Zeitschrift: Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwisenschaftliche Gesellschaft
Band: 65 (1929-1930)

Artikel: Die Nachtdämmerung
Autor: Schmid, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-834794

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: 02.10.2025

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

XVIII.

Die Nachtdämmerung.

Von Dr. F. **Schmid**, Oberhelfenschwil.

I. Einleitung.

Unter dem Begriffe der Nachtdämmerung betreten wir eigentlich heute noch wissenschaftliches Neuland. Bis vor kurzer Zeit wurde dieselbe in der Literatur sehr wenig genannt. Wohl haben verschiedene Beobachter, wie H. B. de Saussure, R. H. Schlagintweit, F. J. Hugi, Bravais u. a., die Nachtdämmerung schon gegen das Ende des 18. Jahrhunderts, teilweise wieder in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts berührt. Aber die Ergebnisse sind im Verhältnis zu dem, was die Nachtdämmerung wirklich bietet, doch sehr lückenhafte und oft auch unklare Beiträge, die einen eigentlichen Einblick in ihre Natur und den gesamten Zusammenhang mit der meteorologischen Optik nicht gestatten.

In den letzten Dezennien, besonders aber in neuester Zeit, haben die Begriffe über den Bau unserer irdischen Atmosphärenhülle gewaltige Modifikationen erlebt. Die alte Annahme einer zirka 200 km hohen Atmosphärenschale um den festen Erdkern, mit einer gleichmäßigen Temperaturabnahme nach außen, kann den heutigen wissenschaftlichen Ergebnissen nicht mehr standhalten. Man war zunächst sehr überrascht, als Untersuchungen mit Registrierballons eine gleichmäßige Temperaturabnahme in den unteren Atmosphärenschichten in Frage gestellt hatten. Die neuesten Ergebnisse sind noch viel auffallender. Fast verblüffende Resultate geben in jüngster Zeit eine Reihe sorgfältiger in- und ausländischer Untersuchungen über den Ozongehalt höherer Atmosphärenschichten. Spektroskopische und sehr weitgehende wichtige Ueberlegungen zeigen mit Sicherheit, daß in der 50-km-Höhenschicht sich eine bedeutende Ansammlung von Ozon, jene merkwürdige Abart von Sauerstoff befindet; gleichzeitig wird in diesen Höhen ein Temperaturanstieg von mindestens 37° Celsius festgestellt. Diese aufsehenerregende Entdeckung, an der sich besonders auch

unsere lichtklimatische Station in Arosa ernsthaft beteiligt,[1]) steht eigentlich noch im Anfange. Interessant wird es sein, sowohl in polaren wie auch in äquatorialen Zonen diese Untersuchungen fortzusetzen, was bereits in Angriff genommen worden ist. Aus physikalischen Gründen müssen wir voraussetzen, daß unsere Erdatmosphäre bedeutend abgeplattet ist, was schon in der Höhe der Troposphäre deutlich zum Ausdrucke kommt, indem ihr Erdabstand von den polaren Zonen zum äquatorialen Gürtel fast um das doppelte, d. h. von 9 auf 17 km ansteigt. Im Sommer 1929 hat Herr Dr. Götz, der erfolgreiche Forscher des lichtklimatischen Observatoriums Arosa, seinen Standort nach Spitzbergen verlegt, wo mit denselben Spektrographen und Methoden, wie sie in Arosa zur Anwendung kommen, die Ozonmessungen fortgesetzt wurden. Ich verdanke seine briefliche Erlaubnis, vor dem Abschlusse seiner bezüglichen Arbeiten jetzt schon darauf hinweisen zu können, daß über Spitzbergen die Höhe der Ozonschicht bedeutend geringer ausfallen dürfte, was die Annahme einer starken Atmosphärenabplattung stützt.

Für die Erforschung der höheren und höchsten Luftschichten sind wir z. Z. namentlich auch auf verschiedene Lichteffekte angewiesen. Während uns die leuchtenden Jesse'schen Nachtwolken beweisen, daß irdischer Vulkanstaub bis auf 70 oder 80 km emporsteigen kann, führen die Entzündungshöhen der Meteore und die Nordlichtstrahlen zu weit größeren Entfernungen. Die Höhen der Meteoriten werden vornehmlich in einem Erdabstande von zirka 200 km und darunter gefunden, doch wollen in älterer und neuerer Zeit die Stimmen nicht verstummen, die behaupten, über 200 km hinaus in Höhen von 300 bis 1000 km, ja sogar bis auf 2000 km, Meteoriten beobachtet zu haben. Sind auch diese gewaltigen Entzündungshöhen mit Vorsicht aufzunehmen, so kommt doch auch der bekannte Kometen- und Meteoritenforscher W. F. Denning zum Schlusse, daß die beim Absuchen des Himmels nach Kometen oft bemerkten Meteore mit sehr langsamer Bewegung und kurzer Bahn nicht zu den gewöhnlich in etwa 150 km erglühenden Körperchen gehören, sondern in Entfernungen aufleuchten, die 1500 km übersteigen. Systematische Beobachtungen an der Engelhardt-Sternwarte in Kasan ergaben für Meteorhöhen ebenfalls oft mehr als 500 km, was auch Philipp Broch bei den Perseiden teilweise bestätigt fand. Für die Entzündungshöhen der Sternschnuppen und

[1]) F. W. P. Götz. Beobachtungen über die Höhe der Ozonschicht in der oberen Atmosphäre. Gerlands Beiträge zur Geophysik. Band XXI, Heft 1, 1929.

Meteoriten werden verschiedene Faktoren mitbestimmend sein. In Betracht fallen hier die Bahngeschwindigkeit, die per Sekunde 30 bis 70 km erreichen kann, und die Bahnrichtung zur Erdbewegung. Eilt ein Meteor in der Richtung der Erdbahn, so wird er erst in tiefen Atmosphärenschichten in den Glühzustand versetzt. Ist die Meteorbahn aber gegen die Erdbahn gerichtet, so erhöht sich die geozentrische Geschwindigkeit, und die Entzündung erfolgt in entsprechend größeren Höhen. Ungenügend untersucht ist noch die Frage, ob in polaren und äquatorialen Zonen der Erde nicht allgemeine Höhendifferenzen bestehen, welche durch die abgeplattete Erdatmosphäre bedingt werden. Für die wahre Höhe unseres Luftmantels können die Entzündungshöhen der Meteoriten natürlich nicht bestimmend sein, da wir nicht wissen, wie weit der Weg durch die äußeren dünnen Luftschichten ist, bis schließlich der eingedrungene kosmische Körper in Glühzustand versetzt und optisch sichtbar wird.

Weitere Stützpunkte über das Vorhandensein atmosphärischer Materie geben uns auch die Nordlichtstrahlen, die nach Förster aus trigonometrischen Messungen 500 bis 600 km,[1]) nach Schaper und Flögel 600 bis 800 km von der Erdoberfläche erreichen können.[2]) Diese Höhen wurden später bezweifelt, besonders als in neuerer Zeit auf dem deutschen Observatorium Spitzbergen aus 69 Messungen nur 70 bis 220 km gefunden wurden.[3]) Nun veröffentlichte aber in neuerer Zeit der bekannte Nordlichtforscher C. Störmer die in den letzten Jahren sorgfältig aufgenommenen Nordlichter. Die zuerst gefundenen Maximalhöhen von 500 bis 750 km werden durch die letzten sorgfältigen Untersuchungen noch überholt. Aus ihnen geht zunächst die äußerst interessante Tatsache hervor, daß die höchsten Gipfel der Nordlichtstrahlen aus dem Schattenkegel der Erde herausragen, also in der sonnenbelichteten Atmosphäre liegen, und Höhen von 800 bis 1000 km erreichen.[4]) Damit ist auch eine frühere Angabe von Otto Nairz bestätigt, wonach die Höhen der Polarlichter sehr verschieden sind. Sie werden zwischen mehreren 100 bis zu 1000 km angegeben, und zwar scheinen sie umso höher zu liegen, je weiter ab von den Polen sie beobachtet werden.[5])

---

[1]) Förster. Von derErdatmosphäre zum Himmelsraum. 1906. S. 104.

[2]) Gaea. Natur und Leben. 1901. S. 157.

[3]) Schriften der wissenschaftlichen Gesellschaft zu Straßburg. 1914. 21. Heft.

[4]) Zeitschrift für Geophysik. Jahrgang V, Heft 5/6, S. 177—194.

[5]) Prometheus. Nr. 868, Jahrgang XVII, 35, S. 563.

Die aus den neuesten modernen Untersuchungsmethoden hervorgegangene Bestätigung der Nordlichthöhen bis auf 1000 km wird umso weittragender, weil nach den Ergebnissen von Cario in Göttingen die bisher rätselhafte Nordlichtlinie als eine Sauerstofflinie aufzufassen ist. Allgemein verlegte man bisher den Sitz des Sauerstoffes in die untersten Atmosphärenschichten. In Höhen von 70—80 km vermutete man schon den Uebergang der Stickstoffatmosphäre zur Wasserstoffsphäre, deren Grenze bei zirka 200 km angenommen wurde. Darüber hinaus vermutete Wegener noch ein leichteres, bisher unbekanntes Gas, dem er den Namen Geokoronium gab.[1]) Seine Veröffentlichung erntete vor rund zwei Dezennien große Beachtung; aber durch die neuesten Forschungen ist auch diese Annahme illusorisch geworden. In Regionen von zirka 50 km, wo man eine Temperatur von etwa — 55° Celsius annahm, wird heute eine ozonhaltige Wärmeschicht von zirka +40° Celsius festgestellt.[2]) Weit über der ehemaligen Grenze der Wasserstoffatmosphäre, wo man ein noch leichteres Gas, das Geokoronium vermutete, kommt man heute zum zwingenden Schlusse einer sauerstoffhaltigen Höhenschicht. Diese neuesten Ergebnisse über den Bau und die chemische Zusammensetzung unserer irdischen Atmosphärenhülle sind so überraschend und geradezu revolutionär, daß wir die ganze Tragweite der zukünftigen Forschungen gar nicht ermessen können. Wohl selten wurden scheinbar feststehende wissenschaftliche Grundlagen so erschüttert wie der chemische und physikalische Aufbau unserer eigenen Atmosphärenhülle. Wir stehen heute in verschiedenen grundsätzlichen Fragen weniger sicher da als vor einigen Dezennien. Hierher gehört auch die Frage nach dem Grade der Abplattung. Man hatte früher diesen Faktor ziemlich vernachlässigt und nahm ohne weiteres eine gleichmäßige Kugelschale von zirka 200 km Mächtigkeit an. Diese Höhe leitete man auch aus der Abnahme des Luftdruckes ab, ohne wohl die Gegenwirkung der Zentrifugalkraft in der

---

[1]) Physikalische Zeitschrift. 12. Jahrgang, 1911, S. 170-178 und 214-222.

[2]) Durch diese auffallenden Temperaturverhältnisse läßt sich wohl auch das schon wiederholt erstaunlich lange Nachleuchten gewisser Meteorschweife besser erklären. Wie es möglich sein sollte, daß in Kälteregionen von —50° Celsius und mehr ausnahmsweise Meteorbahnen über eine halbe Stunde, ja bis zu einer Stunde aufleuchten können, war schon immer ein großes Rätsel. Um die Mitternachtszeit vom 23. auf den 24. Oktober 1928 beobachtete ich einen solchen Schweif noch 31 Minuten lang. In einer hohen Temperaturumgebung wäre die langsame Abkühlung eines erhitzten Luftstranges viel eher begründet.

Atmosphäre gebührend zu berücksichtigen, indem ein Teil des Atmosphärendruckes durch sie aufgehoben wird. Theoretisch ist die Zentrifugalkraft in der Schwingebene der Erde am größten und läuft an den Polen auf Null hinaus. Für den Ausgleich des allgemeinen Atmosphärendruckes auf der Erde muß daher so viel Luft aus den polaren Zonen gegen den Aequator zuströmen, bis die Wirkung der Zentrifugalkraft für jeden Breitengrad der Erde ausgeglichen wird, wodurch die Abplattung vollendet ist. Mathematische Ueberlegungen über dieselbe haben Marcuse, Melanderhjelm, Laplace und Herz gemacht. Ihre Resultate liegen nicht sehr weit auseinander, indem die Grenze, in der sich für unsere Erde Anziehungskraft und Zentrifugalkraft im Gleichgewichte halten, zwischen 5 und 6 Erdhalbmessern steht. In der Voraussetzung, daß die Winkelgeschwindigkeit der höher gelegenen Luftschichten allmählich abnimmt, erweitert sich nach Herz die allgemeine Gleichgewichtsgrenze sogar auf 16 Erdhalbmesser. Eine starke Abplattung der Erdatmosphäre ist daher auch mathematisch zulässig, ohne daß die Abtrennung der äußersten Gasschichten zu einem Ringe direkt erfolgen muß. Wenn wir die Entzündungshöhen der Meteore nicht als die Grenze der Erdatmosphäre annehmen dürfen, so wäre dieselbe Annahme auch für die größten Nordlichthöhen sehr gewagt. Wir müssen mit der Möglichkeit rechnen, daß selbst in höheren Breiten die wahre Atmosphärenhöhe 1000 km erheblich übersteigt, und daß sie über dem Tropengürtel auf mehrere tausend Kilometer reichen kann. Diese Ueberlegung mag z. Z., da man sich von den engen Begriffen über die Ausmaße unserer Lufthülle vielleicht noch nicht leicht zu trennen vermag, etwas gewagt erscheinen. Wer sich aber den festen Erdkern mit einem Durchmesser von nahezu 13000 km vorstellt, dürfte es doch für möglich halten, daß die äußerste leichteste Schicht, die Gashülle, bis zu ihrer äquatorialen Grenze auf mehrere tausend Kilometer ansteigen kann.

Wertvolle Anhaltspunkte zur Erforschung der oberen Atmosphärenschichten geben uns auch die Dämmerungsbeobachtungen. Der Verfasser dieser Arbeit hat dieselben seit einer langen Reihe von Jahren verfolgt und ist schon im Jahre 1891 zum Schlusse gekommen, daß das Zodiakallicht mit seinen Begleiterscheinungen, dem Gegenschein und der Lichtbrücke, ein rein tellurisch-optisches Phänomen unserer bedeutend abgeplatteten Atmosphärenhülle sei. Es würde zwar den Rahmen dieses Beitrages erheblich überschreiten, das Zodiakallichtproblem in alle Einzelheiten gründlicher zu behandeln. Wer sich dafür

genauer interessiert, den verweise ich auf meine letzte Publikation.[1]) Doch greifen Zodiakallicht und Nachtdämmerung so eng ineinander, daß wir bei der Behandlung der Nachtdämmerung das Zodiakallicht mit dem Gegenschein und der Lichtbrücke nicht umgehen können. Dagegen möchte ich alles das, was zur Phosphoreszenz und Elektrizität eingereiht werden muß, soweit diese von der Nachtdämmerung trennbar sind, aus dieser Arbeit ausscheiden.

