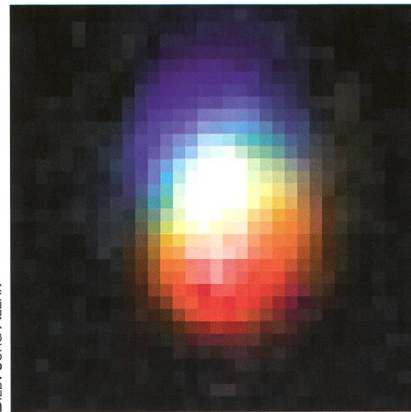


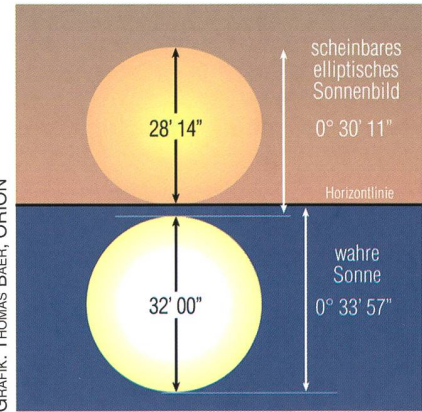
BILD: JÜRIG ALEAN

Abbildung 4: Diese extrem vergrösserte Fokalaufnahme des Merkur mit Refraktor (Durchmesser 125 mm / Brennweite 1100 mm) zeigt, wie die Atmosphäre das Licht bricht. Der Planet erscheint in prächtigen Regenbogenfarben.

Der grüne und rote Strahl

Der grüne Strahl ist weniger selten zu beobachten, als man lange Zeit glaubte. Am besten kann man ihn

am Meer sehen, wenn die Sonne so gut wie am mathematischen Horizont untergeht. Aber auch in unseren Breitengraden lässt sich das Phänomen hin und wieder beobachten. Voraussetzung ist ein tiefer und flacher Horizont. Nicht nur die Sonne, sondern alle Gestirne werden, wie auch schon im Beitrag von ERICH LAAGER ab Seite 10 erklärt, im Horizont angehoben. Wir sehen also eine auf- oder untergehende Sonne noch oder schon, wenn sie (ohne die Atmosphäre) eigentlich unter dem Horizont stünde.



GRAFIK: THOMAS BAER, ORION

Abbildung 5: Durch die Refraktion erscheint uns die Sonne über dem Horizont, obwohl sie eigentlich fast 34' (einen guten Sonnendurchmesser) unter dem Horizont steht. Die differentielle Refraktion verformt sie elliptisch.

Die Lichtstrahlen werden auf dem langen Weg durch die Erdatmosphäre leicht gekrümmt, das rote Licht etwas weniger stark als das blaue.

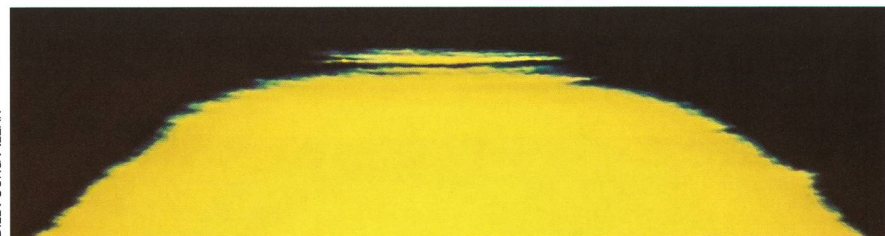


BILD: JÜRIG ALEAN

GRAFIK: THOMAS BAER

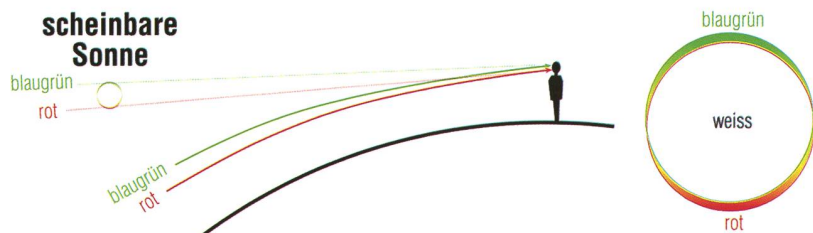


Abbildung 6: Der grüne Strahl entsteht dadurch, dass wir die Sonne durch die unterschiedlich starke Lichtbrechung überlagert sehen. Das rote Licht wird weniger stark angehoben als das blaugrüne.

