

# Frage : Blau des Himmels und Rot des aufgehenden Mondes

Objektyp: **Group**

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

Band (Jahr): **37 (1979)**

Heft 172

PDF erstellt am: **06.07.2024**

## **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.

Dabei erinnerte ich mich an den Bericht über die Sichtbarkeit der Venus am Tag und wusste, dass diese sehr nahe beim Mond sein musste, denn an demselben Tag konnte man ja in Amerika die Venusbedeckung durch den Mond beobachten. Am 27. und 28. Dezember, wo starke Höhenwinde Wolkenfelder vorüberbliesen, konnte ich die Venus über die Mittagszeit gut beobachten.»

HANS R. STAUFFER, Turnweg 156, CH-3251 Oberwil

Der dritte Leser schickt uns Bilder seiner Sternwarte (Abb. 1 und 2) und schreibt zum erwähnten Thema:

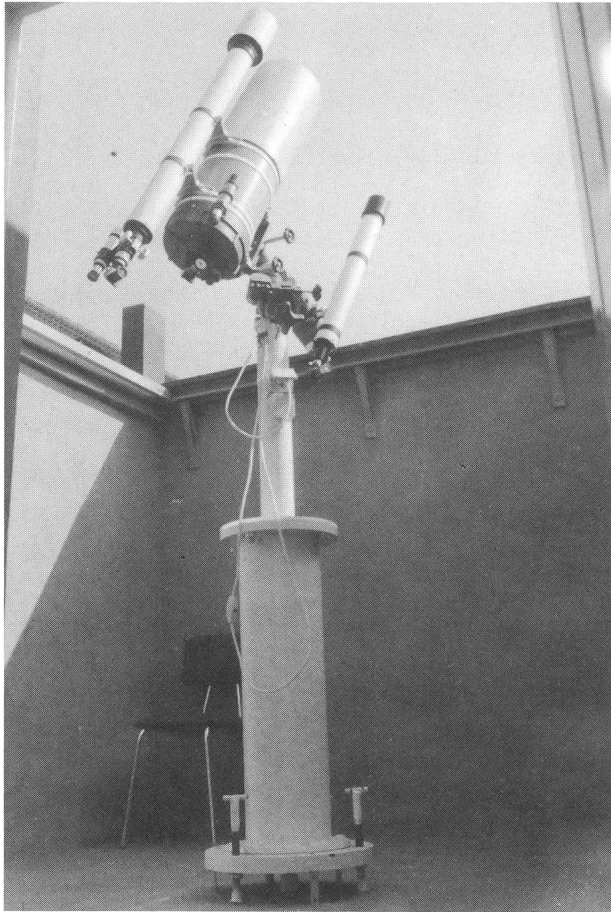


Abb. 1: Drei Geräte auf Eigenbau Stativ (100 kg) mit Montierung «Regulus». Von links nach rechts: Refraktor 75/1200 mm, «C 8» 200/2000 mm, Refraktor 60/700 mm als Leitrohr bei Fotografie durch «C 8» (total 50 kg).

«Venus wurde von mir ebenfalls am Taghimmel, mit Hilfe der Verbindungslinie Sonne-Mond, mit blossen Auge gefunden. Dem Fernrohr entlang schauend, habe ich auch schon andern Sternfreunden gezeigt, dass der Planet durchaus mit blossen Auge erkannt werden kann. Im Fernrohr ist Venus dagegen ohne Schwierigkeit am Tag, sogar bei Dunst zu erkennen. Sie wurde schon in allen Phasen und ausserdem in der oberen und unteren Konjunktion beobachtet.

Um Merkur zu sehen, muss der Himmel schon im «schönen Blau» erscheinen. Ich habe ihn schon oft, vor allem zur Kulminationszeit beobachtet.

Meine Beobachtungsinstrumente sind ein Refraktor 75/1200 mm und ein «C 8» 200/2000 mm (Abb. 1).

Die hellen Planeten habe ich bereits alle tagsüber öfters gesehen. Mars erscheint am Taghimmel auffallend rötlich. Von Jupiter erkennt man noch verhältnismässig gut die beiden dunklen Wolkenstreifen. Der Ring von Saturn erscheint wesentlich blasser, als der Planet selbst.

