Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: - (1951)
Heft: 32

Artikel: Die Farben der Himmelserscheinungen und ihr innerer Zusammenhang : Phänologische Systematik
Autor: Rapp, Karl
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-900498

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

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

Die Farben der Himmelserscheinungen und ihr innerer Zusammenhang

(Phänologische Systematik)

Von KARL RAPP, Ing., Locarno-Monti

Um es vorwegzunehmen: es soll hier nicht die Rede sein von den Himmelsfarben über den Magnetpolen der Erde (Nordlichter), welche durch Erregung der Atome entstehen, sondern von 14 verschiedenen durch Sonnen- und Mondlicht erzeugten Farbenerscheinungen am Tag-, Abend- und Nachthimmel. Es soll versucht werden, alle diese Erscheinungen in eine phänologische Systematik zusammenzufassen, um scheinbare Widersprüche aufzulösen und Lücken zu schliessen. Die gefundenen Regeln behandeln: Farben, Farbenzahl, Farbenlage und Entfernung der Erscheinung vom Beobachter.

Das Wort «Farbenlage» sagt aus, ob rot aussen oder innen (resp. oben oder unten) liegt, und ist im folgenden nicht zu verwechseln mit Farbenfolge des Spektrums (rot - orange - gelb - grün - blau - indigo - violett - purpur).

Ueber geographische Lage und klimatische Verhältnisse des Beobachtungsorts.

Grosse Südterrasse in Monti (200 m über Locarno, 400 m über Meer).

Der Abschirmwinkel des Horizonts von Nord-Ost bis West variiert zwischen 16 ° und 0 °.

Die geographischen Koordinaten sind: 46 ° 10 ' nördliche Breite; 8 ° 48 ' östliche Länge.

Besonders wichtig für die gute Entwicklung der farbigen Himmelserscheinungen ist dunstfreie Luft. Diese Bedingung wird in Monti (Bergvorsprung) weitgehend erfüllt durch die Kombination von subtropischer mit alpiner Luft. Nicht selten sinkt die relative Feuchtigkeit auf 15 % bei absolut dunstfreiem Horizont bis spät in die Nacht. Bei ganz bestimmten Erscheinungen, so bei den Dämmerungsfarben, ist hoher Feuchtigkeitsgehalt bei gleichzeitiger Dunstfreiheit erforderlich. Im subtropischen Klima in Alpennähe wird auch diese Bedingung weitgehend erfüllt.

Alle diese Vorzüge des Klimas von Monti ermöglichten dem Verfasser zahlreiche Beobachtungen: Farbige Sonnen- und Mondhalo, Perlmutterwolken, Zodiakallichter (sogar Mondzodiakallichter), Sichtbarkeit der Zodiakallichtbrücke und des Gegenscheins sind hier in Monti fast ganz gewöhnliche Erscheinungen; auch der Erdschatten ist zu jeder Jahreszeit in intensiven Farben sichtbar. Intensive Dämmerungsfarben und im Winter Alpenglühen in nächster und mittlerer Entfernung sind oft von phantastischer

Leuchtkraft. Neben neutralen Dämpfgläsern (wichtig für Halo und Perlmutterwolken) stehen auf der Station des Verfassers an Instrumenten zur Verfügung:

1 Merz-Refraktor (13,5 cm Oeffnung),

1 Spiegelteleskop (11 cm Oeffnung). Letzteres gibt bekanntlich die Farben unverfälscht wieder und ist wichtig zum Farbschätzen des Erdlichts am Mond und der Tönungen bei Mondfinsternissen.

Einige praktische Ratschläge für weniger geübte oder weniger farbenempfindliche Beobachter:

Um schwache und sehr schwache Erscheinungen am Nachthimmel zu erfassen, darf der Blick nicht starr auf die Erscheinung gerichtet werden, sondern muss zwischen Umgebung und Erscheinung hin- und herschweifen, d. h. die Erscheinung förmlich abtasten. Ferner ist der bekannte Malertrick anzuraten, der darin besteht, dass man Kopf und Oberkörper möglichst seitwärts neigt (90 °) um die Achse: Beobachter-Erscheinung.

Dies gilt besonders für horizontnahe Bilder: Abendfarben, Alpenglühen, Zodiakallicht, Erdschatten. Dabei wird man die überraschende Feststellung machen, dass auch Farbtöne viel leichter erfasst werden können, so auch die Landschaftsfarben im allgemeinen. Der Grund hiefür liegt in der ungewohnten Lage des Blickfeldes, so dass der Beobachter unwillkürlich von den Formen abstrahiert und nur die Farben aufnimmt.

Ueber Farbtöne: Da im folgenden hauptsächlich über die rote Farblage geurteilt wird, muss streng unterschieden werden zwischen warmrot (langwellig) und kaltrot resp. purpur (kurzwellig). Letztere Farbe folgt im Spektrum des Sonnenlichts nach Violett und ist öfters bei Regenbogen und als Purpurlicht bei Dämmerung zu sehen. Schon in Goethe's Farbenlehre ist Purpur erwähnt als letzte Farbe des durch ein Prisma zerlegten Sonnenlichtes.

Purpurrot ist die Farbe der Strontiumflamme (sogenanntes «Bengalisches Feuer»). Diese Farbe ist mit Blau vermischt. In der Tat zeigt das Spektrum von Strontiumchlorid neben vielen roten Linien eine breite und intensive Linie in Blau.

Ferner ist zu unterscheiden zwischen: Blau, Schieferblau und Indigo. Letzteres ist ein trübes Dunkelblau und wird beim Regenbogen und manchmal beim Erdschatten beobachtet, auch bei Dämmerungserscheinungen.

Neben Orange und Gelb (bei Abendfarben) tritt auch Ockergelb und und Rötlichgelb auf. Diese letzteren Töne sind gewissen Zodiakallichtarten eigentümlich.

Sodann tritt speziell am winterlichen Abendhimmel ein Ton auf von sehr grosser Leuchtkraft, den der Verfasser als «grasgrün» bezeichnen möchte. Es ist ein warmes (mit Gelb vermischtes) Grün im Gegensatz zum kalten, mit Blau gemischten Smaragdgrün, wie es z. B. die Bariumflamme zeigt. Das ebenfalls mit Blau vermischte Malachitgrün kommt beim Erdschatten vor.

