

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: - (1953)
Heft: 39

Artikel: Die Extinktion des Lichtes
Autor: Leutenegger, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-900469>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 09.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Extinktion des Lichtes

Von Dr. E. LEUTENEGER, Frauenfeld

Alle Beobachtungen, die wir an kosmischen Objekten machen, erfolgen normalerweise am Grund einer in ihrem Aufbau mehr oder weniger bekannten Lufthülle. Dadurch wird das Licht sowohl hinsichtlich seiner Intensität als auch in seiner Zusammensetzung oft in beträchtlichem Masse verändert. Dies wird uns durch die untergehende Sonne sehr eindrücklich vor Augen geführt. Diese Veränderung des Lichtes in Quantität und Qualität bezeichnen wir als Extinktion des Lichtes. Sie ist je nach der Richtung der einfallenden Strahlen zur Erdoberfläche, nach der Höhe des Beobachtungsortes, verschieden. Selbstverständlich spielen auch die meteorologischen Umstände eine grosse Rolle. Die Extinktion, die immer eine Schwächung der die Atmosphäre durchdringenden Lichtstrahlen bedeutet, ist minimal, wenn der Strahl senkrecht zur Erdoberfläche in die Lufthülle eintritt, wenn also das betr. Objekt für den Beobachter im Zenit steht (Zenitdistanz = 0°), maximal, wenn der Strahl tangential zur Erdoberfläche verläuft, wenn also das Objekt für den Beobachter im Horizont steht («scheinbare» Zenitdistanz = 90° — die «wahre» Zenitdistanz ist in diesem Falle sogar noch grösser, wegen der Krümmung der Lichtstrahlen beim Durchgang durch die atmosphärischen Schichten, deren Dichte von unten nach oben abnimmt).

Doch wie schon angedeutet, verändert sich nicht nur die Intensität eines Lichtstrahles, sondern auch seine Qualität, oder besser gesagt seine Zusammensetzung. Die Extinktion ist für langwelliges Licht geringer, für kurzwelliges Licht stärker. Daher kommt es, dass die untergehende Sonne fast alles kurzwellige Licht verloren hat, dass das Licht der untergehenden Sonne fast ausschliesslich aus gelben und roten Strahlen besteht. Da sowohl bei Beobachtung mit dem Auge (mit oder ohne Instrumente), wie auch bei photographischen Aufnahmen und im weiteren bei jeder Art der Lichtmessung, im allgemeinen stets ein grösserer Spektralbereich verwendet wird, stellt die Ermittlung der Extinktion, die mit einer genaueren Photometrie, d. h. Messung der Intensität eines Lichtstrahls untrennbar verbunden ist, stets ein nicht ganz einfaches Problem dar.

Für gröbere Untersuchungen genügt in der Regel die in vielen Tabellen gegebene «mittlere Extinktion», die als Funktion der Zenitdistanz angegeben ist (siehe Henseling, *Astronom. Handbuch*, oder Rolf Müller, *Astronom. ABC* u. a.).

Durch die Extinktion wird der Helligkeitsunterschied zweier Sterne infolge der ungleichen Aenderung der für die einzelnen Sterne gültigen Extinktionen im Verlaufe ihrer Sichtbarkeitsdauer ständig verändert. Ein Beispiel mag dies verdeutlichen: Die Helligkeiten der Sterne Beteigeuze (α Orionis) und Rigel (β Orionis) sind in einem Helligkeitskatalog angegeben zu 0.92^m bzw. 0.34^m ($m =$ Grössenklasse). Der erstere hat sich zwar als veränderlich erwiesen;

Tabelle 1
Extinktionen und scheinbare Helligkeiten der Sterne Beteigeuze (α Orionis) und Rigel (β Orionis)