Auch Fixsterne wurden am Tag beobachtet. Das Ziel war, die Grenzgrösse für die beiden Fernrohre am Taghimmel zu ermitteln. Mit dem Refraktor gelang es mir, Sterne bis zu 3,5 m zu beobachten. Das «C 8» zeigte noch Sterne bis 4,4 m, z.B. die Deichselsterne des kleinen Wagens. Mizar wurde auch als getrennt im Refraktor sichtbar.

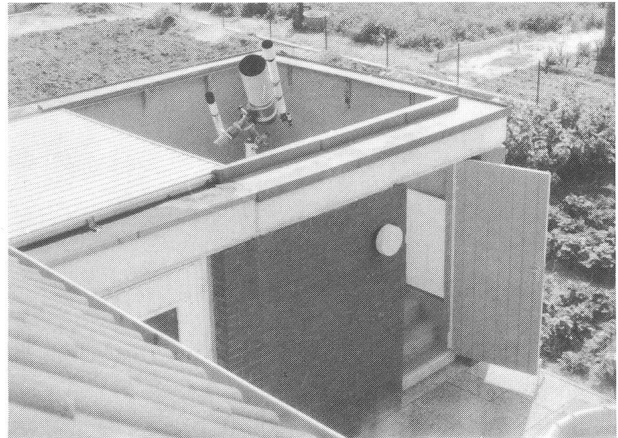


Abb. 2: Sternwarte von Georg Neumann in Rheine (Deutschland). An Autogarage angebaut; als Schiebedach dient ein Garagetor.

Hinzufügen möchte ich noch, dass meine Fernrohre von der Berliner-Regulus-Montierung vollkommen wackelungsfrei getragen werden. Das zwei Zentner schwere Stativ wurde in Eigenbauweise hergestellt. Alles ist sehr genau justiert. Als Sternwarte dient ein massiver Bau mit einem Garagetor als Schiebedach.»

GEORG NEUMANN, Birkhahnweg 8 (Altenrheine), D-444 Rheine (Westf.) Deutschland.

### Frage: Blau des Himmels und Rot des aufgehenden Mondes

1. Warum ist der Himmel eigentlich blau?
2. Am 20. August 1978 um 21.40 Uhr — es war nur sehr leicht bewölkt — war der Mond rot, weshalb?

### Antwort:

Es trifft sich gut: Die beiden Fragen eines Sternfreundes aus Deutschland können gemeinsam beantwortet werden, da die zwei «farbigen Erscheinungen» dieselbe Ursache haben.

Gelangt die Strahlung der Sonne in unsere Atmosphäre, wird sie durch verschiedene Effekte verändert:

- a) Die Gase in der Lufthülle absorbieren bestimmte Bereiche der Strahlung, besonders im Ultraviolett und Infrarot.
- b) Kleinste Schwebeteilchen (Staub, Dunst, Nebel) streuen das einfallende Licht.
- c) Die Luftmoleküle streuen die Strahlung, auch wenn die Luft vollkommen sauber und trocken ist. Diese Erscheinung heisst «Rayleigh-Streuung». Sie ist vor

allem schuld an der Blaufärbung des Himmels. Wie kommt das?

Das weisse sichtbare Licht der Sonne ist bekanntlich eine Mischung aller Spektralfarben («Regenbogenfarben» von violett über blau, grün, gelb, orange bis rot). Die Wellenlänge der Lichtstrahlung (elektromagnetische Wellen) ist je nach Farbe verschieden:

Ungefähre Wellenlänge in nm ( $10^{-9}$ m)	Dazugehörige Farbe des Lichtes
400	violett
450	blau
530	grün
590	gelb
650	rot

Das Gesetz für die Rayleigh-Streuung sagt:

*Die Streuung ist umgekehrt proportional zur 4. Potenz der Wellenlänge.*

Dazu ein Beispiel: Die Wellenlängen von violetterem und rotem Licht verhalten sich wie 400:650 oder 1:1,625, die 4. Potenzen der Wellenlängen wie  $1^4:1,625^4 \approx 1:7$ , die Stärke der Streuung (umgekehrt!) ist also rund 7:1.

Bei den angenommenen Wellenlängen wird das violette Licht etwa 7 mal stärker gestreut als das rote.

Allgemein gesagt: Für Licht mit kleiner Wellenlänge ist die Streuung wesentlich grösser, d.h. violettes und blaues Licht wird bevorzugt gestreut.