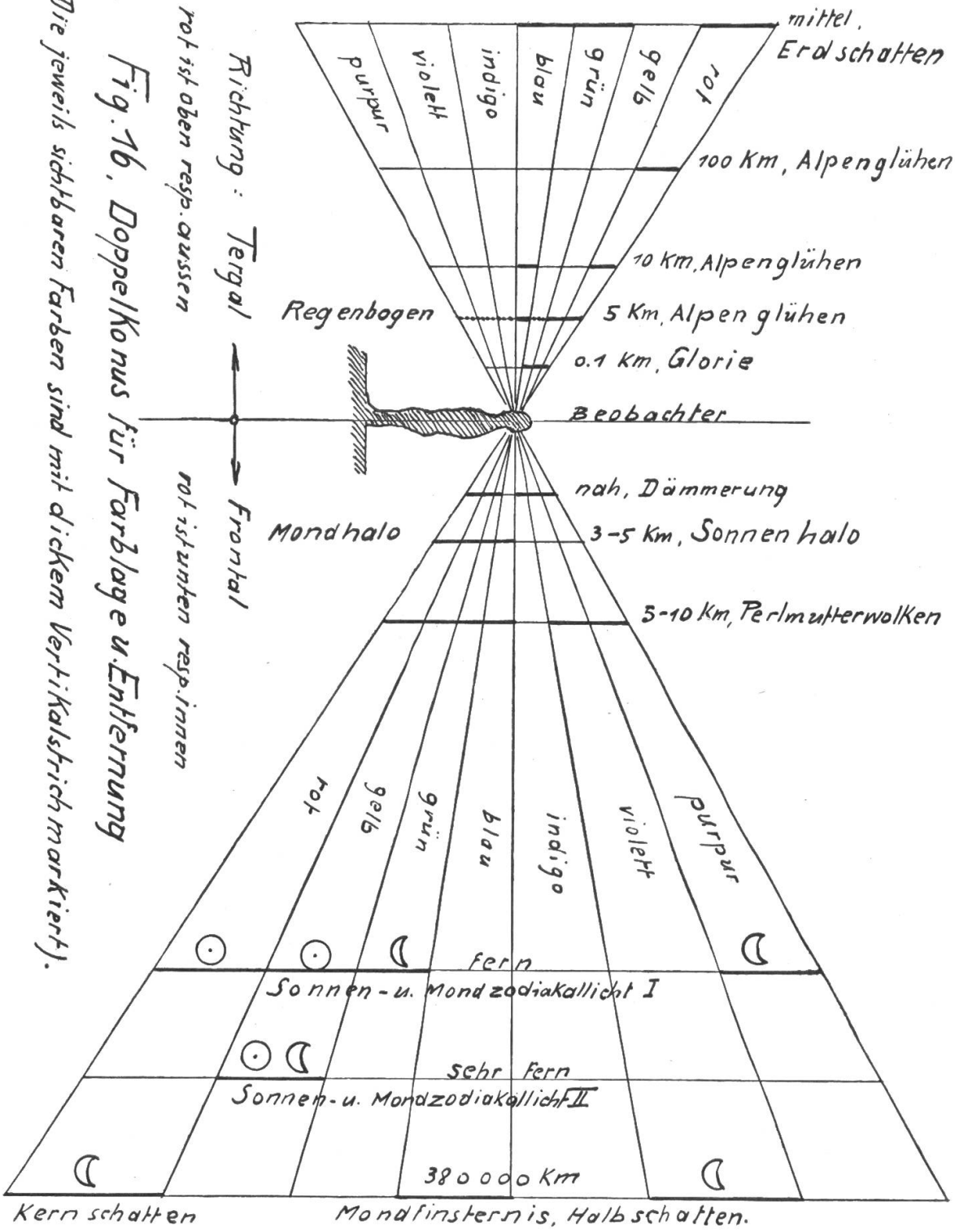


Fig. 16. Doppelkonus für Farblage u. Entfernung

(Die jeweils sichtbaren Farben sind mit dickem Vertikalstrich markiert).

K. Rapp. Locarno-Monti.

Phänologische Systematik *)

Alle 14 farbigen Himmelserscheinungen, die weiter unten einzeln behandelt werden, konnten in Monti (mit Ausnahme der «Glorie») im Laufe vieler Jahre vom Verfasser in zahlreichen Fällen beobachtet werden.

Das ganze System kann in folgenden 3 Regeln ausgedrückt und nach Figur 16 graphisch dargestellt werden.

Der Vollständigkeit halber enthält die beigegebene Tabelle S. 284 noch das Erdlicht auf dem Mond als 14. Erscheinung.

Regel 1. *Tergalerscheinungen*, d. h. solche, bei deren Betrachtung der Beobachter das Gestirn (Sonne, Mond) im Rücken hat. Dabei liegt der langwellige Teil des Spektrums stets oben (vom Horizont aus gerechnet) resp. aussen (vom Bildzentrum aus gerechnet).

Regel 2. *Frontalerscheinungen*, d. h. solche, bei deren Betrachtung der Beobachter das Gestirn vor sich hat; die Erscheinung liegt also in Richtung des Gestirns. Dann ist der langwellige Teil des Spektrums (vom Horizont aus gerechnet) stets unten, resp. innen (vom Gestirn aus gerechnet).

Regel 3. Je näher eine Erscheinung ist, desto vielfacher, vielfarbiger und intensiver ist sie für den Beobachter. Bei einem Teil der Erscheinungen ist die Entfernung in km annähernd bekannt, bei den übrigen soll im folgenden unterschieden werden zwischen: sehr nahe, nahe, mittelfern, fern und sehr fern.

Einen graphischen Ueberblick über diese 3 Regeln gibt Figur 16. Es ist ein Doppelkonus, in dessen Schnittpunkt der Beobachter steht und von da aus je nach Blickrichtung sämtliche Tergal- oder Frontalerscheinungen vor sich hat.

In der Tergal-Richtung sieht er der Reihe nach:

1. Glorie
2. Regenbogen
3. Alpenglühen
4. Erdschatten.

In Frontal-Richtung sieht er:

1. Morgen- und Abendfarben (es werden nur die letzteren behandelt werden, weil besser differenziert)
2. Sonnenhalo

2a. Mondhalo

3. Perlmutterwolken
4. Innerer kurzer Kegel des Sonnenzodiakallichts I (rudimentäre Parallelerscheinung zu Nr. 6)
5. Erdfernes Sonnenzodiakallicht II mit Gegenschein und Lichtbrücke
6. Erdnahes Mondzodiakallicht I

*) d. h. Zusammenhang der Phänomene in geometrischer Beziehung auf Grund der Dispersion.

7. Erdfernes Mondzodiakallicht II
8. Mondfinsternis
9. Anhang: Erdlicht auf dem Mond.

Wenn auch der Doppelkonus Fig. 16 (nicht körperlich, sondern als Dreieckflächen zu denken) nur ein fiktives Mittel sein soll, um die Farblage, Farbenzahl und Entfernung zu überblicken, so deutet er andererseits an, dass die Erscheinungen mit zunehmender Entfernung immer farbenärmer und lichtschwächer werden, d. h. dass die Dispersion zunimmt. Nebenbei wird diese Wirkung noch verstärkt durch Absorption und Extinktion im trüben Medium (Luft, Wasserdampf, Eiskristalle, Staub).

Nach Regel 3 ist diese Dispersion abhängig von der Entfernung der Erscheinung, dagegen unabhängig von der Entstehungsursache der Farben selbst.

Bei sehr nahen und nahen Erscheinungen treten sogar mehrfache Spektra (Farbensätze) auf. Die einzelnen Spektra zeigen aber bei grösster Intensität die geringste Dispersion (Glorie, Regenbogen).

Die beigegebene Tabelle soll näher erläutern, was in Fig. 16 (Farb-Konus) nur schematisch angedeutet werden konnte.

Der Vollständigkeit halber wurde im Anhang noch das Erdlicht am Monde erwähnt, obwohl diese Erscheinung nicht auf Dispersion, sondern auf Reflexion beruht.

Die nachfolgende Betrachtung der einzelnen Erscheinungen ist gegliedert einerseits nach Tergal- und Frontal-Erscheinungen, andererseits nach Entfernung vom Beobachter.

Damit folgt die ganze Betrachtung dem Doppelkonus (Fig. 16) und der beigegebenen Tabelle (S. 284).

a) Tergal-Erscheinungen

1. *Die Glorie* (Fig. 1, S. 282) als allernächste Erscheinung (in ca. 0,1 km) wurde laut Pernter-Exner, Meteorologische Optik, 1910, von R. T. Omound auf Ben Nevis (Schottland) 172 mal beobachtet.

Die Glorie zeigt sich nach diesen Berichten bei horizontnaher Sonne auf der abgewendeten Seite um den Schatten des Beobachters auf in nächster Nähe befindlicher weisser Wolke oder weissem Nebel.

Dabei sind um die Schattenfigur des Kopfes (Augen-Zentrum) 3 bis 5 regenbogenfarbige Ringe (rot-gelb-grün) sichtbar mit sehr intensiven Einzelfarben, aber Rot stets aussenliegend.

Die beigegebene Fig. 1 ist aus Pernter entnommen. Nach Bougner (siehe Pernter S. 415) hat der erste Ring 5.6 °, der zweite 11 °, der dritte 17 ° usw. Durchmesser. Gleichzeitig war in diesem Fall noch ein weisser Ring mit 67 ° Durchmesser sichtbar.

Ferner betont Omound: «Die Glorien zeigen unter gleichen Umständen deutlichere und lebhaftere Farben als die Kränze, was wohl auf die Nähe der Wolken und Nebel zurückzuführen ist, auf welchen sie der Beobachter sieht» (siehe Pernter S. 420).

Damit wird die oben aufgestellte Regel 3 bestätigt: Die Glorie als allernächste Erscheinung ist vielfach, vielfarbig und intensiv.

Bei Entfernung von ca. 0.1 km ist die Dispersion des einzelnen Spektralbandes ca. 2°.

In vollem Umfang trifft auch die Regel 1 zu: Diese Tergal-Erscheinung hat Rot stets oben, resp. aussen.

2. *Der Regenbogen* (Fig. 2) ist ebenfalls eine typische Tergal-Erscheinung in ca. 5 km Entfernung.

Der Hauptregenbogen hat nach Pernter einen Radius von 42° im aussenliegenden Rot.

Seine Farben können das volle Sonnenlicht-Spektrum zeigen: d. h. Rot-Orange-Gelb-Grün-Blau-Indigo-Violett-Purpur. Das innerhalb des Violetts manchmal beschriebene Rosa dürfte wohl besser mit Purpur bezeichnet werden (siehe Einleitung). Die Breite des ganzen Bandes ist angeblich konstant 2° 28' (nach Descartes). Diese Konstanz wird von Pernter bezweifelt und er erwähnt auch die unsicheren Angaben über Breite und Farbenzahl des Nebenregenbogens. Die roten Ränder der beiden Erscheinungen sollen angeblich einen Abstand von 8° haben.