So wird die refraktierte «grüne Sonne» etwas stärker angehoben, als die «rote Sonne»; wir haben gleichsam, wie in Abb. 6 veranschaulicht, zwei sich leicht überlappende Sonnenscheiben, wodurch oben der blaugrüne und unten der rote Lichtsaum entsteht. Geht nun das Tagesgestirn am Horizont unter, verschwindet zuerst der rote Anteil, womit das Grün zu überwiegen beginnt.

Wenn die atmosphärischen Bedingungen günstig sind, kann man ausser dem grünen Strahl (ganz fein am oberen Sonnenrand erkennbar) auch den roten Strahl sehen, wie im Bild von ALEAN festgehalten. Die Luftschichten können in Horizontnähe manchmal ganze Teile von Sonne und Mond «abschnüren». Das losgelöste Segment leuchtet dann stark rot; wir erleben den roten Strahl. Zu den beiden Sonnenaufnahmen gilt noch festzuhalten, dass sie mit einem Refraktor Durchmesser 125 mm / Brennweite 1100 mm mit Mylar-«Fotofilter» abgedeckt (ca. $\frac{1}{1000}$ Lichtabschwächung), $\frac{1}{6000}$ Sekunde bei 200 ASA, diejenige mit dem grünen Strahl $\frac{1}{250}$ Sekunde lang bei 1000 ASA belichtet wurde.

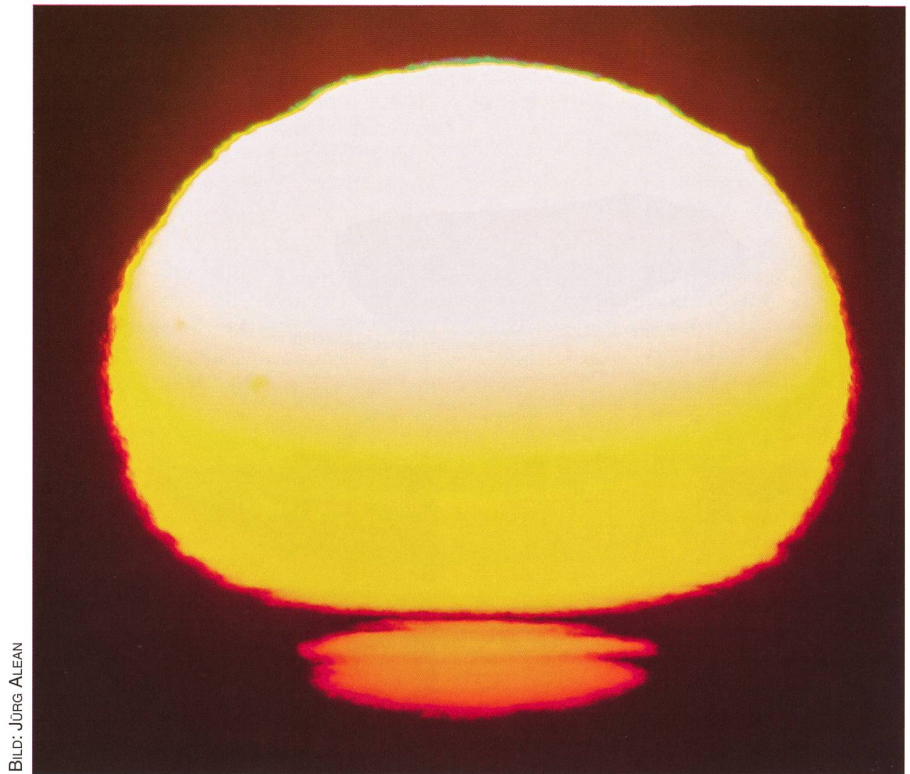


Abbildung 7: Der grüne (ganz oben am Sonnenrand) und rote Strahl (abgeschnürtes Segment unten) in einem Bild vereint! Bei solchen Sonnenaufnahmen ist stets äusserste Vorsicht geboten! Um die beiden Effekte zu fotografieren, muss die Sonne noch eine gewisse Leuchtkraft haben. Geht sie blutrot unter, ist der grüne Strahl so gut wie nie sichtbar.