Stern- zeit	Zenitdistanzen		Mittlere Extinktion			Spektrale Extinktion		
	α Ori 5 ^h 50 ^m +7.4°	β Ori 5 ^h 10 ^m -8.3°	Extinktion α Ori 0.92 ^m	scheinbare Helligkeit α Ori	Hell.-Diff. β Ori minus α Ori	Extinktion α Ori 0.92 ^m Ma B8p	scheinbare Helligkeit α Ori	Hell.-Diff. β Ori minus α Ori
1 ^h	17.2°	11.5°	0.44 ^m	1.36 ^m	+0.30 ^m	0.55 ^m	1.47 ^m	+0.24 ^m
2	27.0	20.0	0.22	1.14	0.45	0.32	1.24	0.38
3	36.0	27.1	0.13	1.05	0.49	0.20	1.12	0.43
4	43.4	32.0	0.08	1.00	0.50	0.14	1.06	0.45
5	48.1	34.2	0.06	0.98	0.50	0.11	1.03	0.45
6	49.5	33.0	0.06	0.98	0.49	0.10	1.02	0.42
7	47.0	29.0	0.07	0.99	0.45	0.11	1.03	0.37
8	41.1	22.7	0.10	1.02	0.39	0.15	1.07	0.28
9	33.0	14.5	0.15	1.07	0.23	0.23	1.15	0.09
10	23.9	5.4	0.27	1.19	-0.49	0.38	1.30	-0.54*

* unsichere Extrapolation der Extinktionstabelle

doch spielt dies hier keine Rolle, d. h. es mag dem ersteren der beiden Sterne einfach die Helligkeit 0.92^m zugeschrieben werden. Aus der Tabelle 1, welche die Höhen, sowie die zugehörigen Extinktionsbeträge und die daraus sich ergebenden scheinbaren Helligkeiten von Beteigeuze und Rigel enthält und welche die Zeit von etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden nach Aufgang des Sternbildes Orion bis ca. $1\frac{1}{2}$ Stunden vor Untergang umfasst, entnehmen wir (siehe vorderer Teil der Tabelle), dass der Helligkeitsunterschied der beiden Sterne (β Ori — α Ori) bei der Aufgangsstellung 0.30^m beträgt, dass aber in der Untergangsstellung der effektiv hellere Stern Rigel um 0.49^m schwächer ist als Beteigeuze.

Aus dem Gesagten geht klar hervor, dass speziell bei der Vergleichung hellerer Sterne, die in der Regel in ganz verschiedenen Höhen stehen und daher der Extinktion in ungleicher Weise unterworfen sind, die Extinktion niemals vernachlässigt werden darf.

Die verschiedenen Tabellen geben nun aber teilweise voneinander abweichende Extinktionswerte. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die theoretischen Grundlagen, auf denen die Berechnung der Extinktion beruht, verschieden sind. In der Regel macht das auch gar nicht viel aus, nämlich solange die Zenitdistanzen der betrachteten Sterne nicht zu gross sind. Die für grössere Zenitdistanzen in den Tafeln gegebenen Werte sind — falls sie überhaupt angegeben sind — sowieso unsicher. Für Untersuchungen in grösseren Zenitdistanzen müsste streng genommen die Extinktion von Fall zu Fall durch besondere Beobachtungen ermittelt werden. Dass dies überhaupt und mit nicht allzu grossem Zeitaufwand und ohne besondere Hilfsmittel möglich ist, soll nachher noch dargetan werden.

Nun ist aber das Licht der Sterne selbst sehr verschiedenartig zusammengesetzt. Daher werden die Extinktionswerte für Sterne verschiedener Spektralklassen selbst bei gleicher Zenitdistanz verschieden ausfallen. Für sorgfältige Untersuchungen wird es daher unumgänglich nötig sein, den Spektraltypus bei der Berechnung der Extinktion zu berücksichtigen. Bei der Reduktion meiner Veränderlichen-Beobachtungen habe ich der Ermittlung der Extinktion die nach Spektralklassen differenzierten Extinktionstafeln von G. Zipler (Veröff. d. Univ.-Sternwarte Berlin-Babelsberg, Bd. III, Heft 2: Untersuchung über die Abhängigkeit der Extinktion von der Spektralklasse) zugrunde gelegt. Tabelle 2 gibt auszugsweise die Ziplerschen Extinktionswerte, gesondert für die Spektralklassen B und A (zusammengefasst), F und G bzw. K und M, sowie auch die mittlere (durchschnittliche) Extinktion für alle Spektralklassen zusammen. Man sieht, dass für grosse Zenitdistanzen immerhin spürbare Unterschiede im Betrage von einigen Zehntelgrössenklassen sich ergeben.