Für vorliegende Betrachtung ist nur das Faktum interessant, dass der Nebenregenbogen (rotes Band mit 50° Radius) die umgekehrte Farbenlage hat gegenüber dem Hauptregenbogen; bei der Glorie (Fig. 1) zeigt sich diese Umkehrung nicht.

Der die Tergal-Regel befolgende Hauptregenbogen entsteht nach Pernter (S. 507) durch zweimalige Brechung und einmalige Totalreflexion im Innern des Wassertropfens.

Pernter's Berechnungen verlangen Veränderlichkeit der Farben, der Farbenbreite und der Lage des Intensitätsmaximums. Durch Annahme verschiedener Tropfengrössen ergeben sich dann Knotenpunkte in den Intensitätskurven (Pernter S. 529). Leider geht Pernter nicht näher ein auf die Ursache der Umkehrung der Farbenlage im Nebenregenbogen.

Dagegen findet sich diese Erklärung bei W. Westphal «Physik» 1933 mit den Worten: «Durch *zwei*malige Reflexion in den Tropfen kann ein zweiter Regenbogen entstehen, indem die Farbenfolge («Farben*lage*», Anmerkung des Verfassers) umgekehrt ist».

In einer zugehörigen Abbildung ist gezeigt, warum beim Nebenregenbogen die einzelnen Farben in Spiegelbild-Anordnung aus dem Tropfen austreten, gegenüber den Farben beim Hauptregenbogen.

Für vorliegende Systematik fällt jedoch nur die intensivere Haupterscheinung, hervorgerufen durch *ein*malige Reflexion, in Betracht, welche die Tergal-Regel (1) erfüllt.

Als sehr nahe Erscheinung (ca. 5 km) ist auch die Regel 3 erfüllt: vielfarbig, z. T. mehrfach und intensiv.

Dispersion des Spektralbandes 2° 28'.

3. *Das Alpenglühen* (Fig. 3, 4, 5). Der Verfasser hatte reiche Gelegenheit, das von der untergehenden Sonne erzeugte gebrochene Gegenlicht auf den schneebedeckten Tessinerbergen zu beobachten. Dabei zeigte sich vor allem der Unterschied in der Farbenzahl bei den 5 km und 10 km entfernten Bergen. Die nahen Berghänge sind von unten nach oben gezählt: blau-gelb-rot (Fig. 3); die ferneren haben nur 2 Farben, nämlich: blau-rot (Fig. 4). Der rote Ton ist deutlich langwelliges Rot und muss unterschieden werden vom gleichzeitig auftretenden Purpurlicht.

Eine dritte Beobachtung (Fig. 5) bei langjährigem Aufenthalt des Verfassers in Mailand erweitert diese beiden Fälle, wobei das Licht allerdings von der Seite einfällt: Der über 100 km von Mailand entfernte Monte Rosa ist bei Porta Sempione am Abendhimmel (NW-Richtung) als gewaltiges glühendrotes Massiv am dunkelblauen Abendhimmel sichtbar, bezeichnenderweise stets nur einfarbig rot (ohne blauen Bergfuss).

Neben der Bestätigung von Regel 1 (Tergalregel) Rot oben, zeigt sich auch ganz deutlich die Abnahme der Farbenzahl bei zunehmender Entfernung 5, 10, 100 km, nach Regel 3.

Die damit verbundene wachsende Dispersion dürfte hier den Ausschlag geben.

Beim Alpenglühen bildet der auf der Sonnenseite gelegene Horizont mit seiner dicken Luft- und Dunstschicht eine Art Beugungsgitter mit Kontrast hell-dunkel.

Es sei hier verwiesen auf die fundamentalen Versuche Fraunhofers (Pernter S. 433—435), der mit runden, undurchsichtigen Plättchen und sogar mit hellen Glaskügelchen Beugungsfarben erzeugte, jedoch nur unter der einen Bedingung, dass diese kleinen Körper unter sich gleichen Durchmesser hatten. Diese Bedingung aber mag bei niedrigem Dunst gar oft zutreffen und so in Horizontnähe die farbigen Tergal- und Frontalphänomene hervorrufen.

Ja sogar ein heller Körper zeigt dann diese Beugungsfarben. Dies lässt sich leicht ersehen an einem Sonnenprojektionsbild von 25 cm Durchmesser, wie es vom Verfasser täglich hergestellt wird zum Zwecke der Sonnenfleckenaufnahmen.

Beim Sonnen-Auf- und -Untergang treten hier deutliche Randfarben auf am Projektionsbild, d. h. blauer Rand oben, roter Rand unten (nach Frontal-Regel 2).

Natürlich ist bei dieser Gelegenheit auch die Refraktion zu sehen (Ovalität des Bildes bis zu $^1/_{25}$) *).

Systematisches Ergebnis der Farben des Alpenglühens ist nun:
nach Tergal-Regel 1: Rot oben, Blau unten
nach Entfernungs-Regel 3: dreifarbig, zweifarbig, einfarbig bei wachsendem Abstand des Objektes vom Beobachter, d. h. zwischen 5 und 100 km.

4. *Der Erdschatten* (Fig. 6). Hierüber liegen in Monti zu allen Jahreszeiten zahlreiche Beobachtungen vor. Bei jedem klaren

*) Differentielle Refraktion erzeugt Randfarben!

Abend steigt mit sinkender Sonne (Depression 2 bis 5 °) am Osthorizont der schieferblaue Erdschatten hoch, oben eingesäumt von einem Streifen in Warm-Rot, das sich deutlich abhebt vom gleichzeitig vorhandenen Purpurlicht-Gegenschein.

In der Tat hat (laut Pernter) Carlheim-Gyllenskiöld die Gegendämmerung spektroskopisch untersucht und Wellenlängen von 639 bis 425 μμ gefunden.

Sogar grüne Zwischentöne (zwischen Blau und Rot) wurden öfters gesehen, so am Meere und in dessen Nähe (nach Pernter).

Arktowski sah diesen grünen Ton im Eismeer, als die Sonne noch schien. Er mass ca. 2 ° Höhe und schob sich dann allmählich in den rötlichen über (Pernter S. 757).

Einmal konnte der blaue Erdschatten bis in den Zenith verfolgt werden (Hellmann).

In Monti sah ihn der Verfasser bis zu 30 ° Höhe.

Die Farbnuancen des Erdschattens sind je nach geographischer Lage des Beobachtungsortes verschieden:

nördlich der Alpen: aschgrau-rot
südlich der Alpen: schieferblau-rot
in den Tropen (nach Pechnel-Lösche. Pernter S. 752): indigoblau-rot
in der Arktis: grün-rot.

Der rote Saum wird von allen Beobachtern erwähnt.