II. Das Wesen der Nachtdämmerung in unseren Breiten.

Die Nachtdämmerung ist das letzte Dämmerungslicht am Himmel, zum Unterschiede vom theoretisch schwarzen Nachthimmel. Sie gliedert sich in das allgemeine Nachtblau des Himmels, den Nachtschein, als letzter Rest der Polarnachtsonne, und das Zodiakallicht mit seinen Begleiterscheinungen, dem Gegenschein und der Lichtbrücke, indem das Zodiakallicht als der höchste und letzte Dämmerungsbogen unserer abgeplatteten Atmosphärenhülle aufzufassen ist. Zur Nachtdämmerung gehört schließlich auch die Monddämmerung und der mondbeleuchtete Nachthimmel.

Wenn die Sonnendepression -18^0 erreicht hat, so betrachtet man dies als Schluß der astronomischen Dämmerung, und die astronomische Dunkelheit, die Nacht bricht an. Als allgemein äußeres Merkmal der angebrochenen Nacht können wir den Zeitpunkt bezeichnen, wenn am mondlosen Himmel, je nach der Weitsichtigkeit und Sehschärfe des Beobachters, dem unbewaffneten Auge Sterne 5. bis 6. Größe sichtbar werden und gleichzeitig die Milchstraße bis in die Nähe des Horizonts verfolgt werden kann. Theoretisch und nach früheren allgemeinen Annahmen sollte nun bei einer Sonnentiefe von -18^0 jede Spur der Abend- und Morgendämmerung verschwunden sein. Diese Forderung trifft bei der genauen Beobachtung des Dämmerungsverlaufes nicht zu. Wir müssen konstatieren, daß Sterne 5. Größe auf der Gegenseite der Dämmerung selbst bei einem Sonnenstande von zirka -14^0 noch sichtbar bleiben. Das ist nun allerdings die äußerste Grenze; denn unmittelbar darauf, wenn am Morgenhimmel bei dieser Sonnentiefe der auftauchende Dämmerungsbogen die Höhe des Zenits erreicht, bricht fast plötzlich am ganzen Westhimmel bis hinab zum Horizonte die Gegendämmerung an, und Sterne 5. Größe

[1]) F. Schmid. Das Zodiakallicht. Sein Wesen, seine kosmische oder tellurische Stellung. Probleme der kosmischen Physik. 1928, Band XI. Verlag Henri Grand, Hamburg.

verschwinden. Auch das erste Anbrechen der Morgendämmerung und das Erlöschen der letzten Spur der Abenddämmerung läßt der theoretischen Grenze von — 18° noch einen ziemlich weiten Spielraum offen, der zwischen — 16° bis — 20° schwanken kann. Es scheint fast so, wie wenn nicht allein die Klarheit des Himmels, sondern auch die Lage des atmosphärischen Aequators zur Horizontebene in verschiedenen Jahreszeiten eine gewisse Rolle spielte. Noch viel größere Abweichungen zeigt die letzte Spur des sommerlichen Nachtscheins, dessen Reste bei günstigen Verhältnissen selbst bei Sonnentiefen von 30—35° noch nicht vollständig verschwunden sind. Es könnte nun leicht die Auffassung auftauchen, daß es sich bei so großen Sonnentiefen wohl eher um das Zodiakallicht handeln dürfte. Auch wenn es tatsächlich äußerst schwierig ist, Nachtschein und Zodiakallicht scharf zu trennen, so muß doch darauf hingewiesen werden, daß wir den versinkenden sommerlichen Nachtschein bis in den Oktober hinein verfolgen können, der sich dann allerdings im letzten Stadium mit der ersten Anlage des winterlichen Westzodiakallichtes verbindet, indem er sich nach Süden verlängert und schließlich in der Gegend des aufsteigenden Ekliptikastes aufbäumt.

Eine scharfe Grenze läßt sich demnach zwischen Nachtschein und Zodiakallicht nicht ziehen; es existieren vom gleichschenkligen Bogensegmente des nächtlichen Scheins bis zur typischen Zodiakallichtpyramide alle Zwischenformen. Ist der nächtliche Dämmerungsschein mehr pyramidal und nach Süden geneigt, so müssen wir ihn als Zodiakallicht ansprechen, nähert er sich mehr der symmetrischen Bogenform, so nennen wir ihn Nachtdämmerungsschein oder kurzweg Nachtschein. Wie eng verbunden Zodiakallicht und Nachtschein sind, geht schon daraus hervor, daß im Monat Mai der bei Nachteinbruch zodiakallichtähnliche Schein sich bis Mitternacht zum gleichmäßigen Bogensegment umwandelt, während in der zweiten Hälfte Juli und anfangs August das vormitternächtliche Bogensegment in den frühen Morgenstunden, ostwärts ziehend, mehr Zodiakallichtnatur annimmt.

Zu allen diesen verwandtschaftlichen Beziehungen gesellt sich die täuschende Farbenähnlichkeit zwischen Zodiakallicht und Nachtschein, die einem homogenen, milchig weißgelblichen, nach außen verblassenden Grundton entspricht und von der körnigen oder wolkigen Struktur der Milchstraße vollständig verschieden ist. Gleich wie die Lichtachsenbasis des Zodiakallichtes nach Dämmerungsschluß und

am Morgen nach Dämmerungsanbruch einen deutlichen Rotstich annehmen kann, so kann auch der Nachtschein in seinem Maximum über dem Horizonte eine rötliche Tönung verraten, wenn die Sonnendepression nicht erheblich unter -18^0 steht.

Aus allen angeführten Gründen ist es leicht begreiflich, wenn Laienbeobachter und besonders auch die breiten Schichten des Volkes Zodiakallicht und Nachtschein sehr oft mit der gewöhnlichen Dämmerung verwechseln. Wenn ich in meinem Bekanntenkreise gelegentlich auf das Zodiakallicht aufmerksam machte, so hatte ich schon wiederholt die Antwort erhalten: „Ja, das habe ich auch schon gesehen; aber ich hielt es für die letzte Spur der Abenddämmerung.“ Ein treffliches Seitenstück zu dieser Erfahrung gibt in einer alten Ueberlieferung Lacaille, der im Jahr 1751 in der Nähe des Kap der guten Hoffnung Zodiakallichtbeobachtungen machte. Er berichtet, daß die Bewohner nur schwer davon abzubringen waren, daß es sich nicht um die gewöhnliche Abenddämmerung handle.[1]) Diese Tatsache dürfte ihre Erklärung wohl auch in dem Umstande finden, daß zwischen Nachtschein und Zodiakallicht alle Uebergangsformen vorhanden sind. Eine scharfe Trennung ist darum nicht möglich, und wir dürfen heute mit vollem Rechte sagen, daß der Zodiakallichtforscher, wenn er das Phänomen systematisch das ganze Jahr verfolgt, schließlich auch Nachtdämmerungsforscher werden muß. So wurde auch ich als langjähriger Beobachter des Zodiakallichtes unwillkürlich auf den ganzen Verlauf der Nachtdämmerung geleitet.

III. Die Beobachtung und der Beobachtungsstandort.

Für den Erfolg der Beobachtung sind drei Faktoren notwendig, nämlich die angelernte Uebung eines lichtempfindlichen Auges, ein geeigneter Beobachtungsstandort und eine klare, mondlose Nacht. Ist ein Beobachter mit einem guten Sehorgan ausgerüstet, so wird noch jahrelange Schulung der Augen notwendig sein, bis er sich zum selbständigen Beobachter durchgearbeitet hat. In der ersten Zeit, und es können Jahre vergehen, wird der Beobachter wahrscheinlich weder beim Nachtschein, noch beim Zodiakallichte den ganzen Umfang überblicken oder mit wirklichem Erfolge Einzelheiten untersuchen können. Seine Augen heften sich noch zu sehr auf das Maximum, wodurch die

[1]) Joh. Aug. Grunert, Beiträge zur meteorologischen Optik und verwandten Wissenschaften. Die Lichterscheinungen der Atmosphäre, dargestellt und erläutert von R. Glausius. IX Miscelllen. Leipzig 1850.

Dunkeladaption derselben gestört und die Beobachtung der lichtschwachen Ausläufer dadurch benachteiligt wird. Eine weitere Gefahr, gegen die selbst der geübte Beobachter wachsam sein muß, ist die Auto-Suggestion unter dem Eindrucke einer vorgefaßten Meinung. Wer zum Beispiel das Zodiakallicht in einem „körnig silbrigen Lichte“ sieht, wie das in neuester Zeit ein sonst hochstehender Astronom in einem Beitrag niederschrieb, der hat einen sprechenden Beweis dafür geleistet, wie sich selbst der gewiegte Fachmann, dem eine Meteoritenwolke um die Sonne vorschwebt, von seiner persönlichen Auffassung beeinflussen läßt. Ein oft gemachter Beobachtungsfehler besteht auch darin, daß man nur allzu leicht geneigt ist, die zarten Ausläufer der Randzonen an feste Punkte des Himmels, die Sterne, anzulehnen. Allerdings bilden die Gestirne dem geübten Beobachter auch willkommene Stützpunkte oder Marken, an die man sich aber bei der Beurteilung der Intensitätsabstufungen und der äußersten Grenzen nicht binden darf.

Ein beständiger Feind der Nachtbeobachtungen ist die künstliche Beleuchtung. Im heutigen Zeitalter der allgemeinen Elektrifikation bis in die entlegenen Dörfer und Gehöfte hinaus, haben sich diese Verhältnisse wesentlich verschlechtert. Ortschaften oder gar Städte schließen durch ihre Beleuchtung und den Dunst, der über ihnen lagert, jede gedeihliche Beobachtung aus. Wer heute durch die hellbeleuchteten Straßen einer Stadt wandelt, der hat am rötlich überfluteten Himmel, auch wenn er frei von Wolken ist, unter Umständen Mühe, selbst Sterne dritter Größe zu erkennen! Für die Beobachtung der Nachtdämmerung werden die Anforderungen auf reine, von künstlichem Lichte freie und klare Luft noch viel größer; selbst die Stadtnähe muß gemieden werden. Nach meinen Erfahrungen kann schon die Nachbarschaft eines Wohnhauses oder die Anwesenheit heller Planeten die Sicherheit der Beobachtung ungünstig beeinflussen, und das Auge ist von solchen Lichteffekten möglichst zu schützen. Wer aus einem beleuchteten Zimmer kommt, der ist zunächst für seine Nachtbeobachtungen gänzlich unfähig. Bis das Auge die volle Dunkeladaption erreicht hat, können 10 Minuten vergehen. Die empfindliche Störung der Beleuchtung kennt auch der Astronom am Fernrohr beim Beobachten lichtschwacher Objekte. Schon der große Herschel arbeitete wo möglich im dunkeln Raume. Trotzdem ist bei der Beobachtung der Nachtdämmerung zum Skizzieren, zum Ablesen der Instrumente und zum Notieren der Resultate eine schwache Beleuchtung unumgänglich. Gut

bewährt hat sich hier eine kleine, seitlich abgeblendete Anhängelaterne, die zum Beobachten möglichst bedeckt wird. Ein Versuch, auch dieses Lämpchen zu vermeiden und die Blätter des Skizzenbuches mit einer phosphoreszierenden Masse zu überstreichen, hatte sich schlecht bewährt, indem die nötige Leuchtkraft des Papiers bald abnahm und die Blätter zusammenklebten. Zum Ablesen der Meßinstrumente leistet eine elektrische Taschenlampe mit ihrer Momentbeleuchtung die besten Dienste.

Für die Erfassung der äußersten und zartesten Randpartien des Nachtscheines empfiehlt es sich, das Auge vorerst an nachtblauen, von strahlenden Sternen möglichst freien Teilen des Himmels ausruhen zu lassen. Erst nachher wende man das Auge sorgfältig vergleichend auf die äußerste Dämmerungszone. Die Fixierung derselben kann, wie schon betont, durch Sternmarken geschehen, ohne sich durch sie in der wahren Ausbreitung verleiten zu lassen. In verschiedenen Jahren sorgfältig wiederholte Beobachtungen werden zeigen, daß, klare Luft vorausgesetzt, sich für die einzelnen Jahreszeiten konstante Normalgrenzen herausfinden lassen. Als verfehlt betrachten wir die von Filehne und Heis empfohlene Methode der sog. Rohrbetrachtung. Wir geben gerne zu, daß durch die Anlegung eines innen geschwärzten Rohrs die Dunkeladaption der Augen gesteigert wird. Umso eindrucksvoller wird daher ein Dämmerungsmaximum oder im Zodiakallichte die Lichtachse erscheinen. Die aufgenommene Lichtfülle macht aber das Auge für die Beobachtung der lichtschwachen Randzone erst recht unempfindlich. Besonders störend wirkt gleichzeitig der eingeengte Sehwinkel, sodaß jede vergleichende Orientierung mit dem normalen Nachtblau verloren geht. So erklärt es sich, wenn Filehne und Heis das Zodiakallicht nur noch als schmales Lichtband erkannten, während mit freiem Auge seine Basisbreite 60° bis 100° erreichen kann. Auch hier bestätigt sich wiederum die große Gefahr einer Auto-Suggestion. Heis und Filehne vertraten die Auffassung, daß das Zodiakallicht durch einen atmosphärischen Ring hervorgerufen werde, und daher erkannten sie die breit angesetzte Pyramide umso weniger.

Von großer Bedeutung für den Erfolg der Beobachtung ist natürlich die Wahl des Beobachtungsortes. Daß Städte oder Stadtnähe gänzlich auszuschließen sind, wurde bereits erwähnt. Ihre Beleuchtung kann sogar auf große Entfernungen noch störend wirken. Auch mein sonst guter Beobachtungsstandort, der geographische Höhenpunkt 901 bei Weid, südlich vom Dorfe Oberhelfenschwil, ist hievon nicht ganz

frei. Es sind vornehmlich die Städte Zürich und St. Gallen, die in einzelnen Fällen selbst am scheinbar wolkenfreien Himmel, besonders gegen den Horizont, Aufhellungen erzeugen können. Zur Bildung derselben ist offenbar eine mit Wasserdampf stark gesättigte Luft besonders günstig. Die Erfahrung hat auch gelehrt, daß baldige Witterungsumschläge fast die Regel sind. Bei Wolkenbildung entwickelt sich diese zarte Helle oft zu einem gelblich oder rötlich leuchtenden Lichtbande von 2—10° Höhe, das über dem Horizonte lagert. In einzelnen Fällen erhebt sich dieser Reflex zu einer diffusen Röte von noch größerer Höhe und ist dann einer fernen Brandröte täuschend ähnlich. Diese Reflexwirkung kann sich von meinem Standorte aus so weit steigern, daß sich daran Winterthur und Herisau und auch die kleineren im Horizontkreis liegenden näheren Ortschaften beteiligen als Vorbote einer länger andauernden Störungsperiode.