Für unser Beispiel, bei dem es sich um den Helligkeitsunterschied der Sterne Beteigeuze und Rigel handelt, die von sehr verschiedenem Spektraltypus sind und die ja auch dem unbewaffneten Auge durch ihre verschiedenen Farben auffallen (α Orionis mit Spektrum Ma, Farbe rötlich, β Orionis Spektrum B8p, blau), sind in der zweiten Hälfte der Tabelle 1 die für die zugehörigen Spek-

Tabelle 2
Extinktionstabelle für verschiedene Spektralklassen nach G. Zipler
 (Veröff. Berl. Bab. III, 2)

Zenit- distanz	B u. A-Sterne	Extinktion für F u. G-Sterne	K u. M-Sterne	Mittlere Extinktion
0°	0.00 ^m	0.00 ^m	0.00 ^m	0.00 ^m
10	00	00	00	00
20	02	01	01	01
30	04	03	03	03
40	07	06	06	06
45	0.10	0.09	0.09	0.09
50	14	12	12	13
55	18	17	16	17
60	24	22	21	23
65	33	30	29	31
70	0.47	0.43	0.41	0.44
72	54	49	48	51
74	64	58	56	59
76	76	69	66	70
78	92	83	80	85
80	1.13	1.03	0.99	1.05
81	1.28	1.16	1.12	1.19
82	1.45	1.32	1.27	1.35

Der Verfasser ist gerne bereit, eine graphische Darstellung der nach Spektralklassen gesonderten Extinktionswerte (Normalformat A4) auf spezielle Anfrage hin zu liefern.

tralklassen gültigen Extinktionen und die daraus folgenden scheinbaren Helligkeiten in gleicher Weise eingetragen, wie das in der vorderen Hälfte mit mittleren Extinktionswerten geschehen ist. Die Tabelle lässt deutlich erkennen, dass die scheinbaren Helligkeiten und damit die Helligkeitsdifferenzen der beiden Sterne etwas anders ausfallen, wie wenn mit mittleren Extinktionswerten gerechnet wird.

Nun ist aber klar, dass die Extinktion auch durch die meteorologische Situation erheblich beeinflusst werden kann, dass also eine Tabelle, auch wenn der Spektraltypus berücksichtigt wird, trotz allem immer nur durchschnittliche Extinktionswerte liefern kann, durchschnittlich jetzt in dem Sinne, dass die für den einzelnen Abend gültigen Werte von den aus der Tabelle herausgelesenen z. T. beträchtlich abweichen können. Als anzustrebendes Ideal wäre zu beachten, dass die Extinktionswerte für die einzelnen Beobachtungsabende jeweils besonders ermittelt werden sollten. Im folgenden soll noch erläutert werden, wie dies tatsächlich auf Grund geeigneter Beobachtungen möglich ist.

Die Grundformel, auf welcher jede Extinktionsberechnung beruht, hat die Form:

$$E = E_z - E_0 = x [F(z) - F(0)] \quad (1)$$

In dieser Formel bedeutet E_0 die bei vertikalem Lichteinfall, also für die Zenitdistanz $z = 0^\circ$ gültige Extinktion, E_z diejenige für die Zenitdistanz z . E ist also die zusätzliche Extinktion bei der