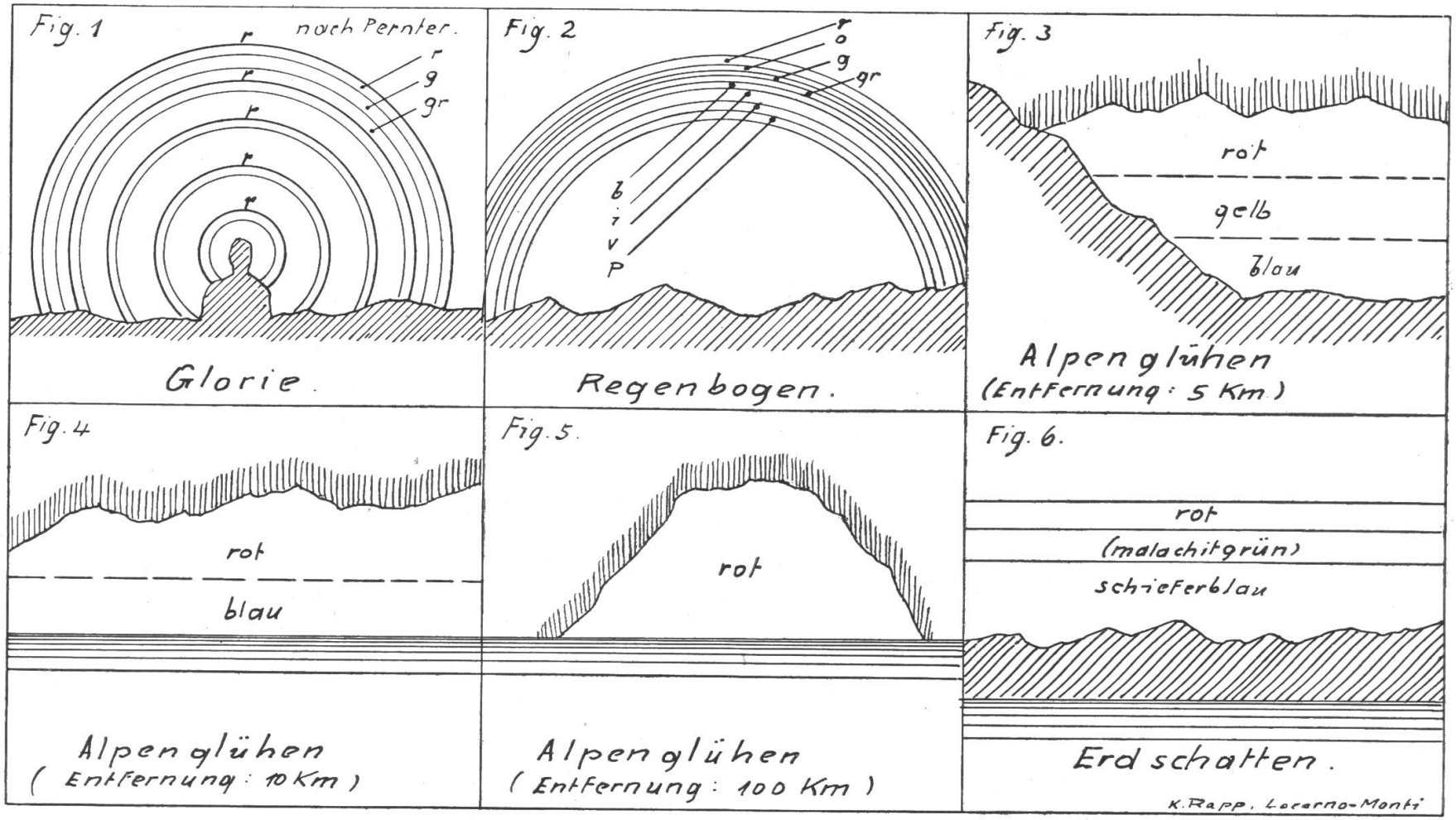
Einen sehr intensiven 15 ° hohen Erdschatten: schieferblau-malachitgrün-warmrot sah der Verfasser in Monti am 15. 1. 1951 MEZ 17.25 h. und 18. 2. 1951 MEZ 18.07 h. Grün und Rot war gleich breit (ca. 2 °). Das Grün lag ca. 10 ° über Horizont. Das untere Schieferblau war in beiden Fällen sehr dunkel, beinahe indigo, der Himmel dunstfrei und wolkenlos; Lufttemperatur +4 °, resp. +6 °. Vom Purpurlicht war keine Spur zu sehen, im Gegenteil, die blassblaue Himmelsfarbe schloss an die obere rote Grenze des Erdschattens unmittelbar an.

Auch am 16. 1. 1951 MEZ 17.25 h. sah der Verfasser und ein Zeuge dieselben Farben, das Malachitgrün viel breiter und intensiver auf Kosten des Schieferblau. Die Lufttemperatur war +6 ° C bei Föhnstimmung. Da der natürliche Horizont von Schneebergen gebildet wird, ist eine falsche Einschätzung zur Winterszeit in Monti ausgeschlossen.

Weiter unten bei Behandlung der Mondfinsternis finden sich die Farben wieder. Denn auch bei dieser Erscheinung ist es ja der gleiche Erdschatten, der 1.4 Millionen km weit in den Weltraum hinausragt und dessen Kernquerschnitt in Mondentfernung 9250 km Durchmesser *) besitzt. Er ist hier allerdings mit dem Halbschatten dreifarbig, d. h. rot-blau-violett. Damit bestätigt sich für den Erdschatten die Tergalregel 1: blau-grün-rot oder blau-rot (Rot stets oben) und ferner bestätigt sich die Regel 3 für mittlere Entfernung: zwei- bis dreifarbig bei mittlerer Dispersion.

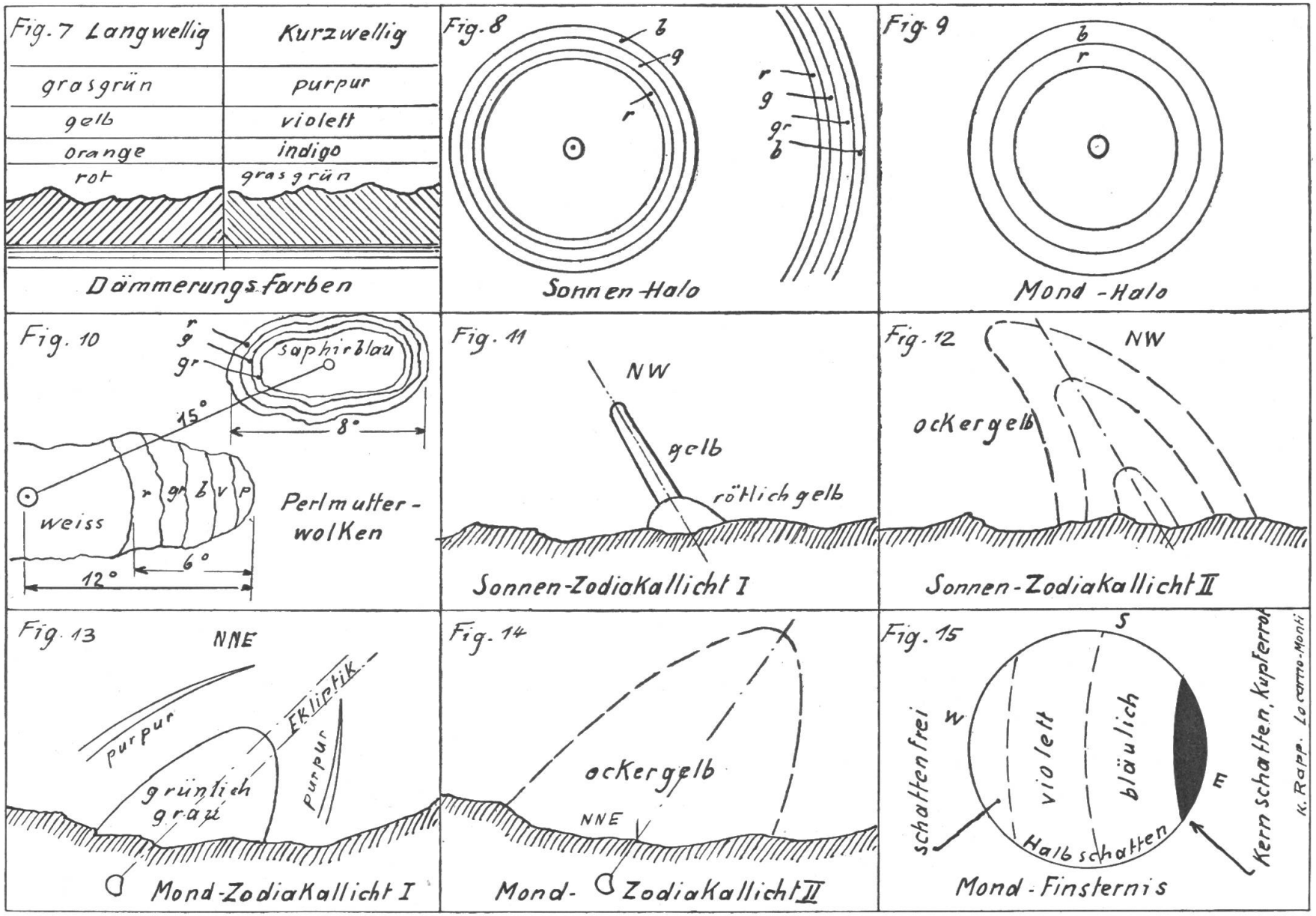
*) Rein theoretisch, d. h. ohne Refraktion, siehe S. 293.