Ueber den Einfluß der zunehmenden Beobachtungshöhe, der Dauer der Dämmerung und die Nachtdunkelheit auf hohen Bergen scheinen die Ansichten teilweise auseinanderzugehen. Daß die Luftklarheit im allgemeinen umso größer wird, je höher wir steigen, ist eine bekannte Tatsache. Zugleich weitet sich mit erhöhtem Standort auch der Horizont; aber als einen Nachteil dürfen wir es bezeichnen, daß wir auf einem hohen Berge fast immer einen störenden Horizontdunststreifen haben, der die Beobachtungen beeinträchtigt. Nach meiner Erfahrung ist in dieser Hinsicht eine mittlere Beobachtungshöhe von etwa 1000 Meter weniger störend, da der Horizontkreis entsprechend höher liegt und die tiefsten unsicheren Randpartien wie durch ein Diaphragma verdeckt werden. Die Dauer der Dämmerung auf hohen Bergen beschreibt F. J. Hugi als äußerst kurz. „Die Nacht tritt früher ein als in den Tiefen, und später erscheint auf den Bergen der Tag.“ „Der Gebirgsforscher sieht in jenen Hochgebirgen die Nacht immer schnell, ohne allmähliches Verglimmen, ohne Abendrot, bald nach Untergang der Sonne eintreten.“ „Ebenso plötzlich erscheint der Tag mit der Sonne, da man ihn von oben herab in den Tälern zuerst erwachen sieht, wohin auch der oben verschwundene Tag sich zurückzuziehen scheint; auch am schönsten Tage herrscht nach Saussure auf dem Mont Blanc ein gewisses unnennbar magisches Dunkel; die Sonne erscheint matt, ohne Kraft und mehr dem Monde ähnlich.“[1]) Auch Heim schließt

[1]) F. J. Hugi. Bd. 149 A[13]. Vgl. namentlich auch P. Gruner, Beiträge zur Kenntnis der Dämmerungs-Erscheinungen und des Alpenglühens. Denkschriften der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, Bd. LVII, 1921, S. 5 u. f.

sich der Auffassung von Hugi an. „Schon in einer Höhe von 2000 Meter ist die Dämmerung merklich kürzer als in den Städten drunten, d. h. gleiche Umstände vorausgesetzt.“[1]) Im Gegensatze hiezu äußern sich H. B. de Saussure, Schlagintweit, Kämtz u. a. H. B. de Saussure machte bekanntlich im Jahre 1788 vom 2.—19. Juli auf dem Col du Géant umfangreiche meteorologische Beobachtungen. Da wir später auf verschiedene Beobachtungsergebnisse ausführlicher zurückkommen, so geben wir hier Saussure das Wort: „Zwischen den Erscheinungen, welche durch die Seltenheit und die große Durchsichtigkeit der Luft produziert werden, ist das Merkwürdigste diejenige der Dämmerungsdauer. Deren Schein war sichtbar vom Sonnenuntergang bis zu seinem Aufgang während allen schönen Nächten, welche wir auf dem Col du Géant vom 2. bis 19. Juli hatten. Im Anfange muß ich bemerken, daß man während der ganzen Nacht im ganzen Umfange des Himmels am Horizont ein blasses Licht beobachtete, obschon es sich deutlich stufenweise abschwächte bis zu 20 oder 25°, wo man die blaue Himmelsfarbe erreichte, welche von da ab bis zum Zenit gleichmäßig blieb. War es ein phosphoreszierendes Licht von irgendwelchen Dämpfen oder das Licht weit ausschweifender Sterne durch dieselben Dämpfe? Das ist, was ich mir nicht wage, zu entscheiden. Wenigstens ist es nicht, wie man vermuten könnte, der Widerschein von Schnee, da der Schnee nicht, wie diese Dämpfe, den ganzen Umfang von unserem Horizont bedeckt. Außer diesem allgemeinen Licht unterschied man auf der Seite des Sonnenunterganges ein Licht gleicher Art, aber bedeutend stärker, als auf dem übrigen Horizont und welches sich von 8 bis 10° höchstens erhob. Zuerst nach Sonnenuntergang sah man es im Nordwesten. Von dann an ging es gegen Norden, welchen es um Mitternacht erreichte, um dann auf die Ostseite zu gehen. Ich nahm zuerst dieses Licht für ein Nordlicht (eine Verwechslung, die sicherlich auch von anderen und späteren Forschern gemacht worden ist! Der Verfasser), aber seine vollkommene Ruhigkeit und die Regelmäßigkeit seines Ganges brachten mich von dieser Idee ab. Es muß somit die Dämmerung sein, oder die höheren Teile des Zodiakallichtes, welche gewöhnlich unsichtbar sind, aber eher die Dämmerung, weil dieses Licht nicht wie die Figur eines gegen den Horizont gerichteten Lanzeneisens zeigte. Es erhob sich gerade aufwärts unter einer runden Form weit ausschweifend wie die Dämmerung. Es ist wahr, daß die Astronomen die Dauer der Dämme-

[1]) Jahrbuch des S. A. C. 5. S. 512—539, 1868—69.

rung nur auf die Zeit von Sonnenauf- und untergang bis 18° unter dem Horizont festgesetzt haben, und daß um Mitternacht im Monat Juli die Sonne unter diesem Breitengrad ungefähr 45° gesunken ist. (? Der Verfasser.) Diese Bestimmungen sind in der Luftschicht der Ebene genommen und nicht in der durchsichtigen Luft eines hohen Berges."[1])

In ähnlichem Sinne äußern sich H. und A. Schlagintweit: „Wir wollen noch mit einigen Worten die Dauer der Dämmerung erwähnen. Es ist überall in den Alpen bekannt, daß sie auf hohen Bergen länger währt, obwohl dieses bisweilen überschätzt wird. Es ist fast als eine Sage zu betrachten, die für jeden Berg, sollte er auch nur wenige tausend Fuß hoch sein, wiederholt wird, daß zur Zeit der Sonnenwende die Abend- und Morgendämmerung um Mitternacht sich berühren. Ist diese Angabe auch übertrieben, so ist doch ein Unterschied in der Dauer der Dämmerung in hohen Regionen schon bemerkbar. Da auf einem Alpengipfel der Horizont sich weitet, so ist klar, daß im direkten Verhältnis zur Höhe der Auf- und Untergang der Sonne etwas freier sich gestaltet, der Tag also etwas länger wird. In Tälern wird nicht selten durch die Nähe großer Gebirgsmassen das direkte Sonnenlicht so sehr abgehalten, daß es nur wenige Stunden des Tages währt. Auch das schwache Licht der Dämmerung wird durch solche Umgebung sehr vermindert, und in den Tälern, abhängig vor allem in ihrer Lage gegen den Horizont, kann es daher geschehen, daß die Nacht sehr bald nach Sonnenuntergang eintritt. Die Dauer der Dämmerung auf Ebenen währt im Durchschnitt für unsere Breiten so lang, bis die Sonne 18° unter den Horizont gesunken ist. Auf Bergen aber erreicht bis zu Ende der Dämmerung die Sonne viel größere Tiefen. Genau dieselben anzugeben ist jedoch sehr schwierig, da die Veränderungen in der Durchsichtigkeit der Atmosphäre an verschiedenen Tagen einen bedeutenden Einfluß ausüben."[2])

Es ließen sich aus der älteren und neueren Literatur wohl noch manche Beispiele anderer Beobachter anführen. Ueber den Grad der Nachtdunkelheit auf einem Berge oder in der Tiefe scheint die Mehrzahl darin einig zu gehen, daß es auf den Bergen heller ist. Hugi war offenbar gegenteiliger Auffassung. Dagegen schreibt H. B. de Saussure: „Der Himmel ist in der Nacht gar nicht völlig schwarz, sondern von einem hellen Blau in den hellsten Nächsten, ohne Dunst

[1]) H. B. de Saussure 2 Vol. VIII, S. 495, 496 und 497.
[2]) H. und A. Schlagintweit S. 454.

und ohne Mond."[1]) Auch Schlagintweit schließt sich der Auffassung von Saussure an, und im allgemeinen dürfte auch L. F. Kämtz bei seinem dreimonatlichen Aufenthalte auf dem Faulhorn zu gleichen Schlüssen gekommen sein. Er schreibt: „Allerdings erscheint es, als ob kurz nach Untergang der Sonne die Erleuchtung schneller abnehme als in der Tiefe, später aber scheint es oben helle zu sein, und eine ziemliche Helligkeit habe ich noch lange nach dem Untergang der Sonne am Horizonte wahrgenommen."[2]) Auf dieselbe Seite stellten sich in neuerer Zeit die zwei Gebirgsbeobachter Meyer und Moser. Der erstere schrieb mir aus seinen Eindrücken auf dem Piz Languard 1916: „Auf dem Gipfel und bei der Hütte war es bei klarem Wetter überhaupt nie dunkel, von Mitte Juli bis 10. August. Die Zeit des Sommer-Solstitiums ist aber jedenfalls zur Entscheidung dieser Frage nicht günstig, so auch die angegebene Zeit, schon ziemlich nahe dem Solstitium. Die 80—90 m von der Hütte bis zum Gipfel und umgekehrt, ziemlich steil, steinig, oft etwas grob treppenartig und bei Fehltritt an einigen Stellen nicht ungefährlich, legten wir stets bei unbedecktem Himmel ohne irgendwelches Licht (Laterne etc.) zurück und zwar bei allen Nachtstunden. Aber oft hatten wir noch irgend etwas in der Hand zu tragen. Einmal (2. August) sah ich ca. 800 bis 900 m tiefer Touristen mit einer Laterne kommen, vielleicht so um 2 Uhr. Die zwei mm dicken Nadeln des Meßapparates waren stets gegen den Himmel schwarz abgehoben. Auf den großen Eternitplatten war sogar ein Schimmer der Teilstriche zu erkennen und der Ziffern des Azimutes, wenn sie zwei- oder dreistellig waren; allerdings stets unlesbar um Mitternacht und vielleicht 2 Stunden vor- und nachher." F. Moser teilte mir wörtlich mit: „Mein allgemeiner Eindruck war der, daß die Nacht auf der Höhe (des Faulhorns) weniger dunkel war — wohlverstanden in klaren Nächten — als hier unten in der Tiefe. Ich schrieb diesen Umstand dem nahen Schnee zu, der herüberleuchtete. Die Umrisse der Berge und Gipfel in der Runde waren gewöhnlich ziemlich deutlich. Auffallend war immer die stärkere Abtönung des Himmel vom Zenit nach dem Horizonte hin."

Soweit meine Erfahrungen reichen, muß ich mich der Ansicht anschließen, daß im allgemeinen auf Bergeshöhen die Nachtdunkelheit abnimmt. Doch dürfte hier der Reinheitsgrad der Atmosphäre eine

[1]) F. J. Hugi. Naturhistorische Alpenreisen. Leipzig 1830. S. 184.
[2]) L. F. Kämtz. Lehrbuch der Meteorologie. Halle 1836, 3. Band.

Rolle spielen, indem bei atmosphärisch-optischen Störungsperioden die Nachtdunkelheit im allgemeinen geringer wird. Nach meinen bisherigen Beobachtungen tritt in alpinen Regionen die Gegendämmerung am Morgenhimmel später ein als in den Tiefen, was wohl mit der Luftklarheit in direkter Verbindung steht. Bei der Beobachtung sehr schwacher Lichteffekte können nach meiner Erfahrung kleinere Höhenunterschiede schon eine gewisse Rolle spielen. Ich habe die Wahrnehmung gemacht, daß ich in der Nähe meines Hauses bei einem Höhenunterschiede von nur 100 m die Ausdehnung des Gegenscheins und der Lichtbrücke eher besser erkannte als auf der oberen, völlig freien Beobachtungsstation bei Weid. Auch ein waldumsäumter Horizont steigert die Dunkeladaption der Augen. Es ist für mich die Frage noch nicht ganz abgeklärt, ob in bedeutenden Höhen von 2000 bis 3000 m und darüber die Erwartung auf eine große Mehrernte sich nach jeder Hinsicht erfüllen würde. Jedenfalls bildet mein Standort mit rund 900 m über Meer einen Beweis dafür, daß man auch in mittelhohen Lagen erfolgreiche Beobachtungen machen kann.

IV. Die allgemeine nachtblaue Farbe des Himmels und das sogenannte „Erdlicht".

Unter diesem Titel verstehen wir die Nachtdämmerung am Himmel, wenn die Sonnendepression zirka 18° erreicht und für uns der Begriff der völligen Nacht vorhanden ist. Wer in eine klare und mondlose Nacht hinaustritt, der wird im allgemeinen erkennen, daß der Himmel am Horizonte am hellsten ist und daß die Farbe gegen den Zenit tiefer wird. Diese Beobachtung machen wir übrigens auch am Taghimmel. Ihre Ursache wird zunächst abhängig sein von der Tiefe unserer Blickrichtung durch die mehr horizontal oder vertikal gelagerten Atmosphärenschichten. Der Zenithimmel hat den kürzesten Luftweg, und darum wird dort theoretisch die Himmelsfarbe auch am tiefsten sein. Schon über der Troposphäre wird der Himmel in störungsfreien Zeiten sammetschwarz. Wenn wir Nacht haben, so stehen wir im Schattenkegel der Erde und werden von keinen direkten Sonnenstrahlen mehr erreicht. Der Himmel müßte somit schwarz erscheinen, wenn er durch fremde Lichtquellen nicht in eine Dämmerung versetzt würde, die demselben im Gegensatze zum theoretisch schwarzen Nachthimmel die nachtblaue Farbe gibt.