Die Mischung der gestreuten Strahlungsanteile ergibt blau, und dieses Licht gibt dem Himmel seine Farbe. Aufnahmen aus dem Weltall zeigen, dass der Himmel dort schwarz erscheint. Er wird eben ausserhalb der irdischen Lufthülle von keinem Streulicht aufgehell.

Zur zweiten Frage:

Die Mischung des nicht gestreuten Sonnenlichtes, d.h. derjenigen sichtbaren Strahlung, die direkt in unser Auge fällt, ergibt gelb. Normalerweise erscheint uns die Sonne in dieser Farbe. Stehen Sonne oder Mond tief am Horizont, legt das Licht einen längeren Weg durch die Lufthülle zurück. Dadurch wird die Streuung verstärkt, der übrig bleibende Anteil erscheint orange oder rot.

Das Rot des Mondes in Horizontnähe (am 20. August 1978 abends) hat also dieselbe Ursache wie die Verfärbung der auf- oder untergehenden Sonne. Staub und Dunst können diesen Effekt verstärken. So erklärt es sich, dass Sonne und Mond — je nach Wetter und Luftreinheit — in Horizontnähe nicht immer in der gleichen Farbe erscheinen.

Zwei Ergänzungen:

1. Die Streuung an Schwebeteilchen lässt sich mit einem einfachen Versuch demonstrieren: In einen Glasbehälter voll Wasser gibt man einen kleinen Spritzer Milch. Die Milchteilchen streuen das Licht, auch hier bevorzugt violett und blau. Betrachten wir eine Lampe durch das Milchwasser, erscheint diese rötlich, die Flüssigkeit im Seitenlicht dagegen bläulich.
2. Es bleibt die Frage, weshalb überhaupt die Luftmoleküle das Licht streuen und wie sich das Gesetz der Rayleigh-Streuung begründen lässt. Diese Frage hat Herr Dr. Fritz Bühler, Physiker an der Universi-

tät Bern, freundlicherweise für unsere Leser beantwortet:

#### *Die Rayleigh-Streuung*

Auch wenn die Luft ganz klar ist, wird sichtbares Licht noch ein wenig gestreut (Rayleigh-Streuung); aus dem gleichen Grund, nämlich der elektrischen Polarisierbarkeit der Atome, wird es auch gebrochen. Die Streuung des blauen Lichts ist viel stärker als die des roten; sie wächst mit der vierten Potenz der Frequenz (sinkt also mit der vierten Potenz der Wellenlänge). Sie lässt sich mit einem Modell erklären, in welchem die Atome der Luft als elektromagnetische Antennen betrachtet werden.

Zur Beschreibung von Absorptions- und Emissionsvorgängen ist das Atommodell von Bohr praktisch. Hier wirbeln die Elektronen in festen Bahnen um den Kern oder springen zwischen diesen Bahnen hin und her. Sollen aber Streuerscheinungen erklärt werden, bei denen das eingestrahlte Licht als elektromagnetische Welle auf das Atom einwirkt, ist das Oszillatorenmodell dienlicher: die Elektronen reagieren, als wären sie durch Federn mit dem Kern verbunden. Je nach der Stärke der Feder schwingen sie mit verschiedenen Eigenfrequenzen (ähnlich dem Federpendel der Souveniruhren, bei denen eine Figur auf einer Sprosse sitzend auf und ab schaukelt). Nur tritt hier an Stelle der Federkraft die elektrostatische Anziehung.

Wegen der negativen Ladung des Elektrons reagiert das Pendel aber nun auf vorbeiziehende Wellen; es wird vom periodisch wechselnden Feld des einfallenden Lichts zu Schwingungen (Oszillationen) von dessen Frequenz angeregt. Aus der Mechanik weiss man, dass die Amplitude einer angeregten Schwingung in charakteristischer Weise von der Anregungsfrequenz abhängt. Liegt diese zum Beispiel in der Nähe der Eigenfrequenz des Oszillators, wächst die Amplitude sehr stark an (Resonanz) und der Oszillator entzieht der anregenden Welle sehr viel Energie. Diese Frequenzen liegen aber für die Atome im Ultravioletten, also bei höheren Frequenzen; und dort ist die Atmosphäre ja auch undurchsichtig. Ist jedoch die Anregungsfrequenz, wie beim sichtbaren Licht, viel niedriger als die Eigenfrequenz, hängt die Amplitude der erzwungenen Schwingung nur noch von der Stärke der Anregung (hier der Lichtintensität) ab, nicht aber von der Anregungsfrequenz.