a) Tergal-Erscheinungen



Abkürzungen: r = rot g = gelb b = blau v = violett
o = orange gr = grün i = indigo p = purpur

b) Frontal-Erscheinungen



a) Tergal-Erscheinungen

Nr.	Benennung	Entfernung	Farbenzahl	Farben	Dispersion	Fig.
1	Glorie	0.1 km	3 farbig (3—5 Sätze)	grün - gelb - rot	sehr klein (2°)	1
2	Regenbogen	5 km	2—8 farbig 1—3 Sätze	purpur - violett - indigo-blau - grün - gelb-orange-rot	sehr klein (2° 28')	2
3	Alpenglühen	5 km	3	blau - gelb - rot	klein	3
		10 km	2	blau - rot	mittel	4
		100 km	1	rot	gross	5
4	Erdschatten	mittel	2—3	blau - grün - rot oder blau - rot	mittel	6

b) Frontal-Erscheinungen

1	Dämmerung	nah	1—4 langwellig oder 1—4 kurzwellig	rot - orange - gelb - grün oder grün - indigo - violett - purpur	mittel	7
2	Sonnenhalo	3—5 km	2—4 (1—2 Sätze)	rot - gelb - grün - blau; rot - gelb - blau oder rot - blau	klein	8
2a	Mondhalo	3—5 km	2 (1—2 Sätze)	rot - blau	klein	9
3	Perlmutterwolken	5—10 km	4—5	rot - gelb - grün - blau-violett - purpur	mittel	10
4	Sonnen-Zodiakallicht I	fern	2	rot - gelb	gross	11
5	Sonnen-Zodiakallicht II	sehr fern	1	ockergelb	sehr gross	12
6	Mond-Zodiakallicht I	fern	2	grün - purpur	gross	13
7	Mond-Zodiakallicht II	sehr fern	1	ockergelb	sehr gross	14
8	Mondfinsternis	380 000 km	1 (Kernschatten)	kupferrot	sehr gross	15
			1—2 (Halbschatten)	schieferblau - violett	sehr gross	
9	Erdlicht	380 000 km	1	grünlich - grau (Reflexlicht)	keine	—

b) Frontal-Erscheinungen

1. *Die Dämmerungsfarben* (Fig. 7). Da hier nur die Farblage der gebeugten Strahlen interessiert, so kann von der Beschreibung des hellen Segments abgesehen werden.

Da ferner die Abendfarben intensiver sind als die Farben der Morgendämmerung, soll nur die abendliche Frontal-Erscheinung erläutert werden.

Obwohl theoretisch das ganze Farbenspektrum sichtbar werden könnte, so trifft dies in der Praxis nicht zu. Immerhin können, und dies namentlich bei feuchter aber klarer Luft (speziell in den Monaten Oktober, November, Dezember) in subtropischem Klima, je 3—4 Farben des Spektrums gleichzeitig sichtbar werden.

Meistens ist es die untere Hälfte (Fig. 7 links): rot-orange-gelb-grasgrün (von unten nach oben gezählt). Von einzelnen Autoren wird der grüne Ton als apfelgrün bezeichnet.

In Monti sah der Verfasser zumeist grasgrünen Ton. Dieser Ton ist gegen Ende der hellen Dämmerung sichtbar bis in Höhen von 35 ° ab Horizont. In selteneren Fällen ist die obere Hälfte des Spektrums sichtbar (Fig. 7 rechts), d. h. grasgrün-indigo-violett-purpur. Ein solcher spezifischer Fall trat in Monti auf am 19. Okt. 1950 MEZ 18.00—18.30 h. Hier war der Horizont intensiv grasgrün; darüber in etwa 30 ° Höhe lag ein langgestreckter, an sich weisser Cumulus vesperalis, der in seiner unteren Hälfte satt indigoblau, in seiner oberen dagegen purpurrot gefärbt war. Diese beiden Möglichkeiten beweisen klar, dass die Beugungsfarben (frontal gesehen) unten mit Warmrot beginnen und endlich oben mit Purpur enden, somit das ganze Spektrum, wenn auch nicht gleichzeitig, bei der Dämmerung in die Luftschichten eingebeugt wird. Dies nach Frontal-Regel 2: Rot unten.

Nach Regel 3 ist diese nahe Erscheinung drei- bis vierfarbig.

Zum Schluss sei noch das nach diesen satten Farben (lt. Necker bei 4 bis 5 ° Sonnendepression) auftretende Purpurlicht erwähnt und das lt. Kiessling selten über 45 ° hinaufreicht.

Die azimutale Breite ist nach Miete im Mittel 50 °, und das Licht wächst nach oben, um dann wieder zu sinken bei fortschreitender Depression der Sonne. Laut diesen Berichten und nach Beobachtung durch den Verfasser ist dieses Licht, wie Regel 2 und der Doppel-Konus Fig. 16 zeigen, die oberste Farbtönung im Frontalbild und deshalb purpurrot.

Wie vorher erwähnt, liegt bei den Dämmerungsfarben das Warmrot am tiefsten, d. h. in Sonnennähe. Es sei hier an die feurigen roten Töne erinnert, die entstehen beim Eintauchen des Sonnenbildes in den Meereshorizont.

Solche Untergänge hat der Verfasser von Rom und speziell von dem etwas erhöhten Frascati aus fast täglich in idealer Pracht gesehen. Ueber dem Rot waren stets satte Orange-Töne gelagert.

2. *Der Sonnen-Halo* (Fig. 8). In Monti konnte der Verfasser zahlreiche Halo-Erscheinungen sehen und zwar, um die Nomen-

klatur von Rudolf Meyer («Die Halo-Erscheinungen» 1929) zu benützen, waren sichtbar bei 20 bis 50 ° Sonnenhöhe:

a) der gewöhnliche (kleine) Ring mit ca. 22 ° Radius.

Die Farbenfolge von innen nach aussen war teils rot-gelb-blau, teils rot-grün, teils rot-blau.

Nach R. Meyer soll auch rot-violett vorkommen.

Einmal um 11 h. MEZ war im oberen Teil des Rings der Berührungsbogen sichtbar. An dieser Stelle war die Intensität doppelt so gross wie die des übrigen Ringes; ein zugerufener Zeuge bestätigte die Figur.

b) Der grosse Ring mit ca. 46 ° Radius kann farbig oder weiss sein. Der weisse Ring interessiert nicht in der spezifischen Farbensystematik.

Es soll deshalb nur ein Beispiel eines in Monti am 7. 2. 1951 gesehenen farbigen unvollständigen grossen Ringes behandelt werden. Die beiden Segmente lagen symmetrisch auf der Horizontalen durch die Sonne und waren anfangs vierfarbig, später dreifarbig (weiss eingerechnet). Die Lufttemperatur war +7 ° C und das Phänomen dauerte von MEZ 16.00 bis 17.00.

1. Phase MEZ 16.00:

Beide Kreisbogenstücke waren je 15 ° lang und ca. 3 ° breit. Sie zeigten von innen nach aussen gezählt: rot-gelb-grün-blau. Die beiden horizontalen Kardinalpunkte (Lichtknoten) waren dreimal intensiver als der Rest der Erscheinung, teils mit den vorerwähnten Farben, teils blendend weiss, so dass man an 2 Nebensonnen denken konnte. Die Flecken waren elliptisch; die grosse Ellipsen-Achse lag horizontal und hatte 8 ° Breite.

2. Phase MEZ 16.35:

Die Sonne näherte sich einem Berggipfel (Ghiridone), während die Nebensonnen noch 6 ° Abstand hatten vom natürlichen Horizont. Dabei wurden die Kreisbogen kürzer, jedoch breiter (5 °) und zeigten rot-gelb-weiss (von innen nach aussen gezählt).

3. Phase MEZ 16.45:

Die Sonne war gerade hinter dem Berggipfel untergegangen, die Kreisbogen (5 ° breit) zeigten immer noch rot-gelb-weiss, desgleichen die Nebensonnen.

4. Phase MEZ 16.55:

Nur links war am Kardinalpunkt, am unteren Rand eines Alto-Cumulus, eine 8 ° breite elliptische Aufhellung rot-gelb-weiss sichtbar.

5. Phase MEZ 17.00:

Die letzte rein-weisse Spur am Kardinalpunkt war eben am Verschwinden.

Auffallend bei diesem Verlauf ist die stete Abnahme der Farbenzahl mit sinkender Sonne. Da hierüber in der Literatur nichts

auffindbar ist, muss die Frage vorerst offen bleiben, ob es sich um eine Regel oder um einen Zufall handelt. Immerhin ist es bekannt, dass die sehr lichtschwachen grossen Ringe meist weiss sind, speziell, wenn sie vom Mondlicht erzeugt werden. Auch sehr schwache Sekundär-Regenbogen können weiss sein.

Ferner ist bemerkenswert, dass nach Rudolf Meyer auch die farbigen Berührungsbogen am grossen Ring das Rot stets der Sonne zugewandt zeigen. Nach R. Meyer's Statistik ist die Anzahl der beobachteten gewöhnlichen Ringe etwa viermal grösser als die der grossen Ringe. Die meisten Ringe treten auf bei 15 bis 25° Sonnenhöhe. Bedingung für die Entstehung der Ringe sind Eiskristalle in hohem Dunst oder in hohen Cirrus- und Cumulostratus-Wolken. Die Entfernung der Erscheinung ist demnach mit 3 bis 5 km zu bewerten. Zur Betrachtung ist ein graues Dämpfglas fast unentbehrlich, namentlich dann, wenn die einzelnen Farben der beiden Ringe gesehen werden sollen.