Ueber die Ursache der blauen Himmelsfarbe sind schon verschiedene Theorien aufgestellt worden. Heute sucht man die Erklärung

wohl meistens darin, daß die Luft als ein trübes Medium angesehen wird, indem man die Blaufärbung als Beugungserscheinung an den Luftmolekülen ableitet. Dieser Annahme aber scheint darin eine Schwierigkeit zu erwachsen, weil nach oben die Himmelsfarbe rasch bedeutend tiefer wird. Schon in 2000 bis 3000 m über Meer ist die Farbe der reinen Atmosphäre speziell im Gegenpunkte der Sonne und gegen den Zenit tiefblau mit einer Beimischung von violett. In noch größeren Höhen wird die Farbe noch dunkler, und unsere höchsten Ballonfahrer hatten bereits den Eindruck einer sammetschwarzen Farbe. Was sind aber diese kaum 10 km Höhe, die der Mensch erreicht hat, gegenüber der wahren Höhe des Atmosphärenmantels mit voraussichtlich mehr als 1000 km? Tatsächlich ist ja auf 9—10 km Erdabstand der größte Teil der Luftmasse noch über uns, nicht unter uns, und dennoch hat der Himmel die blaue Farbe schon fast ganz verloren. Diese Ueberlegung hat mich noch nie ganz beruhigt. In unseren Breiten haben wir in einer Höhe von zirka 10 km den größten Teil der Troposphäre überschritten, und die Frage drängt sich unwillkürlich auf, ob nicht der Wasserdampf der Atmosphäre der Träger der blauen Himmelsfarbe sei. Diese schon früher von Clausius vertretene Ansicht, der allerdings Wasserdampfbläschen, nicht Wasserdampfkügelchen zu Grunde legte, wurde später wieder verlassen. Die Annahme könnte aber schon darin eine gewisse Stütze finden, weil in unseren Breiten im allgemeinen die Temperaturverhältnisse der tiefsten Luftschichten bestimmend sind für den Sättigungsgrad der himmelblauen Farbe: bei kalten Ost- und Nordwindströmungen hellblauer und bei warmen Südwindströmungen tiefblauer Himmel. Es scheint so, daß hier nicht der absolute Wasserdampfgehalt der Luft, sondern in erster Linie die Größe der Wasserdampfkügelchen den Ausschlag gebe. Ueber all diese Fragen ist heute sicherlich das letzte Wort noch nicht gesprochen. Die Beobachtungen deuten darauf hin, daß im mittleren Zonengürtel der Erde der Himmel im allgemeinen heller ist als im Tropengürtel und wiederum in den polaren Gebieten. Die dunkle Himmelsfarbe der Tropen ist bekannt. Weniger denkt man daran, daß auch in den Regionen des ewigen Eises sich Aehnliches wiederholt. So schreibt Nansen vom 6. Februar 1896 unter 80° nördlicher Breite: „Ruhiges, kaltes Wetter. Im Süden über dem Horizonte ein starker Sonnenschimmer, darüber gelb, grün, hellblau, der ganze übrige Himmel tief ultramarinfarbig. Als ich ihn betrachtete, suchte ich mich zu erinnern, ob der italienische Himmel jemals blauer gewesen sei, ich glaube es

nicht". Auch Kent Kane spricht vom „reinsten und tiefsten Blau des Himmels" und von einer Wärme der Farbentöne, wie man dies in den gemäßigten Zonen nicht findet. „Die Sterne schimmern in ungewohntem Glanze." Es würde nicht schwer halten, auch hinsichtlich der allgemeinen Fernsicht und der verhältnismäßig großen Schmelzkraft der Sonne eine ganze Sammlung von Zitaten auch von andern Polarfahrern zu vereinigen. Um die Erscheinungen der Polarzonen zu erklären, muss man berücksichtigen, daß dort infolge der tiefen Temperatur der Wasserdampfgehalt der Luft ein geringerer ist, und daß durch die Abplattung der Atmosphäre die Höhe der Troposphäre weit hinter den Tropen steht. In den Tropen ist der Wasserdampfgehalt allerdings viel größer; dagegen sind die Wasserdampfkügelchen wegen der hohen Temperatur viel kleiner, was einigermaßen unserem wassergesättigten und doch tiefblauen Föhnhimmel entspricht.

Ueber die allgemeine Nachtdämmerung haben Abbot, W. J. Humphreys, Newcomb und Yntema genauere Untersuchungen gemacht. Sie stellten fest, daß selbst am Mitternachtshimmel nach Abzug des Sternenlichtes immer noch ein Rest Licht zurückbleibe, dessen Herkunft man nicht kennt. Dieses Licht nannte man nicht ganz zutreffend „Erdlicht". Viel besser wäre die Bezeichnung „Allgemeine Nachtdämmerung", weil sich dieses Licht nicht durch die Erde bildet, sondern als indirektes Sonnenlicht anzusprechen ist, auf was der Verfasser schon im Jahre 1914 hingewiesen hat.[1]) Zur Erklärung dieses Lichtes dachte man anfänglich an das beständige Bombardement der Meteore in unsere irdische Atmosphärenhülle. Auch eine konstante Nordlichterscheinung wurde in Erwägung gezogen. Gegen diese Möglichkeit spricht aber das sehr konstante Dämmerungslicht am Nachthimmel, das mit irgend welchen elektrischen Pulsationen nichts gemein hat und mit borealen Erscheinungen keinen Zusammenhang verrät. Auch die Annahme, daß die Atmosphäre durch eindringende Meteore oder Sternschnuppen aufgehellt werden könnte, befriedigt nicht, da das Licht mit den Sternschnuppen- und Meteorschwärmen in keinem nachweisbaren Kontakte steht.

Trennen wir uns aber vollständig von der veralteten Vorstellung einer zirka 200 km hohen Atmosphärenhülle, und geben wir der irdischen Luftschicht um die Erde die Höhe von einigen tausend Kilo-

[1]) F. Schmid. Neue Beobachtungen über die Natur des Zodiakallichts. Preisgekrönt von der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Siehe Verhandlungen 1914, I. Teil, S. 90—99.

metern, so erklärt sich das rätselhafte Erdlicht auf die einfachste Weise. Fig. 1 führt über alle Schwierigkeiten hinweg. Mit Ausnahme des Schattenkegels der Erde ist über die Taghälfte der Erde hinaus der größte Teil unseres irdischen Luftmantels im direkten Sonnenlichte. Diese sonnenbeleuchteten Atmosphärenschichten, auch wenn sie selbst unter dem Horizonte sind, tangieren den Schattenkegelfuß der Erde, so weit die Atmosphäre reicht, von allen Seiten. Die Quelle dieses rätselhaften „Erdlichtes" ist daher indirekt eingestrahltes und diffus zerstreutes Sonnenlicht. Eine starke Stütze zu dieser von mir schon im Jahre 1914 ausgesprochenen Annahme brachten vor einigen Jahren die spektroskopischen Untersuchungen von Jean Dufay.[1]) Auf Grund derselben kam er zum Schlusse, daß das im Nachthimmel enthaltene Licht zur Hauptsache Sonnenlicht sei. Er fand die Linien G H K L des Sonnenspektrums. Neue mehrnächtige Aufnahmen in Montpellier mit einem besonders lichtstarken Quarz-Spektrographen ergaben wieder ein kontinuierliches Sonnenspektrum, in dem sogar 16 Absorptionslinien mit genügender Genauigkeit ausgemessen werden konnten.[2]) Eine Uebereinstimmung zeigt auch das Zodiakallichtspektrum, in dem schon früher E. A. Fath die Linien G H K des Sonnenspektrums festgestellt hatte.[3]) Neben dem Sonnenlicht zeigt sich ein kleiner Teil Sternenlicht, dessen Menge Newcomb etwa 0,02 pro Quadratgrad in Einheiten des Lichtes eines Sternes erster Größe angibt.[4]) Als dritte Lichtquelle kennen wir im Nachthimmel eine gewisse Menge grünes Licht, das mit der Nordlichtlinie und seiner Wellenlänge 5577, 3 A, identisch ist. Nach älteren und neueren Untersuchungen tritt dieselbe im Zodiakallichte nicht stärker auf als in den übrigen Teilen des Himmels, was den Schluß zuläßt, daß diese beiden Lichtquellen hinsichtlich ihrer Natur nicht zusammengehören.

Wenn wir unsere Erde in nicht zu großer Entfernung, z. B. vom Monde aus, betrachten könnten, so müßte erstere mit einem prachtvoll leuchtenden Koronakranz erscheinen, der voraussichtlich in der Verlängerung der Erdbahnebene anschwellen würde. Die Ursache dieser Erdkorona wäre die sonnenbeleuchtete Erdatmosphäre, die beim total verfinsterten Monde wohl auch die Trägerin des kupferroten Lichtes

---

[1]) Jean Dufay. Le spectre du ciel nocturne. L'Astronomie. Sept. 1923, pag. 384—386.

[2]) Richard Ruedy. Das Licht des Nachthimmels und die grüne Linie 5577, 3 A. Naturwissenschaften, Heft 19, 1930.

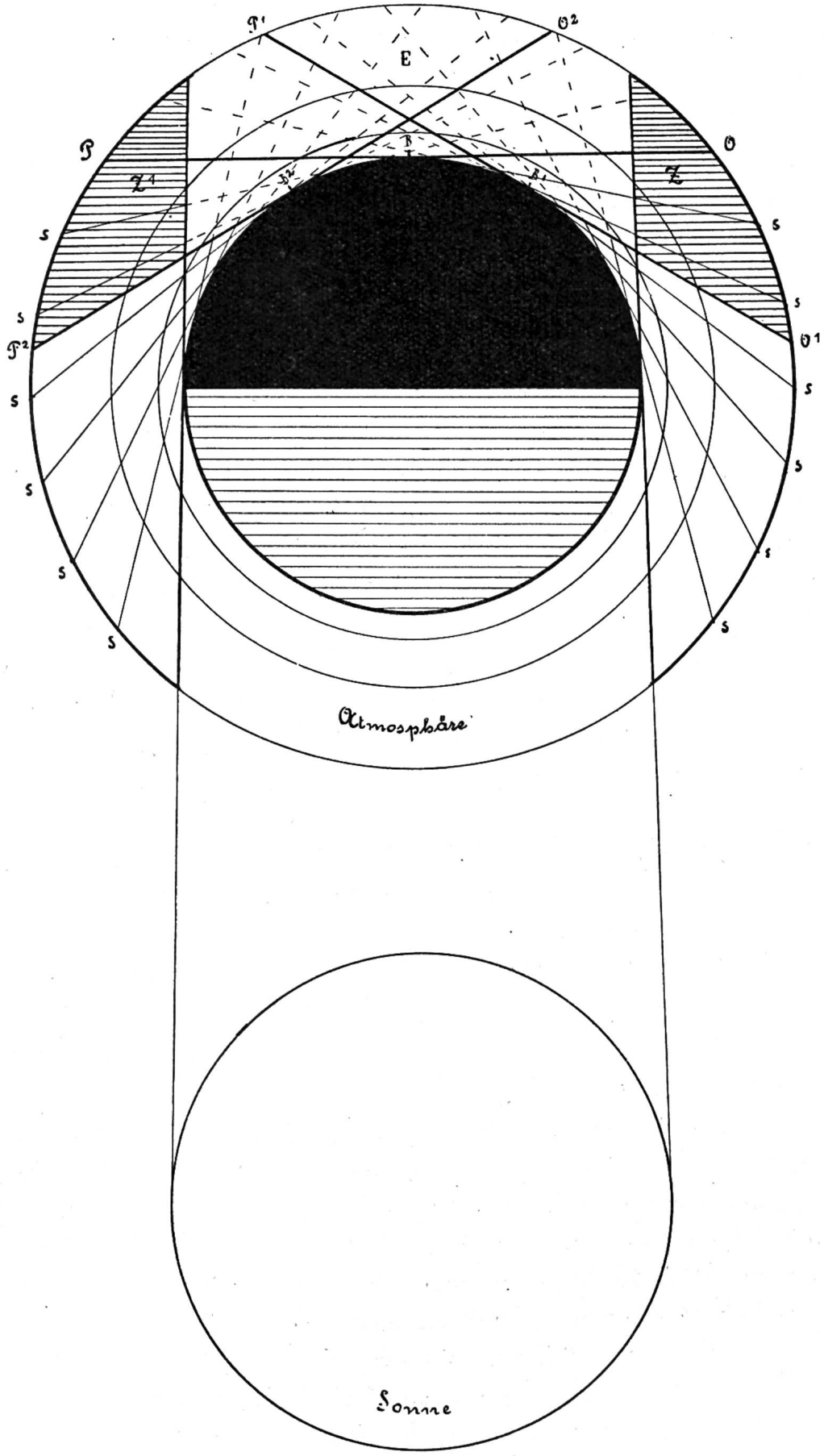
[3]) E. A. Fath. Bulletin of the Lick Observatory, Nr. 165.

[4]) Pernter-Exner. Meteorologische Optik, II. Auflage, S. 838, 1922.

ist. Diese konstante Lichtquelle tangiert auf der Erde auch noch den Mitternachtshimmel so gründlich, daß derselbe selbst ohne Sternenlicht in eine diffuse Dämmerung geraten muß. Die Lichtquelle kommt für den Beobachter bei B (Fig. 1) unter dem Horizonte herauf. In horizontaler Richtung liegen für den Beobachter auch die tiefsten und reflexionsfähigsten Atmosphärenschichten. Mit zunehmender Höhe wird die Reflexionsfähigkeit der Schattenkegelluft infolge des kürzeren Luftweges in der Sehrichtung und der gleichzeitig wachsenden Lichtabsorption der indirekten Strahlen progressiv abgeschwächt. Es erklärt sich daraus in zwangloser Weise, daß über dem Horizonte das Maximum und bei tiefstem Sonnenstande im Zenit das Minimum der Nachtdämmerung liegen muß. In unseren Breiten kann nun allerdings das theoretische Minimum nie im Zenite liegen, weil die Sonne nie im Nadir des Beobachters steht. Das theoretische Minimum müßte sich bei einer kugelförmigen Atmosphäre stets genau im Gegenpunkt der Sonne befinden. Ist aber die Lufthülle der Erde erheblich abgeplattet, so entstehen am Nachtdämmerungshimmel gewisse Asymmetrien, die mit der Höhe der Atmosphäre im Zusammenhange stehen. Unsere Fig. 1 veranschaulicht die Erde mit dem abgeplatteten Luftmantel von der Polseite aus. Es ist daraus ersichtlich, daß der Beobachter bei B sogar noch im Osten und Westen über seiner Horizontebene den oberen Teil eines direkt von der Sonne beleuchteten Linsensegmentes sieht. Nach jener Richtung muß daher die Nachtdämmerung besonders intensiv sein und als eine pyramidenförmige Dämmerungserscheinung über den Horizont hinaus ragen, was wir Zodiakallicht nennen. Bewegt sich nun durch die Erdachsendrehung die Horizontebene mit dem Beobachter nach B^2, so ändern sich damit im Osten und Westen die Reflexionsverhältnisse. Die vormals noch unbestimmte Horizonthelle bei Z^1 ist für den Beobachter „aufgegangen"; tiefere und reflexionsfähigere Schichten der Atmosphäre kommen dort zur optischen Wirkung und erscheinen als typische Dämmerungspyramide. Auf der entgegengesetzten Seite ist die Horizonthelle Z nun „untergegangen". Hier wirkt nur noch das indirekte Dämmerungslicht. Durch die abgeplattete Erdatmosphäre ist aber diese indirekte Dämmerung durch die größere Tiefe der Luftschicht immer noch intensiver als gegen die atmosphärischen Pole. Die Erdkorona und das indirekte Licht derselben wachsen, je höher die Atmospäre ist. Wenn dieselbe abgeplattet ist, so liegt das Maximum in der Ebene des atmosphärischen Aequators, das Minimum aber in der Richtung der atmosphärischen Pole.