Der Mond als «Totenkopf»

Die Verformungen von Sonne und Mond nahe des Horizonts haben mit Luftspiegelungen zu tun, die aufgrund unterschiedlicher Temperaturen einzelner Luftschichten entstehen, ganz ähnlich wie die Fata Morganen. Wie der von PATRICIO CALDERARI fotografierte aufgehende «Fast-Vollmond» am 17. März 2014 verdeutlicht, der für kurze Momente an einen Totenkopf erinnert, zeigen das Tages- und Nachtgestirn manchmal die eigenartigsten Defor-

mationen. Abgeschnürte Teile, wie in Abb. 7 oder abgerundete «Ecken», wie in der Bildsequenz unten, sind recht häufig zu beobachten. Selten sieht man unter Sonne und Mond ein gespiegeltes Gegenbild, das langsam höher wandert und sich mit dem «wahren» Objekt vereinigt. Abends sind solche Effekte eher zu beobachten als morgens, was rein meteorologisch zu erklären ist. In den Morgenstunden ist die Luft meist viel ruhiger, als abends, wenn die Tageswärme den Boden aufgeheizt und die darüber

lagernden Luftschichten aufgewärmt hat (Thermik).

Der blaue Himmel und der «rote» Mond

Ausser der Lichtbrechung findet in den unteren Luftschichten eine Lichtstreuung statt. Refraktion und Streuung sind nicht dasselbe. Eine banale Frage, nämlich die, warum uns der Taghimmel blau und nicht etwa rot, gelb oder grün erscheint, ist gar nicht so leicht erklärbar.



Abbildung 8: Wie bei der Sonne ist der rote Strahl oder zumindest die Rötung im unteren Bereich der Mondscheibe, hier bei einem Mondaufgang, zu sehen. Die Erdatmosphäre deformiert unseren Nachbarn im All gehörig und lässt ihn zeitweilig wie ein «Totenkopf» erscheinen.



BILD: THOMAS BAER, STERNWARTER BÜLACH

Abbildung 9: Während einer totalen oder tiefen partiellen Mondfinsternis – hier die Finsternis vom 3./4. März 2007 – färbt sich die verfinsterte Mondoberfläche leicht rötlichbraun. Es sind dies die langwelligene Anteile des durch die tieferen Schichten der Erdatmosphäre fallenden Lichtstrahlen. Der Vollmond schimmert also im Licht der irdischen Morgen- und Abenddämmerung.

In der Luft schwirren ja bekanntlich Myriaden feinsten Staubpartikel, Blütenpollen und Wassertropfchen herum. Diese lassen beim Blick in die Ferne die Landschaft diffus und undeutlich erkennen (Extinktion). Manchmal sieht man ja vom Mittel- land aus bei schönem Wetter nicht einmal bis in die Alpen! An solchen Tagen erscheint uns auch der Him- mel am wenigsten blau gefärbt, son- dern eher milchig hellblau.

Die Atmosphäre sendet bekanntlich kein eigenes Licht aus, denn sonst müsste sie uns ja nachts ebenfalls blau erscheinen. Bestimmt haben Sie aber schon beim Grillieren im Freien beobachtet, wenn sie den aufsteigenden Rauch gegen einen dunklen Hintergrund beobachtet haben, dass dieser bläulich er- scheint. Genau so verhält es sich mit der Erdatmosphäre, die wir vor dem Schwarz des Alls vom Erdboden aus sehen. Das Blau des Him- mels ist also eine Eigenschaft der Atmosphäre selbst. Grosse Teil- chen – wir sprechen hier von 0.00001 mm bis 0.001 mm – streuen alle Farben gleichermassen stark, also weiss. Somit können weder Staub- noch Wasser- oder Eisparti-