Dass auch gelegentlich Atombombenexplosionen ein farbiger Ring entsteht, geht aus dem Augenzeugenbericht von Robert Jungk (Weltwoche 9. März 1951, Seite 8) hervor. Es handelt sich um den Versuch von Las Vegas. Wörtlich schreibt Jungk: «Und jetzt erschien dort, wo wir zuerst den ungeheuerlichen Blitz gesehen hatten, langsam emporsteigend ein bläulich-violetter Lichtkreis. Ihm folgte das zu einem Ball geformte flammende Orange, an dessen Rändern sich schwarze, rote und dunkelgraue Fransen zeigten. Der weiss-violette, überirdische Schein und das Flammengeschöpf flossen ineinander, wurden zu einer langgezogenen weissen Pilzwolke.»

Nach Regel 3 ergibt die relativ kleine Entfernung eine kleine Dispersion bei 2 bis 4 Farben für a) und b). Auch die Frontal-Regel 2 «Rot innen» ist bei sämtlichen Varianten erfüllt.

2a. *Der Mond-Halo* (Fig. 9). Im Prinzip ist es die gleiche Erscheinung wie bei der Sonne, nur ist es eine Art Mangel-Spektrum, nicht nur wegen der Lichtschwäche des Mondes, sondern auch weil das vom Mond reflektierte Sonnenlicht gelb und grün beinahe auslöscht. Dies kann am besten gesehen werden mit einem am Spiegel-Teleskop angebrachten Sternspektroskop. Dabei sieht man im Mondspektrum Rot und Blau sehr rein, dagegen ist der gelbe und grüne Bereich von Grau überdeckt (sog. Leichenfarbe).

Das Gesagte kann zur Genüge erklären, warum der gewöhnliche Ring des Mond-Halo, wenn er nicht einfach weiss ist, nur Rot und Blau zeigt, dagegen Gelb und Grün auslässt.

Einen solchen sehr intensiven Halo sah der Verfasser in Monti am 5. Nov. 1938 MEZ 20.30 mit Rot innen, Blau aussen; am 1. Jan. 1939 MEZ 20.00 war ein weisser grosser Ring und MEZ 21.00 ein rot-blauer gewöhnlicher (kleiner) Ring sichtbar. Dass der gewöhnliche Mond-Halo gegenüber dem Sonnen-Halo nur zweifarbig ist anstatt dreifarbig, trotz gleicher Distanz von Gestirn und Beobachter, ist demnach begründet durch das obenerwähnte Mangel-

Spektrum und durch die kleinere Intensität des Mondlichts. Der grosse Mond-Halo ist gewöhnlich weiss.

Immerhin ist Regel 2 und 3 bestätigt, entsprechend Entfernung 3 bis 5 km einer Frontal-Erscheinung.

3. *Die Perlmutterwolken* (Fig. 10) oder irisierende Wolken. (Vorteilhaft mit Grauglas zu beobachten.) Während der farbige, gewöhnliche Halo streng konzentrisch um die Sonne angeordnet ist und einen konstanten Abstand von 22° besitzt, so zeigen nur die sonnennahen Perlmutterwolken (mit 3—12° Abstand) die gesetzmässige Farbbandrichtung, wobei Rot nach Regel 2 stets innen liegt. Je weiter diese Wolken von der Sonne entfernt sind (bis maximal 20°), desto willkürlicher ist die Richtung der Farbbänder, allerdings nicht so willkürlich, dass Rot aussen zu liegen käme von der Sonne aus gerechnet. Natürlich handelt es sich auch hier stets um Eiskristall-Wolken: Cirrostraten, Cirrocumuli wie beim Halo, doch dürfte bei den Perlmutterwolken noch die Oberflächenbeschaffenheit der Wolke selbst eine Rolle spielen, wie weiter unten gezeigt wird. Dadurch können Verzerrungen der Farbbänder (Fig. 10 oben) vorkommen. Dieser Idealfall trat auf am 2. Dezember 1950 MEZ 15.15 (die Sonne berührte den 6° hohen Berghorizont um MEZ 16.00). Die zur Sonne zentrisch gelegene Wolke (Fig. 10 unten) zeigte mit äusserem Radius 12° ein 6° breites haloähnliches Farbband rot(innen)-grün-blau-violett-purpur.

Der Schwerpunkt der exzentrischen Wolke, die gleichzeitig irisierte, hatte einen Abstand von 15° und war elliptisch geformt. Die grosse innere Fläche der 8° breiten Wolke war gleichmässig und intensiv saphirblau, während die umgebende Randeinfassung mit grün-gelb-rot anschloss. Die grosse Blau-Dispersion lässt an eine Art von Interferenz-Wirkung innerhalb der Wolke denken. Trotz der Verzerrung und exzentrischen Lage kommt aber auch hier die Frontal-Regel 2 zur Geltung. Denn zieht man einen Radius-Vektor von der Sonne zu der Wolke und lässt diesen mit der Wolke rotieren unter Parallelhaltung der Wolken-Längsachse zum Horizont, so trifft der Vektor am ganzen Umfang der Reihe nach stets zuerst auf Rot. Rot liegt also vom Gestirn ab gerechnet innen, wie die Wolke auch liegen mag. Auch Regel 3, d. h. Vielfarbigkeit in 3 bis 5 km Abstand trifft durchaus zu.

Um die völlig gesetzlose Farblage (jedoch nicht im direkten Widerspruch zur Regel 2) zu erläutern, sei nur noch die Beobachtung vom 25. Dez. 1941 MEZ 16.25 (Lufttemperatur +15° C bei Föhn) aus vielen herausgegriffen. Damals war die Sonne etwa 4° unter dem Berghorizont. Darüber lagen 5 jeweils in rot-gelb-grün-blau-violett irisierende horizontale Cumuli, symmetrisch verteilt zum Sonnenort.

Darüber 5 ockergelbe Cumuli, ebenfalls horizontal. Das Rot der Perlmutterwölkchen war stets links, das Violett rechts, so dass die einzelnen Farbbänder einfach vertikal zum Horizont standen ohne zum Sonnenort in Beziehung zu stehen. In diesem seltenen

Fall war Rot weder innen noch aussen von der Sonne ab gerechnet. Die grösste Entfernung dieser Wolken von der Sonne war 20 °.

Man könnte also sagen: Sonnennahe Perlmutterwolken folgen der Regel 2; sonnenferne kommen mit der Regel nicht in Konflikt.

Allgemeines über Zodiakallicht-Erscheinungen

Es ist vor allem die Zweifarbigkeit des am 19. Nov. 1948 in Monti beobachteten und im «Orion» Nr. 23 beschriebenen Mondzodiakallichtes, welche dem Verfasser Veranlassung gibt, im Rahmen der phänologischen Systematik für alle Zodiakallicht-Erscheinungen eine neue Nomenklatur einzuführen, ohne die Entstehungsursachen zu berühren, wie sie speziell von F. Schmid neuerdings wieder im «Orion» Nr. 6, 15 und 16 ausführlich behandelt wurden.

Das vorgängige Auftreten von 2 purpurroten, später rötlichgelben symmetrischen Bogen und das anschliessende Auftreten des grünlichgrauen Mondzodiakallichtes deutet an, dass zumindest dieses Phänomen in ganz niedrigen Schichten stand, also erdnah war (Mondzodiakallicht I).

Zufällig war dann bei der nächsten Lunation am 18. Dez. 1948 ein ganz anders gestaltetes und anders gefärbtes Mondzodiakallicht sichtbar; es war einfarbig, zart ockergelb und viel höher als das erste, dabei war die Monddepression —3 °. Hier war also die Entfernung offenbar viel grösser, etwa im grossen, linsenförmigen Staubgürtel der Erde gelegen (Mondzodiakallicht II).

Anstatt von niederen und hohen Schichten zu sprechen, soll deshalb im folgenden zwischen erdnahem und erdfernem Zodiakallicht unterschieden werden.

Es lag in der Natur der Sache, auch bei der Sonne das erdnahe Zodiakallicht I festzustellen.

Ein solches ist in der Tat vorhanden, wenn auch nur rudimentär, infolge Ueberstrahlung durch den Vor- resp. Nachdämmerungsschein der Sonne.