Ein mechanischer Oszillator nimmt ständig eine gewisse Leistung auf, die er über die Reibung in Wärme überführt. Elektromagnetische Oszillatoren entziehen der anregenden Welle auch Leistung und schwächen sie derart; aber sie verwenden sie, um eine Streuwelle gleicher Frequenz in alle Raumrichtungen auszusenden. Sie wirken also als Stabantennen.

Die von einem sich bewegenden Elektron als elektromagnetische Welle ringsum abgestrahlte Leistung ist nach den klassischen Gesetzen des Elektromagnetismus dem quadratischen Mittelwert seiner Beschleunigung proportional.

Beschreibt also  $z = A \cdot \cos \omega t$  seine Bewegung, so ist  $d^2z / dt^2 = -A \cdot \omega^2 \cdot \cos \omega t$  seine Beschleunigung und  $A^2 \omega^4 / 2$  deren quadratischer Mittelwert ( $\omega = 2\pi \cdot f$ ; Frequenz  $f$  mal Wellenlänge  $\lambda =$  Lichtgeschwindigkeit  $c$ ). Die von einem Oszillator der einfallenden Lichtwelle entzogene und als Streuwelle abgestrahlte Leistung ist also proportional  $A^2$  und damit der Intensität der ein-

fallenden Strahlung, aber auch proportional der vierten Potenz ihrer Frequenz  $f$ .

Bei gleicher Intensität des eingestrahnten blauen (Wellenlänge z. B.  $3800 \text{ \AA}$ ) und des roten Lichts ( $7600 \text{ \AA}$ , d. h. halbe Frequenz) wird somit von jedem Oszillator  $2^4 = 16$  mal mehr blaues Licht gestreut, das eingestrahlte blaue Licht dementsprechend stärker geschwächt, ohne dass bei diesem Vorgang Licht absorbiert würde. Die experimentelle Bestätigung des Gesetzes ist schwierig, da die Rayleigh-Streuung nie ganz rein auftritt. Streuung an grösseren Teilchen ist die Ursache, dass der Exponent 4 nicht ganz erreicht wird. Immerhin haben Messungen ergeben, dass Licht der Wellenlänge  $\lambda = 3750 \text{ \AA}$  in sauberer Luft nach 18 km auf  $1/e$  (37%) geschwächt wurde (Pohl, 1963), was bis auf einige Prozent mit dem theoretisch errechneten Wert übereinstimmt.

Bei klarer Sicht (wenn also keine Wassertröpfchen, Eiskristalle oder Schwebeteilchen Lichtstreuungsvorgänge verursachen, welche anderen Gesetzen gehorchen) wird also die Atmosphäre im sichtbaren Licht zu ganz schwa-

chem Leuchten angeregt, und zwar vorwiegend im blauen Bereich. Blicken wir am hellen Tag gegen oben (in dieser Richtung ist die Lufthülle — auf Bodendruck umgerechnet — etwa 8 km dick), sehen wir relativ wenige streuende Teilchen und der Himmel ist dunkler als gegen den Horizont hin. Steht die Sonne tiefer, leuchtet sie rot, denn ihre Strahlen haben eine Luftschicht von (umgerechnet) etwa 300 km zu durchqueren und uns erreicht nur noch wenig ungestreutes Licht; alles blaue ist schon weggestreut und nur ein wenig rotes bleibt übrig. Die Luft rings um uns wird deshalb auch nur noch im Roten angeregt. Der Abendhimmel färbt sich in Sonnennähe ebenfalls rot und verblasst dort, wo gar kein Licht mehr hingelangt.

*Literatur:*

Kapitel 28 und 32 in: Feynman, Vorlesungen über Physik, Band I, Addison-Wesley (1963), übersetzt im R. Oldenbourg-Verlag, München und Wien (1974).

§ 92 bis 99 des Kapitels X in: R.W. Pohl, Einführung in die Optik, Springer, Berlin (1941).

*Adresse des Verfassers:*

Dr. FRITZ BÜHLER, Physikalisches Institut, Sidlerstrasse 5, 3012 Bern.