V. Die Beziehungen der Nachtdämmerung zum Zodiakallicht, zum Gegenschein und zur Lichtbrücke.

Unsere theoretischen Folgerungen lassen sich nun mit allen Beobachtungsergebnissen vollständig zwanglos vereinigen. Bei der genauen Ueberprüfung der nächtlichen Himmelsfarbe nach den verschiedenen Himmelsrichtungen ergibt sich zunächst die allgemeine Tatsache, daß die Himmelshälfte über dem Sonnenorte heller erscheint als auf der Gegenseite. Am Vormitternachtshimmel ist daher die Himmelshälfte im Nordwesten heller als im Südosten. Das Verhältnis ändert sich mit der Lage des Sonnenazimuts. Das Dämmerungsmaximum bewegt sich im Sommer bei tiefer Ekliptiklage um Mitternacht über Norden, das Minimum über Süden, und am Nachmitternachtshimmel oder am frühen Morgen vor Dämmerungsanbruch ist der Osthimmel heller und der Westhimmel dunkler. Groß ist zwar der Unterschied nicht. Aber ein geübtes Auge wird denselben doch überzeugend erkennen. Neben dieser allgemeinen Nachtdämmerung konstatieren wir nun aber im Winterhalbjahre bei steiler Ekliptiklage im Osten und Westen eine mehr oder weniger deutlich begrenzte Fläche mit besonderer Intensität, die sich im Tropengürtel als nahezu oder völlig senkrechte, in unseren Zonen als schwach leuchtende, schiefe Pyramide erkennen läßt. Wir haben in Fig. 1 die Entstehung einer westlichen und östlichen Lichtpyramide Z, Z^1, die wir Zodiakallicht nennen (Horizontebenen B^1 und B^2), bereits berührt. In den Tropen, d. h. in der Ebene des atmosphärischen Aequators, muß diese Pyramide symmetrisch erscheinen; die größte Leuchtkraft liegt in der Mitte und die Intensität ist über dem Horizonte am größten, was mit der Dichte und Tiefe der beleuchteten Atmosphäre in Verbindung steht. In höheren Breiten kommt, je mehr wir uns vom Tropengürtel entfernen, die teilweise Seitenansicht der Pyramide zur Geltung. Fig. 1 stellt die vollständige Seitenansicht dar, gesehen von einem fingierten Punkte in der Verlängerung der Erdachse. Mit der Entfernung von der Tropenzone ändert sich die symmetrische Lichtverteilung in der Pyramide. Das in der Mitte liegende Maximum rückt auf der nördlichen Halbkugel perspektivisch gegen Süden, je weiter wir uns vom Tropengürtel entfernen. Eine vollständige Seitenansicht nach Fig. 1 würde das Maximum schließlich bei der Erdschattengrenze vereinigen. Diese theoretische Folgerung entspricht nun genau den tatsächlichen Verhältnissen. In unserem mittleren Zonengürtel ist das Lichtmaximum bereits in das erste südliche Drittel der Pyramide verschoben; je mehr wir



Das Erdlicht mit Zodiakallicht.

Fig. 1. **Atmosphäre von der Polseite.** *S* Strahlengang der Erdkorona in den Schattenkegel. *B* Beobachter mit Erdlicht *E* am Mitternachtshimmel. Das Zodiakallicht *Z* wirkt in dieser Tiefe nur als zarte Helle. $O^1 P^1$ und $O^2 P^2$ Horizontebenen für Beobachter B^1 und B^2. Einseitig wirkende Erdkorona mit Zodiakallicht *Z*.

uns den Polen nähern, umso stärker kommen diese Asymmetrien zur Geltung.

Wer diese Dämmerungspyramide nicht selbst gesehen und richtig erfaßt hat, der stellt sich dieselbe gewöhnlich viel zu klein vor. In unseren Breiten erreicht sie über dem Horizonte Basisbreiten von 40 bis 80°. Zur Zeit des Ueberganges zum sommerlichen Nachtschein steigert sich dieselbe bis auf 100°. Die Länge der Pyramide ist sehr verschieden. Sie kann ein Drittel des sichtbaren Tierkreises übersteigen oder in die Lichtbrücke übergehen, die sich alsdann in der Regel bis zum Gegenschein verlängert. Immerhin zeigt der Pyramidenscheitel im Laufe des Jahres doch einen gewissen Dämmerungsabschluß. Seine Lage ist im Jahre hinsichtlich Pyramidenlänge an eine allgemeine Regel gebunden, auch wenn die Ausbreitung und Länge der Pyramide vom Grade der Nachtdunkelheit stark beeinflußt wird. Das Zodiakallicht selbst ist nach Fig. 1 bis zum Pyramidenscheitel direktes Dämmerungslicht. Gegenschein und Lichtbrücke dagegen sind indirekte Dämmerungserscheinungen, wie wir das noch genauer begründen werden. Darum reicht ihre Intensität auch nie an die nächtliche Hauptdämmerung, sei diese das Zodiakallicht oder der sommerliche Nachtschein.

Die Farbe der Pyramide zeigt ein völlig verwaschenes, weißes, weißgelbliches oder auch rötliches Licht, und die größte Intensität liegt bei uns nicht in der Mitte, sondern von Süden aus gerechnet etwa im ersten Drittel der Pyramidenbasis. Von da an verläuft das Maximum, nach oben und gegen die beiden Seiten abklingend, zum Scheitel der Pyramide. Wir nennen diesen hellsten Teil die Lichtachse. Der aufmerksame Beobachter wird auch erkennen, daß die Intensität südlich der Lichtachse im allgemeinen größer ist als nördlich derselben, und daß auch die südliche Pyramidenseite markanter abgegrenzt erscheint als diejenige auf der Nordseite. Die Lichtachsenbasis leuchtet zuweilen in auffallend rötlichem Lichte, und von diesem Farbenstiche ist in einzelnen Fällen die ganze Pyramide überflutet. Nach meinen Beobachtungen ist dieser Farbenwechsel abhängig von der Klarheit der unteren Atmosphärenschichten; eine Rolle spielt aber auch die individuelle Farbenschätzung des betreffenden Beobachters. Die Grundfarbe ist ein weißes oder weißlich-gelbliches Licht (einzelne Beobachter schätzen sie auch silbergrau), und so erscheint die Pyramide namentlich in klaren Föhnnächten, wenn der Himmel eine besonders tiefblaue Farbe hat. Bei Ostwindregime ist der Himmel

immer heller und weniger durchsichtig, eine Eigenschaft, die voraussichtlich mit der Größe der Wasserdampfkügelchen im Zusammenhange steht. In solchen Perioden erscheint in der Regel schon das Purpurlicht in verstärktem Grade, und diese Eigenschaft teilt sich auch dem Zodiakallichte mit. Als allgemeine Regel kann indessen auch gelten, daß die Ostpyramide weniger intensiv und seltener gerötet erscheint als die Westpyramide, eine Wahrnehmung, die mit den atmosphärischen Wechselbeziehungen der unteren Luftschichten am Morgen und Abend im Zusammenhange stehen dürfte.

Hinsichtlich des Intensitätsabfalles und -Anstieges in ein und derselben Nacht zeigt sich eine gewisse Progression, indem die vormitternächtliche Westpyramide in der ersten und zweiten Stunde nach Dämmerungsschluß in ihrer Intensität rascher abnimmt als in den späteren Nachtstunden. Umgekehrt verrät die nachmitternächtliche Ostpyramide in der letzten Beobachtungsstunde und besonders kurz vor Dämmerungsanbruch eine besonders starke Lichtanschwellung, die sich namentlich in den unteren Teilen der Lichtachse sehr fühlbar macht. Fig. 1 erklärt diese Beobachtung sofort. Die Horizontebene OP entspricht der Mitternacht, $O^1 P^1$ 22 h und $O^2 P^2$ 2 h. Die Mitternachtsebene tangiert hier gleichmäßig im Osten und Westen die Zodiakallichtspitzen, wie wir das in unseren Breiten im Dezember und Januar beobachten können. Die gegen den Horizont zu progressiv verstärkte Lichtabsorption verkürzt den theoretischen Auf- und Untergang der Pyramide erheblich. Die letzten und ersten Reste der auf- und untergehenden Pyramiden sind so schwache Lichteffekte, daß sie nur ein geübtes Auge sieht, und der Uebergang zum Gegenschein, auf den wir zu sprechen kommen, kann nicht scharf bestimmt werden. Je mehr sich nun die Horizontebene zur Grenze der astronomischen Dämmerung neigt, umso tiefere und reflexionsfähigere Luftschichten werden vom Sonnenlichte tangiert, was mit der vermehrten Intensität und der Progression der Dämmerung im direkten Zusammenhange steht.

Neben dem Zodiakallichte zeigt sich auf der Gegenseite fast immer eine in Gestalt ähnliche, jedoch viel schwächere Lichterscheinung. Wir nennen sie den Gegenschein. Während das Zodiakallicht gegen Ende des 16. Jahrhunderts wohl zuerst von Tycho Brahe[1]) erwähnt wurde, hat P. Pezenas[2]) erst im Jahre 1730 auf den Gegenschein

[1]) H. J. Klein. Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung. 1901, Seite 71.

[2]) Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, T. VIII, 1730, p. 276.

hingewiesen. Nochmals mußte mehr als ein Jahrhundert vergehen, bis Brorsen im Jahre 1854 die äußerst zarte Verbindung zwischen Zodiakallicht und Gegenschein beobachtete, die er Lichtbrücke nannte. Wie das Zodiakallicht, so bedeckt auch der Gegenschein eine bedeutende Himmelsfläche, indem die horizontale Ausdehnung 40 bis 60° erreichen kann und auch vertikale Ausmaße der Ekliptik entlang zeitweise in diesen Grenzen schwanken oder in die Lichtbrücke verlaufen. In der Abschätzung der Größe wird indessen für den einzelnen Beobachter ein ziemlich großer Spielraum offen bleiben, der seine Ursache in der Lichtschwäche, den unbestimmten Grenzen und in der individuellen Lichtempfindlichkeit des Sehorgans haben wird. Auch für das geübte Auge ist es zuweilen äußerst schwierig, die Grenzen und die genauere Form annähernd festzustellen, indem die zarte Aufhellung der ausgedehnten Himmelsfläche sehr unbestimmt in das allgemeine Nachtblau verläuft. Die Farbe des Lichtes ist weiß oder mit einem schwachen Schimmer von Gelb beigemischt und äußert sich gewöhnlich in einer zarten, helleren Abtönung der allgemeinen Himmelsfarbe, die oft übersehen wird.

Die Erklärung des Gegenscheines ist entschieden vielseitiger als diejenige des Zodiakallichtes, da verschiedene Entstehungsmöglichkeiten vorhanden sind. Aus meinen langjährigen Untersuchungen geht hervor, daß wir einen selbständigen Gegenschein, einen reflektiven Gegenschein und einen Mondgegenschein (Mondzodiakallicht) zu unterscheiden haben, die zuweilen einander teilweise oder ganz überlagern.

Zur Erklärung des selbständigen Gegenscheines gibt uns wiederum Fig. 1 klaren Aufschluß. Für den Beobachter bei B^1 und B^2 muß notwendig in der Gegend von E ein Dämmerungsmaximum liegen, das durch vermehrt eingestrahltes indirektes Sonnenlicht in der Ebene des atmosphärischen Aequators zustande kommt, und das durch die tieferen und dichteren Atmosphärenschichten verstärkt wird. Für den geübten Beobachter ist dieser Gegenschein als äußerst zarte Aufhellung des westlichen oder östlichen Nachthimmels sozusagen immer vorhanden. Er ist in den Vormitternachtsstunden der Vorbote des nachfolgenden Ostzodiakallichtes, und in den Nachmitternachtsstunden schließt er sich an das untergangene Westzodiakallicht an.

Der reflektive Gegenschein ist eine Reflexerscheinung des eigentlichen Zodiakallichtes. Schon Humboldt kam zum Schlusse, daß das Zodiakallicht auf der Gegenseite eine reflektive Erscheinung zustande bringe, während Brorsen den Gegenschein als eine mit dem Zodiakal-

licht in Verbindung stehende, jedoch selbständige Lichterscheinung auffaßte. Die Untersuchungen haben ergeben, daß beide Forscher recht haben. Zur Erklärung des reflektiven Gegenscheins verweise ich auf den gesetzmäßigen Gang der Gegendämmerung, die mit Ausnahme des Erdschattens als eine Reflexwirkung der Hauptdämmerung aufzufassen ist. Die Intensität der ersteren ist oft geradezu überraschend. Der Raum gestattet es hier nicht, genauer auf sie einzugehen. In abklingenden Pulsationen beginnt sie nach Sonnenuntergang in der Regel zweimal, in selteneren Fällen dreimal vom Osthorizonte aus, indem sie höher steigt und als Reflexerscheinung des ersten, zweiten und dritten Purpurlichtes aufzufassen ist. Genau diesem Gesetze entspricht nach Eintritt der Nacht die Gegendämmerung des letzten und höchsten Dämmerungsbogens, den wir Zodiakallicht nennen. Anfänglich auf dem Horizonte sitzend, in schwer definierbaren Grenzen von zodiakallichtähnlicher Gestalt, erhebt sie sich am Osthimmel mit dem gleichzeitig versinkenden Westzodiakallicht. Die letzten Reste bilden eine zarte, unbestimmte Helle von rundlicher oder ovaler Form, die ungefähr im Gegenpunkte der Sonne liegt und daher völlig in den Erdschatten projiziert ist. Offenbar sind es die tiefsten und intensivsten Teile der Lichtachsenbasis des Zodiakallichtes, deren Strahlen über die Erde hinweg die Gegenseite am Osthimmel entsprechend hoch tangieren, wenn für den Beobachter der leuchtende Zodiakallichtfuß schon längst untergegangen ist. In ähnlicher Weise, auf demselben Gesetze der Gegendämmerung beruhend, sehen wir in den Sommermonaten auf der Gegenseite des Nachtdämmerungssegments, auf das wir noch zurückkommen, den Himmel oft in weiter Fläche merklich aufgehellt, als Gegendämmerung des sommerlichen Nachtscheines.