F. Schmid sagt im «Orion» Nr. 6 wörtlich:

«Indessen ist es wahrscheinlich, dass die Basis des Zodiakallichts über dem Horizonte bei geringster nächtlicher Sonnendepression speziell in der Lichtachse auch noch terrestrischen Höhenstaub enthalten kann. Diese Zone markiert wohl bei besonderer Prägnanz des Zodiakallichtes den kurzen inneren Kegel, wie ich ihn mit anderen Beobachtern schon oft gesehen habe.»

Ferner steht nach F. Schmid («Orion» Nr. 6) die Lichtachse bei senkrechter Ekliptik (Tropengegend) in der Mitte der Pyramide, während sie in nördlichen und südlichen Gegenden um je 20 ° nach Süden resp. nach Norden verdrängt wird. Diese grosse Parallaxe spricht demnach eindeutig für die Erdnähe der Lichtachse und des inneren Kegels, dagegen gleichzeitig auch für die Erdferne der grossen Pyramide.

Die erdnahe Lichtachse samt Kegel bildet demnach für vorliegende Systematik das rudimentäre erdnahe Sonnenzodiakallicht I als Parallele zum Mondzodiakallicht I.

Dagegen bedeutet die *grosse* Pyramide (ockergelb) bei Sonne und Mond das erdferne Zodiakallicht II.

4. *Das erdnahe Sonnenzodiakallicht I* (Fig. 11). Dieses ist wie oben erwähnt bei geringster Sonnendepression rudimentär mit grosser Parallaxe; als ferne Erscheinung ist es zweifarbig: Pyramide rötlich-gelb, Lichtachse gelblich (nach Regel 3). Ferner liegt nach Regel 2 Rot unten, Gelb oben. Erst bei grösserer Sonnendepression (20 bis 30 °) wird sichtbar das

5. *erdferne Sonnenzodiakallicht II* (Fig. 12). Es ist trüb ockergelb, in unseren Breiten als die bekannte grosse, nach Süden geneigte Pyramide sichtbar mit Scheitel bis 60 ° über Horizont.

Als sehr ferne Erscheinung ist das Licht einfarbig (Regel 3). Daran schliesst sich die noch fernere, deshalb weisse Lichtbrücke und an diese der im Osten stehende gelbliche Gegenschein.

Alle drei Teile können in Monti in klaren Nächten von Herbst bis Frühjahr mühelos gesehen werden (vergl. Bericht R. A. Naef im «Orion» Nr. 19).

6. *Das erdnahe Mondzodiakallicht I* (Fig. 13) (gesehen in Monti am 19. November 1948, drei Tage nach Vollmond). Hier sei verwiesen auf die Publikation des Verfassers im «Orion» Nr. 23. Die Zweifarbigkeit war in die Augen springend:

MEZ 19.00: die beiden Vorläufer: 2 symmetrisch zur Ekliptik gekrümmte Bogen, anfänglich purpurrot, später gelblich-rot.

MEZ 19.10: zungenförmige, 30 ° hohe Pyramide gleichmässig grünlich-grau und scharf begrenzt mit Neigung parallel zur Ekliptik.

Eine direkte Bestätigung der Purpurbogen findet sich bei F. Schmid («Orion» Nr. 16) mit den Worten:

«Es werden beim Mondzodiakallicht viel tiefere Atmosphären-Schichten als beim Sonnenzodiakallicht tangiert; sie können bis in die untere Purpurschicht hinabreichen. Der Kern dieser mondbeleuchteten Luftschichten kann optisch wirksam werden.»

Die später gelbe Tönung der Bogen war wohl ins Purpurrot eingestrahltes Licht des hochsteigenden Mondes, also eine Art Verfälschung des eigentlichen Phänomens.

Nach Regel 2 ist immerhin Grün unten, Purpur oben.

Als relativ ferne Erscheinung ist sie zweifarbig und bestätigt damit Regel 3.

Im besonderen mag noch erläutert werden, warum das Mondzodiakallicht I am 19. Nov. 1948 erst sichtbar wurde um MEZ 19.10, d. h. zu einer Zeit, da der Mond den astronomischen Horizont bereits um 11 ° überschritten hatte. (Der Mondaufgang war astronomisch um MEZ 18.34, dagegen am natürlichen Horizont um MEZ 19.36.) Bei einer Depression von —11 ° ist ein Zodiakallicht bei der Sonne und dem Mond ohne weiteres verständlich. Der relativ lichtschwache aufgehende Mond jedoch kann, wie die Beobachtung in Monti zeigt, am noch dunklen Himmel ein zweites

Mal, d. h. bei positivem Lichteinfallwinkel von ca. $+11^{0}$ eine leuchtende Anschnittfigur im niedrigen Staub- und Luftgürtel erzeugen, unter der Bedingung, dass eine ca. 16^{0} hohe Bergkette die Monddämmerung abschirmt, wie dies in Monti tatsächlich der Fall ist.

Die auf $+11^{0}$ stehende Sonne dagegen würde ein solches Zodiakallicht tausendfach überstrahlen.

Es darf daraus der Schluss gezogen werden, dass die Sonne nur bei negativen, der Mond aber bei negativen und positiven Lichteinfallwinkeln ein Zodiakallicht erzeugen kann. Bei 0^{0} Einfallwinkel (Stellung im astronomischen Horizont) ist bei beiden Gestirnen kein Zodiakallicht möglich, weil in diesem Augenblick der Staubgürtel gleichmässig durchleuchtet wird, so dass keine Anschnittfigur entstehen kann.

Aus dem Gesagten ist der grünliche Ton des erdnahen Mondzodiakallichtes I bei positivem Einfallwinkel erklärlich, denn es strahlt der Erdschein ein, wie er beim grünlich-grauen Erdlicht auf dem Monde im Anhang näher erläutert wird, und es darf angenommen werden, dass die Erde im auffallenden Mondlicht ebenfalls grün reflektiert, nur viel schwächer als dies bei Sonnenbeleuchtung der Fall ist. Leider müssen sich für die Sichtbarkeit des Mondzodiakallichtes zahlreiche optimale Faktoren summieren; vor allem muss der Horizont absolut dunstfrei sein. Dies traf für den 19. Nov. 1948 in Monti zu; es konnten sogar die prismatischen Schatten der nahen Bergkette am nur wenig helleren Nachthimmel gesehen werden. Die Helligkeitsdifferenz war zwar minim, aber sie war vorhanden.

Endlich sei hier verwiesen auf Band VI Eidg. Sternwarte, William Brunner: «Beiträge zur Photometrie des Nachthimmels unter besonderer Berücksichtigung des Zodiakallichtes». In dieser Publikation findet sich S. 113 die Darstellung des extraterrestrischen Isophotenbildes des Zodiakallichts, d. h. unter Abzug der Isophoten des Dämmerungsscheins. Zieht man in diesem Bild die umhüllende Grenzisophote durch die Endpunkte der einzelnen Isophotenlinien, so ergibt sich (und das wohl nicht durch Zufall) dasselbe zungenförmige Bild, wie es am 19. Nov. 1948 beim Mondzodiakallicht I ohne störende Dämmerung zu sehen war.

7. *Das erdferne Mondzodiakallicht II* (Fig. 14) (gesehen in Monti am 18. Dez. 1948, 2 Tage nach Vollmond). Es hat eine grössere Flächenausdehnung und ockergelbe Farbe ähnlich dem Sonnenzodiakallicht II, ist aber viel lichtschwächer, was erklärlich ist durch das relativ schwache Mondlicht und der grossen Entfernung der Anschnittfigur. Bei der Seltenheit dieser und der vorigen Erscheinung wird es wohl nie möglich sein, die Parallaxen in verschiedenen geographischen Breiten mit gleicher Präzision festzustellen, wie dies beim Sonnenzodiakallicht I und II durch F. Schmid geschehen ist während vielen Jahrzehnten. Immerhin war auch die Erscheinung vom 18. Dez. 1948 MEZ 18.30 in Monti recht

deutlich zu sehen bei einer Depression des Mondes von —3 ° *). Die Einfarbigkeit bestätigt Regel 3 mit Ortslage «sehr fern» für das Mondzodiakallicht II.

Dass es überhaupt ein Mondzodiakallicht gibt, dürfte einen guten Beweis dafür bilden, dass der Radius des optisch wirksamen Staubkörpers kleiner sein muss als der Abstand Erde-Mond. Denn stände der Mond im Staubkörper selbst, so würde dieser durch das Mondlicht diffus aufgehellt und es könnte keine beleuchtete, mehr oder weniger scharf begrenzte Anschnittfigur entstehen.