---

## Mikroverfilmung des ORION

In seiner Sitzung vom 25. November 1978 hat der Zentralvorstand der SAG beschlossen, den gesamten ORION mikroverfilmen zu lassen. Was hat ihn dazu bewogen?

### *Gründe für die Mikroverfilmung*

Letztes Jahr haben wir den letzten verfügbaren kompletten Satz ORION verkauft, der SAG steht nur noch ein Archiv-Satz zur Verfügung. Viele der älteren Hefte sind vergriffen. Nun sind aber die ORION-Hefte eine wahre Fundgrube von Ideen und Anregungen, und diese würden mit der Zeit verloren gehen. Die einzig gangbare Möglichkeit, dieses Werk zu erhalten und den zukünftigen Mitgliedern zugänglich zu machen, ist die Mikroverfilmung.

Der Verkauf der alten ORION-Hefte obliegt dem Zentralsekretär. Bei jedem Wechsel desselben müsste auch das Archiv gezügelt werden, um die Spesen für Briefe, Porti, Telefonate niedrig zu halten.

Unser Archiv braucht jedes Jahr mehr Platz. Dies ist auch der Grund für die letztjährige Verkaufs-Aktion älterer ORION-Hefte. Ist aber der ORION mikroverfilmt, können die älteren Hefte den Lokalgesellschaften für Werbezwecke überlassen werden. Sie sind so sicher nützlicher, als wenn sie in einem Raum gestapelt liegen.

Es ist auch durchaus denkbar, dass wir einmal Miete für Archivraum bezahlen müssen. Wir haben somit alles Interesse daran, das ORION-Archiv zu reduzieren.

Raum-Probleme bestehen auch bei Instituts-Bibliotheken, welche die Flut von Publikationen kaum mehr beherbergen können. Sie bevorzugen deshalb oft Bücher und Zeitschriften in mikroverfilmter Form. Im letzten Jahr haben wir einige diesbezügliche Anfragen erhalten. Offensichtlich besteht hier ein Bedarf.

Ein letzter, aber nicht minder wichtiger Grund ist folgender: Jeder ORION-Redaktor sollte einen kompletten

Satz des ORION zur Verfügung haben. Das mag heute durchaus noch der Fall sein, in späteren Zeiten dürfte diese Forderung aber kaum mehr erfüllbar sein. Auch hier schafft die Mikroverfilmung Abhilfe.

### *Wahl der Mikrofilm-Methode*

Welche *Informationsträger* stehen heute zur Verfügung?

Da ist einmal der *Mikrofilm*, ein kontinuierlicher Streifen von 35 mm oder 16 mm Breite, ohne die vom Kino- und Kleinbildfilm her bekannte Randlochung. Schriftgut wird mit einem Verkleinerungsfaktor von 15 aufgenommen.

Er wird hauptsächlich zur Mikroverfilmung von Zeichnungen benutzt, weil grosse Formate verkleinert und wieder rückvergrössert werden müssen und kann beispielsweise auf Rollen zu 30 m Länge in Dosen aufbewahrt werden. Sind pro Bildfeld 2 Heftseiten aufgenommen, haben rund 1200 Seiten auf einer solchen Rolle Platz, was 5 Jahrgängen ORION entsprechen würde. Das hat aber so seinen Nachteil: Zum Auffinden einer bestimmten Stelle muss der Mikrofilm bis dorthin abgespult und nachher wieder aufgespult werden. Der *Zugriff* zur gesuchten Stelle ist *schwierig*.

Der Zugriff wird wesentlich erleichtert, wenn jeweils ein Bildfeld in eine *Mikrofilm-Lochkarte* gesteckt wird. Es ist dies eine Lochkarte im üblichen Format mit ausgestanztem Bildfenster, in welches ein Mikrofoto einmontiert wird. Diese wird ihrerseits beidseitig durch eine klare Kunststoff-Folie gehalten, die den Film schützt. So können die Lochkarten mitsamt Film durch Maschinen sortiert und verarbeitet werden. Hauptsächliches Anwendungsgebiet dieser Mikrofilm-Lochkarten ist in der Industrie: Technische Zeichnungen werden verfilmt und können ab Lochkarte maschinell rückvergrössert werden. Der ORION in Mikrofilm-Lochkarten würde aber fast so viel Platz beanspruchen wie das Original!