Als die dritte Art eines Gegenscheines nennen wir den sogenannten Mondgegenschein oder das Mondzodiakallicht, auf das schon Jones im Jahre 1853 bis 1855 auf seiner Japanreise aufmerksam geworden ist.[1]) Das Mondzodiakallicht kann vor Beginn oder nach Schluß der allgemeinen Monddämmerung im Osten wie im Westen beobachtet werden, wenn die Ekliptik steiler aus der Horizontebene emporsteigt. Seine Intensität ist natürlich von der Größe der Mondphase abhängig und variert nach meinen Beobachtungen von der zweifelhaften Beimischung von reflektiertem Mondlicht bis zum überzeugend ausgebildeten Mondzodiakallicht.

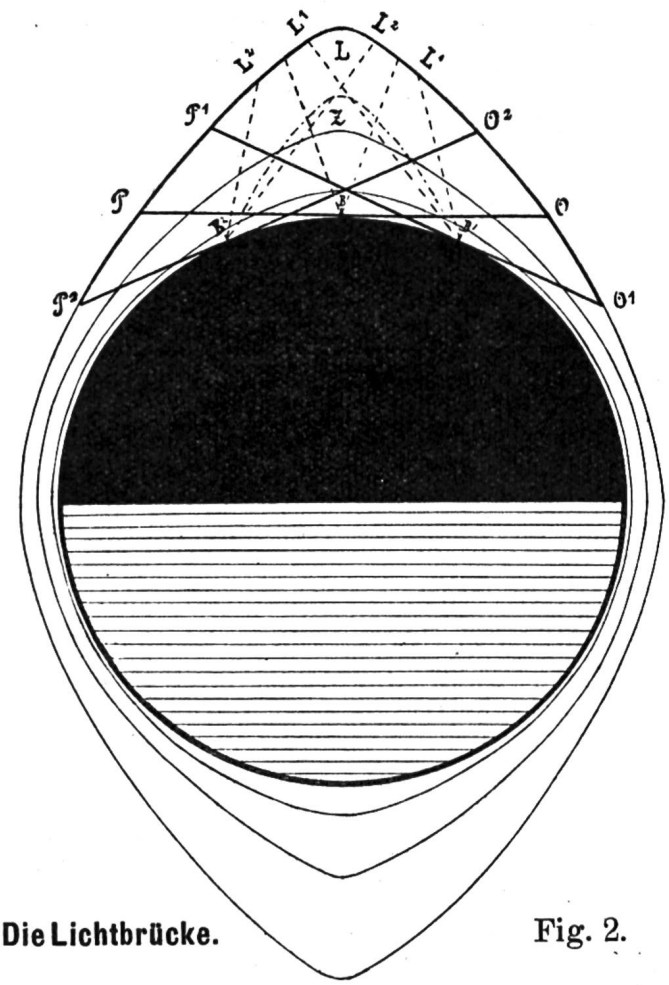
[1]) Gg. Jones, United States Japan Expedition. Observations on the Zodiacal-Light from April 2. 1853 to April 22. 1855. Washington 1856.

Es wurden von astronomischer Seite schon Zweifel erhoben, ob das relativ schwache Mondlicht, dessen Intensität 500,000 mal schwächer als das Sonnenlicht sein soll, noch imstande sei, in höheren Atmosphärenschichten einen optisch nachweisbaren Dämmerungseffekt hervorzubringen. Daraufhin ist zu antworten, daß die Optik des Nachthimmels ganz anders ist als diejenige des lichterfüllten Taghimmels. Das direkte, diffus zerstreute Sonnenlicht des Taghimmels verhindert bekanntlich die Sichtbarkeit aller Sterne. Nur in ganz seltenen Fällen ist es möglich, hei hohem Sonnenstande Venus mit freiem Auge zu sehen. Im astronomischen Fernrohr erreichen wir allerdings auch am Tage größere Fixsterne mühelos. Der Nachthimmel steigert aber unser Sehvermögen bis zu den Sternen 5. und 6. Größe, und im Fernrohr mehrt sich das Heer der Sterne, je nach der Lichtstärke des Instruments bis zur 15. Größe und noch darüber. Unser Auge erreicht sogar Tausende oder Millionen von Lichtjahren entfernte, unendlich weit von unserem eigenen Milchstraßensystem gelegene, neue Fixsternsysteme, die auch im Fernrohr oft zu kleinen Nebelflecken zusammenschrumpfen. Wie außerordentlich stark die Lichtempfindlichkeit der Augen und die relative Helligkeit am Nachthimmel gesteigert werden, geht aus der bekannten Tatsache hervor, daß der Mond so deutliche Halos bilden kann wie die Sonne am Tag, ja, daß selbst das Licht der größeren Sterne genügt, Lichthöfe zu erzeugen, die wir mit freiem Auge gut erkennen. Das sollte man nicht für möglich halten, wenn man bedenkt, daß photometrisch das Licht großer Fixsterne wiederum zirka 50,000 mal schwächer ist als das des Mondes. Heute wissen wir auch, daß eine Anzahl kosmischer Nebel das Spektrum ihrer nächsten Fixsterne zeigen, so daß der Schluß gezogen werden muß, daß die relativ dünne Nebelmaterie nicht selbständig leuchtet, und doch gelangt das reflektierte Licht derselben bis in unser Auge. Aus allen diesen Beispielen ist der Beweis erbracht, daß am Nachthimmel außerordentlich zarte Lichtreflexe optisch wirksam werden.

Der Nachthimmel kann als das Dunkelfeld des Makrokosmos bezeichnet werden, und daraus erklärt es sich, daß auf der Erde vom Monde beleuchtete hohe Atmosphärenschichten schon lange vorher optisch wirksam werden, bevor die von den untersten Luftschichten erzeugte allgemeine Monddämmerung eintritt. Der Depressionswinkel des Mondes, bei dem die Monddämmerung anbricht oder erlischt, dürfte, je nach dem Phasenwinkel des Mondes, 1 bis 6° betragen. Bei der Sonne dagegen wird die Grenze der astronomischen Dämme-

rung auf 16 bis 18° angenommen, was theoretisch für die direkt von der Sonne bestrahlten Atmosphärenschichten einer Höhe von 60 bis 80 km entsprechen würde. Diese Annahmen sind aber sehr illusorisch. Aus meinen Beobachtungen geht hervor, daß beim ersten Aufglimmen des östlichen Dämmerungsbogens Luftschichten bis auf 200 km zur optischen Wirkung kommen und daß die Höhe der wirksam reflektierenden Luftschichten beim sommerlichen Nachtscheine sogar bis auf das doppelte und dreifache, d. h. bis auf 600 km und noch darüber reichen dürfte. Das Mondlicht dagegen kann bei schmaler Mondsichel die Erdatmosphäre bis auf eine Höhe von 8 km und noch darunter tangieren, bis die Monddämmerung spürbar wird. Eine genaue Berechnung der Dämmerungshöhen ist zwar sehr schwierig, da wir neben schwankenden Refraktionsgrößen die Lichtabsorption auf so schwache Dämmerungseffekte, namentlich in Horizontnähe, kaum richtig einschätzen können. Anderseits wird auch der Wert der Lichtzerstreuung schwer zu bestimmen sein. Aus unseren Ergebnissen geht aber doch klar hervor, daß der unter dem Horizonte stehende Mond über uns am Nachthimmel den größten Teil der Atmosphärenschichten tangieren kann, bevor die allgemeine Monddämmerung anbricht. Der Beobachter sieht aber den Kern der ganzen mondbeleuchteten Atmosphäre als eine zarte Aufhellung des Nachthimmels schon lange, bevor die allgemeine Monddämmerung anbricht, und das ist der Mondgegenschein oder das Mondzodiakallicht. Je nach der Monddepression, der Mondphase und den atmosphärischen Verhältnissen bleibt natürlich für die Intensität und Ausdehnung des Mondzodiakallichtes ein sehr weiter Spielraum offen. In einzelnen Fällen, bei ziemlich fortgeschrittener Mondphase und kurz vor der Monddämmerung, erschien es so eindrucksvoll wie das gegenüberstehende versinkende Westzodiakallicht. Figur 3 und 4 zeigen uns ein östliches und ein westliches Mondzodiakallicht in ausgesprochener Prägnanz. Die Tatsache aber, daß der Mond einen zodiakallichtähnlichen Schein hervorbringen kann, spricht wohl einzig für den tellurischen Ursprung in der Atmosphäre; denn ein Mondzodiakallicht kann nur dann entstehen, wenn die reflektierende Masse bei der Erde liegt. Jahrzehntelang habe ich dasselbe erblickt, ohne zu wissen, daß schon Jones es gesehen hatte, bis mir schließlich sein umfangreiches Werk in die Hände kam.

Wer systematisch an einem günstigen Beobachtungsorte jahrzehntelang den ganzen Verlauf der Nachtdämmerung ernstlich verfolgt hat, dem sollte es nicht entgehen, daß auch in unsern Breiten



Die Lichtbrücke. Fig. 2.

Atmosphäre von der Aequatorseite. *O P* Horizontebene für Beobachter bei *B*. *L* Lichtbrücke. Für den Beobachter bei *B* ist in der Ebene des atmosphärischen Aequators die Wirkung des Erdlichtes am größten (längste Sehachse; verdichtete Atmosphäre). Dadurch entsteht der Ekliptik entlang eine besonders helle Zone, die Lichtbrücke. $O^1 P^1$ und $O^2 P^2$ Horizontebenen für Beobachter bei B^1 und B^2. *L* Lichtbrücke. Durch die Wirkung der atmosphärischen Absorption werden die entferntesten Teile der Lichtbrücke ausgelöscht und dem Beobachter zugekehrte Teile gelangen zur optischen Wirkung. Dadurch wird die Lichtbrücke auf die Seite des Beobachters verschoben (Trifft auch beim Gegenschein und Zodiakallicht zu). *Z* Zodiakallicht für Horizontebene *O P*.

ungefähr der Ekliptik entlang die Himmelsfarbe fast immer um eine Spur heller abtönt, und dies in beträchtlicher Breite. Es wird der Dunkeladaption unserer Augen und dem Schwellenwert ihres Lichtreizes zukommen, diese Zone, die Zodiakallicht und Gegenschein verbindet, als ein mehr oder weniger breites Band zu erfassen und richtig zu übersehen. In selteneren Fällen, bei möglichst großer Sonnendepression und steiler Ekliptiklage, tritt bei guten atmosphärischen Verhältnissen dieses zarte Lichtband noch deutlicher hervor. Wir haben die sogen. Lichtbrücke vor uns, jenes wie ein Hauch hingeworfene Lichtband, das man gewöhnlich nur den Tropen zuschreibt, und über das seit Brorsens Entdeckung bald ein Jahrhundert lang ein Geheimnis schwebt. Doch auch hier geben unsere grundlegenden Figuren 1 und 2 den nötigen Aufschluß. Ist unsere Erdatmosphäre keine Kugelschale, sondern stärker abgeplattet als die Erde, so hat die Nachtdämmerung vier grundlegende Abstufungen. Wir nannten in erster Linie den allgemein heller erleuchteten Horizontkreis, dann das Zodiakallicht und den Gegenschein, und weiter ist es die Lichtbrücke. Diese erklärt sich am besten nach Fig. 2, welche uns die Erde mit der

Atmosphäre von der Aequatorseite aus darstellt. Nach Fig. 1 haben wir auf der Nachtseite im Osten und Westen noch direkt von der Sonne beleuchtete Atmosphäre (Zodiakallicht). Das in den Erdschattenfuß eingestrahlte indirekte Licht muß für den Beobachter nach Fig. 2, der in B, B^1 oder B^2 steht, in jener Richtung ein Maximum erreichen, wo die Atmosphäre am höchsten ist. Das ist in der Richtung des atmosphärischen Aequators gegen L. Hier muß die Nachtdämmerung in der Verlängerung des Zodiakallichtes und des Gegenscheins einen stärkeren Grad erreichen, was wir Lichtbrücke nennen. Je empfindlicher das Auge für lichtschwache Eindrücke ist, je größer die Sonnendepression und mit ihr die Nachtdunkelheit wird, und je steiler der atmosphärische Aequator vom Horizonte aufsteigt, umso markanter und breiter wird sich dieses Dämmerungsband am dunklen Nachthimmel abheben. Diese Voraussetzungen stimmen genau mit den Beobachtungstatsachen; denn hauptsächlich um Mitternacht, zur Zeit der größten Sonnendepression, kommt die Lichtbrücke zur überzeugenden Wirkung. Ihre Breite wird sehr verschieden taxiert. Einzelne Beobachter schätzen sie nur auf zirka 5°, andere, und zu ihnen gehört auch der Verfasser, haben Maximalbreiten von 20–25° beobachtet. Daß hier der individuellen Auffassungskraft des einzelnen Beobachters ein weiter Spielraum offen bleibt, liegt klar auf der Hand. Wenn die Lichtbrücke im Tropengürtel noch wirkungsvoller hervortritt als in unseren Breiten, so gründet sich diese Beobachtung auf die steilere Ekliptiklage, die größere Sonnendepression und die dadurch bewirkte größere Nachtdunkelheit, die wohl einen Beitrag leisten wird zu dem viel gerühmten Zauber einer tropischen Sternennacht. Die Existenz der Lichtbrücke kann die Frage noch einmal wachrufen, ob in der Ebene des atmosphärischen Aequators nicht doch ein atmosphärischer Ring oder atmosphärischer Wulst vorhanden sei. Gegen die Möglichkeit eines Ringes sprechen, wie früher erwähnt, mathematische Ueberlegungen. Dagegen muß die Frage offen bleiben, ob in der Ebene des atmosphärischen Aequators in sehr hohen Schichten nicht Verdichtungen der Gasmassen vorhanden sein könnten. Auch die Möglichkeit, daß in der atmosphärischen Aequatorebene größere Ansammlungen von atmosphärischem Höhenstaub sich gürtelartig vereinigen könnten, ist nicht ganz von der Hand zu weisen. Indessen haben wir zur Erklärung der Lichtbrücke diese Annahmen gar nicht direkt notwendig. Auch ohne sie muß sich aus den erwähnten Gründen in der Ebene des atmosphärischen Aequators ein Dämmerungsmaximum bilden,

das als mehr oder weniger breite Lichtzone den Schwellenwert des Auges erreicht.