Jedes Zodiakallicht ist aber eine Anschnittfigur.

Ueber den linsenförmigen, nach dem Tierkreisgürtel orientierten Staubkörper hat wiederum F. Schmid in seinem Lebenswerk wichtige und überzeugende Aufschlüsse gegeben in zahlreichen Sonderpublikationen.

8. *Die Mondfinsternis* (Fig. 15). Wir gelangen damit zu der letzten und entferntesten Frontal-Erscheinung, die an sich nur einfarbig sein sollte, bei einer Distanz von 380 000 km. Sie ist aber aus 2 Phänomen zusammengesetzt, nämlich aus dem Halbschatten und dem Kernschatten. Wäre die Erde ohne Luft- und Staubhülle, so wäre der Kernschattenquerschnitt in Mondentfernung eine einfache schwarze Scheibe, so schwarz wie die Schattenscheibchen der Jupiter-Monde auf Jupiter. Schon unter Nr. 4 sahen wir den farbig beränderten Erdschatten die Erdoberfläche verlassen und jetzt ist er auf dem Mond angekommen mit Querschnittsdurchmesser von 9250 km, gegenüber dem Monddurchmesser von 3476 km. Die ganze Erdschattenlänge bis zur Spitze beträgt 1 400 000 km.

Eine geradezu ideale Mondfinsternis, nämlich die totale vom 2. auf 3. März 1942, wurde vom Verfasser in 4 Aquarellbildern mit je 32 mm Durchmesser festgehalten. Fig. 15 zeigt das Bild 2. März MEZ 24.00, d. h. grösste Breite des Halbschattens und ganz wenig des eintretenden Kernschattens. Beobachtet wurde mit Spiegelteleskop 11 cm.

Die grössten Breiten in Bildmillimetern bei 32 mm Gesamtdurchmesser sind: schattenfreier Teil 6 mm, Halbschatten 12 mm zart violett, 10 mm bläulich; daran anschliessend 4 mm Kernschattenbreite. Im Blau waren 2 dunklere Flecken und auch Aristarch und Herodot sichtbar.

Um MEZ 0.33 war die Verteilung genau ½ Blau, ½ Kupferrot. Auch im Rot des Kernschattens waren Aristarch und Herodot noch sichtbar.

Daraus folgt: bei zunehmender Verfinsterung war die blaue Zone von 10 mm auf 16 mm Breite angewachsen.

Ueber die zwei Farbtöne des Halbschattens konnte kein Zweifel aufkommen, ebensowenig über das Kupferrot des Kernschattens, das um MEZ 1.15 den ganzen Mond bedeckte, aber im Westen ein 6 mm breites Segment in etwas hellerem Rot zeigte.

*) unter dem astronomischen Horizont für Monti.

Obwohl sich das Phänomen aus 2 Teilen zusammensetzt, nämlich aus dem zweifarbigen Halb- und dem einfarbigen Kernschatten, so gilt trotzdem auch hier die Frontalregel 2, d. h. Rot innen, Blau-violett aussen. Die Farbenlage ist also gerade umgekehrt als wie bei den Farben der Tergalerscheinung Nr. 4: Blau - Grün - Rot (oben).

Nach Regel 3 ist bei der gewaltigen Entfernung die Dispersion stark angewachsen (auf den Halbschatten bezogen) und zwar auf ca. ¾ des Monddurchmessers, d. h. auf 2600 km radiale Breite. In Wirklichkeit handelt es sich hier um die Divergenz des gekreuzten Halbschatten-Kegels.

Die Farben Grün und Gelb fallen ganz aus und es sei dieserhalb auf Nr. 2a (Mondhalo) zurückverwiesen.

Es gibt sogar eine Berechnung von Meyer-Bührer, Steckborn, mit Refraktionsdaten, nach denen der Kernschatten derart verkürzt wird, dass er gar nicht mehr zum Mond gelangt. Dagegen ist infolge derselben Refraktionswirkung der Erdatmosphäre der Schattenkreis um 2 % grösser als der theoretische Wert (siehe «Orion» Nr. 13).

Sei dem aber wie ihm wolle, in allen drei Fällen liegt Rot im Zentrum nach der Frontalregel 2. Nun kann man sich noch im Geiste auf den Mond versetzt denken, in das rote Kernschattengebiet, und von da aus die schwarze Erdscheibe betrachten, wie sie vor die Sonne tritt. Die Erde hat dann einen intensiv roten Rand (Luftgürtel) und um diesen vermutlich einen blauen und violetten Ring. Kurz: Es ist eine Frontalerscheinung mit Rot innen, welches so sehr strahlt, dass die Mondgegend, auf der wir stehen, ganz in Rot getaucht ist.

Anhang: *Das Erdlicht auf dem Monde*

Obwohl dieses Phänomen mit Lichtstrahlenbeugung nichts zu tun hat, denn der Mond hat keine Lufthülle, so soll es hier doch der Vollständigkeit halber Erwähnung finden; insbesondere auch deshalb, weil das Erdlicht bei den vielen klaren Nächten in Monti ideal beobachtet werden kann.

Die Mondlandschaften sind im Erdlichtbezirk gar oft deutlich zu erkennen bis zum Mondalter von 3 Tagen, das Erdlicht an sich bis zu 6 Tagen, und dies gelingt namentlich mit dem 5-Zoll-Refraktor. Das grünlich-graue Erdlicht ist reines Reflexlicht und es dürfte den grünen Ton in erster Linie den grünleuchtenden grossen Wasserflächen der Ozeane, in zweiter Linie der grünen Farbe der Urwälder zu verdanken haben. Manche Autoren sagen, dass vom Mond aus das Spiegelbild der Sonne in den Meeren der Erde zu sehen sei. Auf alle Fälle dürfen wir annehmen, dass die Erdkugel vom Erdlichtgebiet des Mondes aus betrachtet mit grünem Licht übergossen ist, das den Schattenteil des Mondes viel intensiver aufhellt, als dies das Mondlicht auf der Erde vermag. Es darf auch nicht vergessen werden, dass die «Voll-Erde» mit einem

Durchmesser von 2 ° am Mondhimmel steht, während der Voll-Mond am Erdhimmel nur ½ ° Durchmesser hat.

Wechsel in der Tönung des Erdlichtes kommen vor und dürfen wir hiefür wohl die veränderlichen irdischen Wolkenschichten verantwortlich machen.

Zusammenfassung

Die phänologische Systematik über die durch Sonnen- oder Mondlicht erzeugten Himmelserscheinungen soll zeigen, wie *Farblage* und *Farbenzahl* 3 Regeln befolgen, die anhand von Beobachtungen und Vergleichen aufgestellt wurden.

Die Regeln 1 und 2 unterscheiden zwischen *Tergal-* und *Frontal*-Erscheinung und sagen aus, ob Rot aussen oder innen (resp. oben oder unten) liegt.

Die Regel 3 enthält die Beziehung zwischen Farbenzahl und Entfernung.

Die beigegebene tabellarische und graphische Zusammenstellung von 14 verschiedenen Erscheinungen gestattet einen raschen Ueberblick über jeden Einzelfall.

Résumé

Le système phénologique des phénomènes spectraux produits par la lumière du *soleil* ou par le clair de *lune* devrait montrer comment la position de la couleur et le nombre des couleurs observent trois règles établies à l'aide d'observations et de comparaisons.

Les règles 1 et 2 distinguent entre le phénomène *tergal* et le phénomène *frontal* et déclarent si la couleur rouge est située à l'extérieur ou à l'intérieur (respectivement en haut ou en bas).

La règle 3 contient la relation entre le nombre des couleurs et la distance.

Le tableau et l'ensemble graphique ci-joint de 14 phénomènes différents permettent un aperçu rapide dans chaque cas individuel.

Summary

The phenological system of spectral phenomena produced by *sunlight* or *moonlight* should show how position of colour and number of colours obey three rules, which were laid down by observations and comparisons to hand.

Rules 1 and 2 distinguish between *tergal-* and *frontal*-phenomenon and state whether red is situated outside or inside (above or below respectively).

Rule 3 contains the relation between number of colours and distance. The annexed tabulated and graphial group of 14 different phenomena permits a rapid survey of each individual case.

Literatur

F. Schmid, «Orion» Nr. 6, 15, 16. — *William Brunner*, Eidg. Sternwarte, Band VI. — *K. Rapp*, «Orion» Nr. 19, 23. — *Pernter-Exner*, «Meteorologische Optik» 1910. — *Rudolf Meyer*, «Die Halo-Erscheinungen», 1929. — *W. Westphal*, «Physik», 1933.