Zenitdistanz z . Nur sie kann anhand von Beobachtungen festgestellt werden, während man bei E_0 und E_z auf theoretische Berechnungen angewiesen ist. x ist der «Extinktionsfaktor», eine Grösse, die von der Wellenlänge des Lichts, aber auch vom Zustand der Atmosphäre abhängig ist. An Stelle des Extinktionsfaktors wird oft der sog. «Transmissionskoeffizient» p verwendet; der Zusammenhang zwischen diesen beiden Grössen ist durch die Formel

$$x = -2,5 \log p \quad \text{oder} \quad p = 10^{-0,4 x} \quad (2)$$

gegeben. $F(z)$ bzw. $F(o)$ sind die von einem Lichtstrahl mit der Zenitdistanz z bzw. o durchlaufenen «Luftmassen». Als Einheit dieser Luftmassen dient die Luftmasse $F(o)$, welche die von einem vertikal einfallenden Lichtstrahl durchlaufene Luftmenge repräsentiert und die einer Luftschicht von 7,990 km Höhe und konstanter Dichte $\rho = 0,001293 \text{ gr/cm}^3$, also der am Erdboden bei 760 mm Barometerdruck und 0° Celsius herrschenden Dichte entspricht. Man kann also die Formel (1) noch etwas einfacher schreiben:

$$E = x [F(z) - 1] \quad (3)$$

Der Verlauf der Luftmassen-Funktion $F(z)$ ergibt sich je nach den theoretischen Annahmen über den Aufbau der Atmosphäre etwas verschieden; doch treten die Unterschiede bei den verschiedenen veröffentlichten Tabellen erst bei relativ grossen Zenitdistanzen deutlich hervor (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3
Die von einem Lichtstrahl durchlaufene Luftmasse als Funktion der Zenitdistanz

z	$F(z)$	z	$F(z)$	z	$F(z)$
0°	1.000	60°	1.995	80°	5.600
5	1.004	62	2.123	81	6.177
10	1.015	64	2.274	82	6.884
15	1.035	66	2.447	83	7.768
20	1.064	68	2.654	84	8.900
25	1.103	70	2.904	85	10.395
30	1.154	72	3.209	86	12.439
35	1.220	74	3.588	87	15.365
40	1.304	76	4.075	87.5	17.331
45	1.413	78	4.716	88	19.787
50	1.553	80	5.600	88.5	22.908
55	1.740			89	26.959
60	1.995				

Die Lufthülle unseres Planeten ist aber ständigen Veränderungen unterworfen. Diese haben unter Umständen sehr grossen Einfluss auf die Durchlässigkeit der Luftmassen, bzw. auf die durch diese verursachte Extinktion. Diese Veränderungen, die vor allem in den unteren Atmosphärenschichten stattfinden, scheinen aber die Werte der Luftmassenfunktion doch nicht allzu stark zu beeinflussen. Das geht auch daraus hervor, dass auf Grund ganz verschiedener

Annahmen über den Aufbau der Atmosphäre berechnete Luftmassen-Tafeln verhältnismässig wenig abweichende Luftmassenwerte liefern, sogar bei sehr grossen Zenitdistanzen. Die Veränderlichkeit der Durchlässigkeit der Luft kommt dann eben in der Veränderung des Transmissionskoeffizienten bzw. des Extinktionsfaktors zum Ausdruck.

Die Gleichung (3) kann nun zur Bestimmung des für einen bestimmten Abend gültigen Extinktionsfaktors benützt werden. Wir brauchen nämlich (theoretisch) nur zwei Helligkeitsmessungen eines und desselben Sterns in verschiedenen Zenitdistanzen auszuführen. Dann ist, wenn diese mit z_1 und z_2 , die zugehörigen Extinktionswerte mit E_1 und E_2 bezeichnet werden:

$$E_1 = x [F(z_1) - 1] \text{ und } E_2 = x [F(z_2) - 1].$$

Durch Subtraktion der beiden Gleichungen erhalten wir:

$$E_2 - E_1 = x [F(z_2) - F(z_1)]. \quad (4)$$

Da die Differenz $E_2 - E_1$ durch Beobachtung ermittelt, $F(z_1)$ und $F(z_2)$ aus einer Luftmassentafel herausgelesen werden können, lässt sich diese Gleichung zur Berechnung von x verwenden:

$$x = \frac{E_2 - E_1}{F(z_2) - F(z_1)} \quad (5)$$

Es ist vorteilhaft, wenn die Zenitdistanzen möglichst gross gewählt werden können, d. h. wenn die Helligkeitsänderungen eines tief am Horizont stehenden Objektes verfolgt werden; denn je grösser die Zenitdistanz, um so grösser wird die Differenz $F(z_2) - F(z_1)$, und um so genauer lässt sich x berechnen. Um Zufälligkeiten oder Beobachtungsfehler nach Möglichkeit auszuschalten, kann man auch die Zahl der Beobachtungen vermehren, was innert relativ kurzer Zeit möglich ist. Die Ermittlung des Extinktionsfaktors erfolgt in diesem Falle am besten durch graphische Ausgleichung. Für Extinktionsbestimmungen muss, da die Helligkeit eines nahe dem Horizont stehenden Objektes stark geschwächt wird, ein helles Gestirn benützt werden, z. B. ein heller Planet. Die Messung der Helligkeit kann sehr wohl nur in Schätzungen der Helligkeitsdifferenz zwischen horizontnahe Objekt und einem oder mehreren zenitnahen Sternen bestehen. Nur muss dieser geschätzte Helligkeitsunterschied, sollte er etwa in Stufen angegeben sein, mit Hilfe des Stufenwertes des Beobachters in Grössenklassen umgewandelt werden können. Noch vorteilhafter wären natürlich photometrische Messungen der Helligkeiten.

Wie aus den letzten Worten hervorgehen dürfte, ist die Bestimmung des Extinktionsfaktors und damit der Extinktionswerte eines einzelnen Abends nicht nur keine schwierige, sondern auch eine recht interessante Sache, die vielleicht manchen Liebhaberastronomen zu locken vermöchte und ihm Gelegenheit geben könnte, wert-

volle wissenschaftliche Arbeit zu leisten. Das Problem Extinktion ist auch keineswegs schon erschöpft, sondern es wäre noch sehr vieles zu tun. Es wäre z. B. interessant, die Abhängigkeit der Extinktion von meteorologischen Faktoren zu studieren, den Gang der Extinktion mit den Jahreszeiten messend zu verfolgen. Auch Extinktionsbestimmungen mit farbigen Filtern dürften interessante Ergebnisse zeitigen.

Ueber eine andere Methode zur Bestimmung des Extinktionsfaktors, die wie die hier besprochene den Möglichkeiten des Amateurastronomen angepasst ist, mag vielleicht ein anderes Mal berichtet werden.

Fundamentarteilchen und kosmische Strahlen

Zusammenfassung eines Vortrages, gehalten von Prof. Dr. H. Wäffler, Zürich, in einer Sitzung der Naturforschenden Gesellschaft, Zürich.

Der erste sichere Nachweis der Existenz einer kosmischen Strahlung wurde durch Ballonmessungen, welche von *V. F. Hess* u. a. durchgeführt wurden, erbracht. Ihre Identifizierung für Korpuskularstrahlung gelang auf Grund des Breiteneffekts *) (*Clay u. a.*).

Die detaillierte Untersuchung der einzelnen Strahlenbestandteile sowie der durch sie hervorgerufenen Elementarprozesse brachte die Entdeckung des positiven Elektrons (*Anderson*) sowie des μ -Mesons. Die ursprüngliche Ansicht, dass es sich bei diesem Meson um das von *Yukawa* theoretisch vorausgesagte Kernkraftteilchen handle, erwies sich in der Folge als irrig. Durch die Entdeckung eines zweiten Momentes, des sogenannten π -Mesons, aus welchem durch spontanen Zerfall das μ -Meson entsteht, wurde das Problem des Kernkraftteilchens gelöst. Die erst in den letzten Jahren entdeckten schweren Mesonen (*V*-Teilchen u. a.) lassen jedoch deutlich erkennen, dass in der Frage der Fundamentarteilchen und der mit ihnen eng zusammenhängenden Frage nach der Natur der Kernkräfte das letzte Wort noch lange nicht gesprochen ist. (Autoreferat).

*) Intensitätsunterschied in verschiedenen geographischen Breiten.