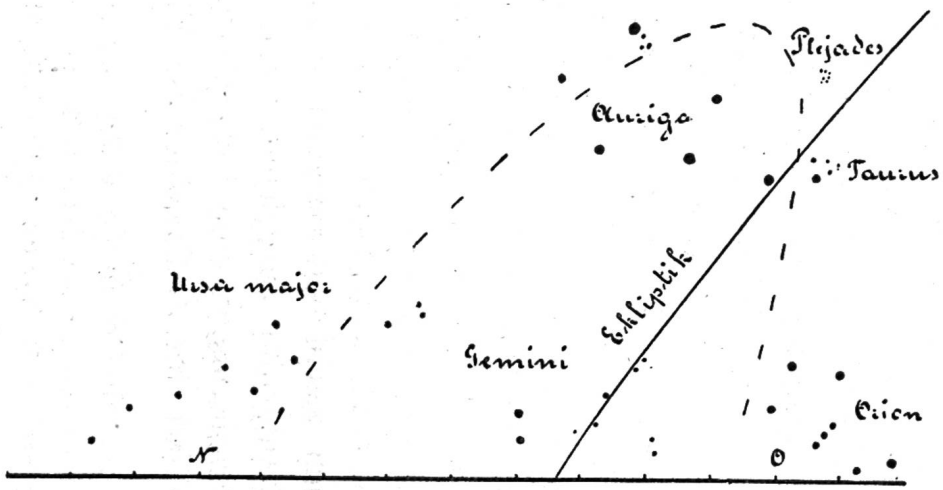
Wir können dieses Kapitel nicht abschließen, ohne noch einige weitere optische und physikalische Ueberlegungen zu streifen. Aus dem ganzen Habitus der Zodiakallichtpyramide könnten wir den Schluß auf eine ziemlich starke Abplattung der reflektierenden Atmosphärenlinse ableiten. Diese Annahme erhält aber sofort eine Mäßigung, wenn wir an die gewaltigen Basisbreiten der Pyramiden denken. Diese Basisbreiten sind nun allerdings in unsern Gegenden durch die Neigung der Pyramiden nur scheinbar. Die wahre Basisbreite müßte bei senkrechter Pyramide die Lichtachse unter einem Winkel von 90° schneiden. Aber selbst dann, wenn wir diese Reduktion vornehmen, erhalten wir noch Breiten von 50° und mehr. Denken wir nun aber an die vom Zenit zum Horizonte progressiv zunehmende Absorptionskraft der Atmosphäre, die nach heutiger Annahme auf mindestens 1 : 40 geschätzt werden darf, so muß die wirkliche Basisbreite bedeutend größer und daher der Abplattungsgrad erheblich geringer sein, als die Pyramiden äußerlich schließen lassen. Diese Ueberlegung deckt sich auch mit der großen Wahrscheinlichkeit, daß die Winkelgeschwindigkeit der rotierenden Atmosphäre nach außen hin abnimmt. Es scheint so, daß die äußersten äquatorialen Luftzonen durch die Attraktionskraft der Sonne, des Mondes und der nächsten Planeten aus ihrer terrestrischen Schwingebene abgelenkt und mehr in die Ebene der Ekliptikt gedrängt werden. Weiter auf dieses geophysikalische Problem einzugehen, verbietet uns der Raum. Doch sei an dieser Stelle noch kurz die heutige Annahme des kosmischen Ursprungs des Zodiakallichtes berührt, ohne daß wir hier auf alle Hypothesen eingehen können.

Nach Seeliger u. a.[1]) besteht um die Sonne eine gewaltige, linsen- oder scheibenförmige Staubwolke, die sich gegen die Sonne zu verdichtet, deren Ausdehnung aber sehr verschieden, bis zur Erdbahn oder bis an die Marsbahn, angenommen wird. Im letzteren Falle wäre unsere Erde also von dieser Staubwolke eingeschlossen. Diese Voraussetzung wird notwendig, um auch den Gegenschein und die Lichtbrücke zu erklären. Die Größe der Massenteilchen dieser Staubwolke wird ebenfalls sehr verschieden angenommen. Sie schwankt von der staubförmigen Struktur bis zum meteoritischen Charakter, sogar

[1]) H. Seeliger. Ueber kosmische Staubmassen und das Zodiakallicht. Sitzungsberichte der math.-phys. Klasse der bayer. Akademie der Wissenschaften. Bd. XXXI, München 1901.

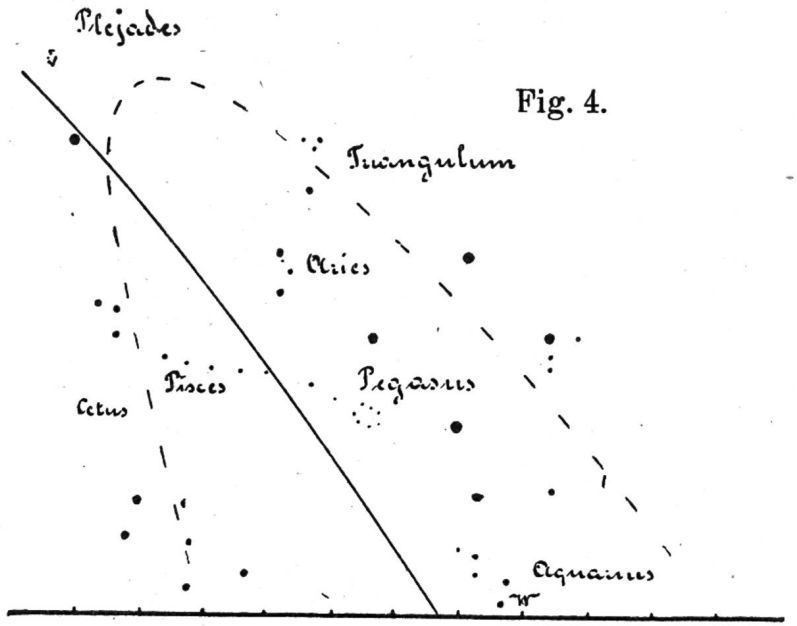
Mond-Zodiakallichter.

Fig. 3.



21. November 1929, 20 Uhr 25 Minuten, Luft 1 (Osten).
Kurz vor Anbruch der Monddämmerung.

Fig. 4.



20. September 1926, 4 Uhr 20 Minuten, Luft 1 (Westen).
Nach Schluß der Monddämmerung.

Die Pyramiden sind monoton und lichtschwach.

bis zur Dimension von Felsblöcken mit einem mittleren Durchmesser von zirka 100 Meter. Auch wenn diese Annahme schon äußerlich etwas Ungewöhnliches an sich hat, so ist doch nicht zu verneinen, daß mit ihr im großen und ganzen eine zodiakallichtähnliche Erscheinung erklärt werden kann. Um auch den Gegenschein und die Lichtbrücke zu begründen, müßte allerdings eine Ausdehnung bis weit über die Erdbahn hinaus angenommen werden. Die kosmische Nebularforschung hat in den letzten Dezennien ein großes Ansehen erreicht. Gewaltige helle und dunkle Nebelmassen, die sich im Universum teils wolkenartig, teils in milchstraßenähnlichen Zügen verteilen, sind photographisch und teleskopisch festgestellt worden, und so ist es nicht zu verwundern, wenn auch die solare Staubwolkentheorie dadurch eine gewisse Stärkung gefunden hat. Wenn wir aber die ganze Natur des Zodiakallichtes an Hand systematischer Beobachtungen genauer untersuchen, so stellen sich der kosmischen Annahme so große Schwierigkeiten entgegen, daß sie einer allseitigen Erklärung nicht standhalten kann. Nach Untersuchungen von M. Wolf[1]) liegt die Zodiakallichtebene sehr wahrscheinlich in der Ebene des Sonnenäquators. Auf diese Voraussetzung stützte sich auch Seeliger. Gegenteilige Beobachtungen hat indessen zwei Jahrzehnte später Marius Honnorat in Barcelonnette (Basses Alpes) gemacht, und nach den Untersuchungen von K. Graff zeigen auch die Beobachtungen unseres Schweizers F. Buser in Arosa keine Orientierung zum Sonnenäquator. Ganz auffallende Feststellungen haben indessen schon früher und unabhängig voneinander Heis, Serpieri und Eylert gemacht, wonach in einzelnen Fällen der Gegenschein außerhalb der Lichtbrücke lag. Ganz negative Feststellungen bestätigt auch Searle. Aus meinen zahlreichen, durch Jahrzehnte hindurch übereinstimmenden Beobachtungen geht ebenfalls überzeugend hervor, daß ein Zusammenhang der Zodiakallichtebene mit der Sonnenäquatorebene nicht vorhanden sein kann. Die Abweichungen sind in unseren Breiten sowohl beim Zodiakallichte, wie auch beim Gegenschein und der Lichtbrücke teilweise so groß, daß jeglicher Versuch, die Ebenen zusammenzubringen, erfolglos ausfallen müßte. Von der solaren Staubwolke ausgehend, fand Seeliger durch seine mathematischen Ueberlegungen eine Uebereinstimmung mit dem vertikalen Intensitätsabfall des Zodiakallichtes. Eine Unterlassung war

[1]) M. Wolf, Ueber die Bestimmung der Lage des Zodiakallichtes und den Gegenschein. Sitzungsberichte der mathem.-physik. Klasse der königl. bayer. Akademie der Wissenschaften, Bd. XXX, München 1900.

es dagegen, daß Seeliger nicht auch die horizontale Lichtverteilung in der Pyramide, in den Tropen und in unseren Breiten derselben Ueberprüfung unterzogen hat. In der Tropenzone, in der Ebene des Zodiakallichtes, ist die Lichtverteilung in der senkrechten Pyramide symmetrisch. Die Lichtachse steigt dort aus der Mitte der Pyramidenbasis senkrecht auf gegen die Spitze, ist gegen den Horizont am intensivsten, gegen die Spitze am schwächsten, und die Intensität nimmt beidseitig gegen die Pyramidenränder gleichmäßig ab. In unserem mittleren Zonengürtel aber konstatieren wir bereits eine sehr starke perspektivische Verschiebung. Die Lichtachse ist in das erste südliche Pyramidendrittel gerückt. Südlich derselben ist die allgemeine Intensität größer als nördlich derselben, und gleichzeitig ist auch die südliche Berandung markanter als der nördliche Schenkel, der unbestimmter und verwaschener in das allgemeine Nachtblau verläuft. Die Ursache dieser asymmetrischen Lichtverteilung in der Pyramide ist darin zu suchen, daß von unserem nördlichen Standpunkte aus die nördliche Pyramidenhälfte uns zugekehrt ist und näher liegt als der südliche Pyramidenteil. Darum erweitert sich perspektivisch die nördliche Pyramidenhälfte, und das Gesamtlicht derselben wird entsprechend verdünnt. Südlich der Lichtachse ist für unsere Breiten das Verhältnis umgekehrt. Die Entfernung bis zu der reflektierenden Masse wird hier größer. Darum drängt sich die südlich von der Lichtachse liegende Pyramidenhälfte perspektivisch zusammen, und die Lichtintensität wird dadurch vergrößert. Aehnliches beobachten wir auch beim Durchgang unserer Erde durch Kometenschweife; denn soweit unsere Erfahrung reicht, werden sie in größter Nähe, beim Eintritt der Erde in dieselben, optisch unwirksam. Die offensichtliche, ganz bedeutende perspektivische Veränderung der Tropenpyramide zum Zodiakallichte unserer Breiten läßt sich nun allerdings auf eine so kurze Beobachtungsdistanz mit einer kosmischen Erscheinung nicht vereinigen und spricht ganz für die terrestrische Natur. Die Schwierigkeiten werden für die kosmische Auffassung nicht geringer, wenn wir daran denken, daß nach meinen vielen und übereinstimmenden Untersuchungen, die im Winter 1930 auch in alpinen Regionen sich bestätigt haben, nicht allein im Jahreslaufe, sondern in ein und derselben Beobachtungsnacht namhafte Verschiebungen des Fixsternhintergrundes zu der Zodiakallichtpyramide konstatierbar sind. Die allgemeine Bewegung ist so, daß die Zodiakallichtpyramide eine Retardation zur scheinbaren Himmelsbewegung zeigt. Randsterne am Umfange der Westpyramide tauchen in die Lichtzone

ein, während bei der Ostpyramide im allgemeinen ein Austreten aus dem Pyramidenrande beobachtet wird. Diese Erscheinung dürfte zunächst mit der Größe der Sonnendepression und dem damit zusammenhängenden Dunkelheitsgrad der Nacht im Zusammenhange stehen und kann als wirkliche Eigenbewegung nicht angesprochen werden. Wenn wir aber beim Ostzodiakallichte die Beobachtung machen, daß Sterngruppen des Tierkreises, die in derselben Nacht beim Aufgehen in der Lichtachsenbasis liegen, später aber allmählich die Lichtachse verlassen und hoch im südlichen Pyramidenrande seitlich gänzlich aus der Pyramide austreten, so ist hier eine deutliche Veränderung der Zodiakallichtachse zur Ekliptikebene in derselben Beobachtungsnacht doch unverkennbar. Dieselbe Beobachtung ist durch sorgfältige Messungen der Sternabstände zur Lichtachse auch bei der Westpyramide sichergestellt, und dies nicht allein in der breiten und etwas unsicheren Lichtachsenbasis, sondern in der ganzen Länge der Lichtachse bis zur Pyramidenspitze. Es ist an dieser Stelle nicht möglich, weiter auf diese interessanten Untersuchungen einzugehen[1]), doch dürften auch diese Tatsachen schon rein äußerlich für den kosmischen Nachweis schwere Hindernisse in den Weg legen.