kel für das Himmelsblau verant- wortlich sein. Vielmehr sind es die Luftmoleküle selbst, die das Licht streuen, zwar extrem schwach, aber bei einer Mächtigkeit der Atmo- sphäre von mehreren Kilometern Dicke ausreichend, um eine Wir- kung zu zeigen. Das violette und blaue Licht wird dabei viel effekti- ver gestreut als das rote. Somit überwiegt tags der Blauanteil, während uns morgens oder abends infolge des flachen Winkels und des längeren Lichtweges vor allem die langwelligene Anteile des Sonnen-

lichtes, also orange und rot errei- chen (vgl. dazu Abb. 9). Diese Röt- tung des Morgen- und Abendhim- mels erleben wir indirekt bei einer totalen Mondfinsternis (Abb. 8). Da das schwache Restlicht durch die Atmosphäre leicht gekrümmt wird, kann dieses in den dunklen Erd- schatten geworfen werden, wo es den finsternen Mond in rund 384'400 km Entfernung schwach kupferrot erhellen lässt. Vom Mond aus be- trachtet würde man in diesem Au- genblick eine Sonnenfinsternis durch die Erde erleben und die irdi- sche Morgen- und Abenddämme- rung gleich einem rötlichen Licht- saum um die dunkle Planetenkugel herum sehen.

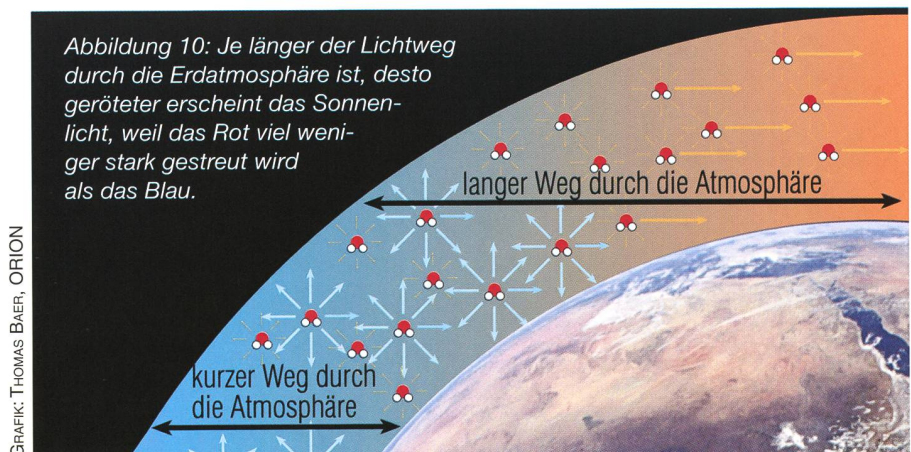
Wie stark uns Sonne und Mond nahe des Horizontes durch die At- mosphäre gerötet erscheinen, hängt von deren Klarheit ab, wobei wir am Schluss dieses Beitrags bei der Ex- tinktion angelangt wären. Die Schwächung des Lichtes hängt im Wesentlichen von der «Verunreini- gung» der Luft und von der relati- ven Luftfeuchtigkeit ab. Im Winter- halbjahr etwa erleben wir viel häufi- ger eine blutrot untergehende Son- ne, wenn diese durch Smog und Dunst hindurch scheint und dabei erheblich abgeschwächt wird.

Thomas Baer

Bankstrasse 22
CH-8424 Embrach

Quellen

- [1] MARCEL MINNAERT: Licht und Farbe in der Natur, 1992, Birkhäuser Verlag Basel
- [2] MIHANS-ULRICH KELLER: Himmelsjahr 2011, S. 91 ff, 2010, Franckh-KOSMOS-Verlag, Stuttgart



GRAFIK: THOMAS BAER, ORION

Abbildung 10: Je länger der Lichtweg durch die Erdatmosphäre ist, desto geröteter erscheint das Sonnenlicht, weil das Rot viel weniger stark gestreut wird als das Blau.