Wenn es sich nach der bereits zitierten Arbeit von Ruedy bewährt, daß amerikanische Beobachter zwischen dem 30. und 40. Breitengrad n. B. die Sternbedeckungen des Zodiakallichtes etwas anders sehen, als ich auf meinem europäischen Standorte unter 47° n. B., indem z. B. im Winter das große Pegasusviereck vom Lichte nicht berührt wird, was hier bestimmt der Fall ist, so läge hier ein neues und wichtiges Argument für die terrestrische Natur des Phänomens. Schon im Jahre 1914 habe ich in meiner damaligen preisgekrönten Arbeit darauf hingewiesen, daß der atmosphärische Aequator, durch den die Lage des Zodiakallichtes bestimmt wird, wahrscheinlich nicht regelmäßig sei. Der Wunsch nach vergleichenden Beobachtungen auf anderen Teilen der Erde drängt sich immer wieder auf. Die Freunde der kosmischen Auffassung haben schon oft die angeblich fehlende Parallaxe für sie ins Feld geführt. Selbst dann aber, wenn das Zodiakallicht solaren Ursprunges wäre, sollten sich parallaktische Merkmale zeigen, da es doch im inneren Bereiche des Planetensystems um die Sonne

---

[1]) Siehe Näheres: Probleme der kosmischen Physik, 1928, Bd. XI, Verlag Henri Grand, Hamburg. F. Schmid, Das Zodiakallicht. Sein Wesen, seine kosmische oder tellurische Stellung. VIII. Die nächtliche und jährliche Eigenbewegung des Zodiakallichtes, S. 48—59.

angenommen wird. Bei diesen Untersuchungen haben wir voraussichtlich mit einer unvermeidlichen Störung zu rechnen, die in der Lichtabsorption unserer eigenen Atmosphäre liegt und nur bei der tellurischen Annahme in Frage kommt. Wählen wir unseren Standort in der Ebene des Zodiakallichtes, resp. des atmosphärischen Aequators, so wird die Absorption der Schattenkegelluft symmetrisch auf die nördliche und südliche Pyramidenseite wirken. Sowie wir uns aber von der Zodiakallichtebene in höhere Breiten entfernen, so nähern wir uns der einen Pyramidenhälfte und von der anderen entfernen wir uns. Die Folge davon ist eine verminderte oder vergrößerte Lichtabsorption der Schattenkegelluft auf einzelne Pyramidenteile. Auf der nördlichen Halbkugel werden daher lichtschwache Randpartien der nördlichen Pyramidenseite optisch wirksam, und auf der südlichen, uns abgewandten Seite erlöschen sie. Durch diese einseitig wirkende Lichtabsorption der Schattenkegelluft erklärt es sich, daß wir in unserem nördlichen mittleren Zonengürtel sowohl beim Zodiakallichte, wie auch beim Gegenschein und der Lichtbrücke fast nur Nordabweichungen von der Ekliptikebene konstatieren, die teilweise bis auf 20° und darüber ansteigen können. Auf der südlichen Halbkugel wird das Umgekehrte der Fall sein. So verstehen wir es, daß bei uns z. B. die Mittellinie der Lichtbrücke stets nördlich der Ekliptikebene liegt, niemals südlich. Fig. 2 erklärt diese Tatsache sehr einfach. Der Beobachter bei B steht in der Ebene des atmosphärischen Aequators und sieht die Lichtbrücke in der Gegend von L. Der Beobachter bei B^1 aber sieht sie auf seine Seite verschoben bei $L^1 L^1$ und der Beobachter bei B^2 entsprechend bei $L^2 L^2$. Durch diese unausweichlichen atmosphärischen Störungen wird der Parallaxenwinkel teilweise oder gänzlich aufgehoben, und es erscheint geradezu hoffnungslos, hier wahre Resultate zu finden. Das bisherige negative Parallaxenergebnis ist daher kein Beweis, daß die reflektierende Masse des Zodiakallichtes solaren Ursprunges sei. Würde die Parallaxe wirklich fehlen, so müßten wir die äußersten Grenzen bis weit in die Fixsternsphäre verlegen, eine Annahme, die zu allen Merkmalen der großen Nähe des reflektierenden Mediums im vollen Widerspruche stünde.

VI. Der sommerliche Nachtschein.

Ein wichtiges Glied der Nachtdämmerung bildet in unseren Breiten der sommerliche Nachtschein, der als Ausläufer der Polarnachtsonne und der hellen Nächte höherer Breiten aufzufassen ist. Seine Erfor-

schung ist um so interessanter, weil nicht nur jährlich, sondern auch nächtlich ein enger Zusammenhang mit dem Zodiakallicht unverkennbar ist. Wenn wir das winterliche Zodiakallicht in das Frühjahr hinein verfolgen, so beobachten wir in mondlosen Nächten von Ende März bis Mitte April in der Zodiakallichtpyramide eine merkwürdige Veränderung, die ich seit 1909 regelmäßig beobachtet habe. Die abgeblaßte, versinkende Winterpyramide, deren Basisbreite auf etwa 50° zurückgegangen und deren Scheitel bei einer Sonnendepression von zirka 20° in der Gegend von 72 Tauri zu suchen ist, umgibt sich in einer relativ kurzen Zeit mit einer mantelähnlichen, lichtschwachen Umhüllung, die bis zu Kastor und Pollux hinaufreicht. Die Höhe dieses Mantels kann 70° übersteigen, während die Basisbreite in ihrer größten Entwicklung wohl 100° erreicht. Auffallenderweise enthält die Literatur über diese merkwürdige Umwandlungsform des Zodiakallichtes äußerst spärliche Anhaltspunkte. Einzig von Brorsen geht der sichere Nachweis hervor, daß er sie gesehen hat. Er bemerkt zu seinen Beobachtungen vom 14. bis 19. April 1854: „Das Zodiakallicht hat seit Ende März eine unerwartet rasche Ausdehnung genommen und zeigt sich in einer sonderbaren Gestalt[1]). Tatsächlich muß die Form desselben auffallen. Nach vollendeter Umbildung entspringt Mitte April der Südschenkel im untergehenden Orion, steigt ziemlich senkrecht hoch in den Westhimmel und biegt über Kastor und Pollux in einer scharfen Kurve in den Nordschenkel ab, um dann, Auriga noch in sein Dämmerungslicht einschließend, sanft gegen Cassiopeia abzufallen und ungefähr im Norden den Horizont zu treffen. Im ersten Umbildungsstadium, um die Zeit von Ende März und Anfang April, stört die Lage der Milchstraße die Beobachtung der Scheitellage und des nördlichen Schenkels. Später sinkt sie tiefer in die Pyramide ein; wiederum eine Bestätigung, daß letztere nicht mit der Himmelsbewegung geht. Das zeigt sich im Verlaufe der Frühjahrsbeobachtung auch sehr deutlich bei den markanten Sternmarken Kastor und Pollux, die in der ersten Hälfte April ziemlich symmetrisch im Pyramidenscheitel liegen und im späteren Verlaufe tiefer in den nördlichen Pyramidenteil versinken. Im Monat Mai wird der Scheitel mehr und mehr abgerundet, der Südschenkel neigt sich allmählich gegen Norden, und Mitte Mai nähert sich das Ganze um die Mitternachtszeit dem gleichmäßigen Dämme-

[1]) Zodiakallicht-Beobachtungen in den letzten 29 Jahren von 1847 bis 1875. Von Dr. Ed. Heis. I. Veröffentlichungen der königl. Sternwarte zu Münster 1875, S. 15.

rungssegment, wie wir es über den Sommer im Norden erblicken. Die Beobachtungen haben klar ergeben, daß die Umformung von der zodiakallichtähnlichen Gestalt zum gleichschenkligen Nachtschein von der Ekliptiklage zum Horizonte abhängig ist — bei steiler Ekliptiklage das Zodiakallicht, bei flacher Ekliptiklage der Nachtschein. Weil sich im Monat Mai die Ekliptik schon in den Vormitternachtsstunden ganz bedeutend zum Horizonte senkt, so haben wir Gelegenheit, in ein und derselben Nacht die Umwandlungsformen vom zodiakallichtähnlichen Schein zum gleichschenkligen Nachtdämmerungssegmente zu verfolgen. Fig. 5 zeigt diese Uebergangsformen in derselben Nacht schematisch. In der ersten Hälfte Juni ist die Ekliptik schon bei Nachteinbruch

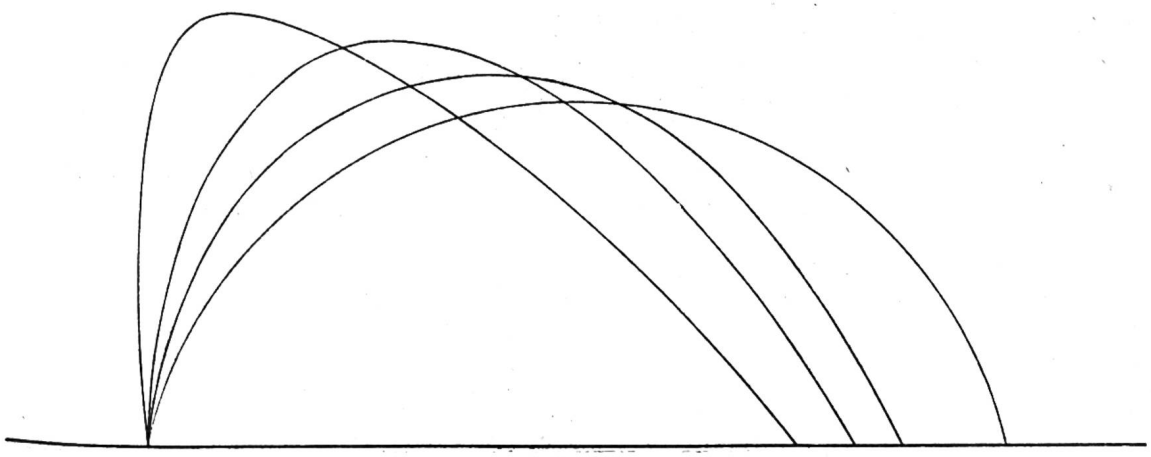


Fig. 5.

Uebergangsformen des April-Zodiakallichtes zum sommerlichen Nachtschein (schematisch).

so stark zum Horizonte geneigt, daß die Umbildung bereits vollzogen ist. Wir sehen nun den Nachtschein über den Sommer als ein sehr auffallendes Dämmerungssegment am Nordhimmel, wie das unsere Tafel I klar veranschaulicht. Wenn wir aber diesen Nachtschein hinsichtlich seiner Lage zum Sonnenazimut untersuchen, so ergibt sich das überraschende Resultat einer hochgradigen Verschiebung vom Sonnenvertikal gegen die westliche Ekliptikseite. Gleichzeitig ist auch das Dämmerungsmaximum selbst beim scheinbar symmetrischen Mitternachtsschein ganz fühlbar auf die Ekliptikseite gedrückt. Verschiebungen desselben wurden zwischen 5° bis 15° konstatiert, während die Verlagerung des ganzen Nachtdämmerungsbogens gegen West-Süd in der ersten Junihälfte 50° und mehr erreichen kann. Die Spannweite des mitternächtlichen Dämmerungsbogens ist in den Sommermonaten eine ganz gewaltige. Sie darf bis auf 180° geschätzt werden,

während die vertikale Ausdehnung 50° bis 55° erreichen kann (siehe Tafel I). Auch die Intensität ist sehr auffallend. Der ganze nördliche Himmel ist während der Nacht ununterbrochen von einem weißgelblichen Dämmerungsschein bedeckt, dessen Maximum vom Horizonte ausgeht und radial nach allen Seiten abblaßt. Die alte Annahme, daß bei einer Sonnendepression von 18° die letzte Dämmerung erloschen sei, wird in unseren Breiten bei der Beobachtung des sommerlichen Nachtscheins am Nordhimmel völlig erschüttert; denn wir sehen die letzten Spuren dieses Nachtscheins bis in den September und Oktober hinein bei einer Sonnentiefe, die 30° übersteigen kann. Am 21. Juni erreicht bei uns die Sonne um Mitternacht ihre geringste Depression von rund 19°. Theoretisch müßte nach der alten Annahme bei der Grenze der astronomischen Dämmerung von 18° am Nordhimmel der Dämmerungsbogen für eine kurze Zeit untergehen. Tatsächlich sehen wir ihn aber auch über die Mitternachtszeit ununterbrochen in großer Intensität und in einer gewaltigen Spannweite, die sich bis zu den äußersten zarten Ausläufern ungefähr auf den halben Horizontkreis erstreckt, während seine Höhe fast die Polaris erreicht! Diese starke Nachtdämmerung am Nordhimmel hat nicht allein die früher berührte schwache Gegendämmerung zur Folge (reflektierter Gegenschein), sondern der ganze Nachthimmel wird durch sie merkbar aufgehellt, der im Sommer nie so dunkel wird wie der Nachthimmel des Winters. Dieser Faktor begünstigt die Pracht der winterlichen Sternennacht, die allerdings auch noch durch besonders prägnante Sterngruppen, die im Sommer nicht sichtbar sind, wesentlich unterstützt wird.

Von ganz besonderer Bedeutung sind aber die gesetzmäßigen Verschiebungen des Nachtscheines gegen diejenige Seite, wo die Ekliptik steiler über den Horizont steigt. Niemand wird es bezweifeln, daß der sommerliche Nachtschein am Nordhimmel als Ausläufer der nordischen Nachtsonne und der hellen Nächte, die wir schon in Norddeutschland kennen, aufzufassen sei und darum als rein tellurisches Phänomen zu unserer Atmosphäre gehört. Aber dennoch verrät er unverkennbare Beziehungen zum Zodiakallicht, nicht allein in seinen Uebergangsformen, sondern auch in seiner Lage zum Sonnenort. Diese Tatsache ist nur dann erklärlich, wenn unsere Atmosphäre abgeplattet ist und wenn der atmosphärische Aequator in der Nähe der Ekliptikebene liegt. Bei steiler Ekliptiklage sehen wir daher den Nachtschein mehr in der Richtung der Aequatorebene als Pyramide (Zodiakallicht), bei mehr horizontaler Ekliptiklage kommt dagegen die sphärische

Ansicht zur Geltung und die Pyramide formt sich zum Bogensegmente um (sommerlicher Nachtschein).

Ueber die Höhe der reflektierenden Atmosphärenschichten zeigt sich zunächst am sommerlichen Nachtschein die interessante Tatsache, daß im allgemeinen die gefundenen Höhen mit der Größe der Sonnendepression steigen. Dieses auffallende Ergebnis wird im Zusammenhange stehen mit dem Dunkelheitsgrad des Nachthimmels. Je tiefer die Sonne steht und je dunkler dadurch der Himmel wird, um so mehr kommen vorher unsichtbare Randpartien zur optischen Wirkung, eine Erfahrung, dir wir auch am Zodiakallicht machen. Die gefundenen Höhen, die zwischen 200 und 600 km schwanken, sind daher keineswegs wahre Anhaltspunkte über die tatsächliche Höhe des Luftmantels. Es wird auch sehr schwer abzuschätzen sein, wieviel von den äußeren lichtschwachen Randzonen durch die Lichtabsorption der Schattenkegelluft verloren geht; anderseits haben wir aber auch mit der lichtzerstreuenden Wirkung in höheren Atmosphärenschichten zu rechnen. Die größten Höhen finden wir im September und Oktober, wenn die Höhe des Dämmerungsbogens über dem Horizont auf 25 bis 30° gesunken ist und die Sonnendepression schon gegen 30° erreicht. Auf einen so niederen und gleichzeitig lichtschwachen Nachtschein muß aber die atmosphärische Absorption in weit stärkerem Grade wirken, so daß wir wohl berechtigt sind, die wahre Höhe der reflektierenden Atmosphärenschichten bedeutend größer als 600 km anzunehmen. Diese Voraussetzung dürfte mit der Wirklichkeit auch stimmen, wenn wir daran denken, daß Nordlichtstrahlen bis auf 1000 km reichen.

Im Verlaufe der Sommernächte stellt sich die Ekliptik allmählich symmetrisch unter den Nordhorizont des Beobachters, und entsprechend gleichmäßiger wird auch die Lage des Nachtscheins zum Sonnenvertikal (s. Tafel I, 1. Juli). In der zweiten Julihälfte steigt nach Mitternacht die Ekliptik allmählich steiler am Osthimmel auf, was für den Nachtschein eine entsprechende Verschiebung nach Osten bewirkt. Dies ist die erste Einleitung zum auftauchenden Ostzodiakallicht, indem sich Ende Juli der Nachtschein in der Richtung des östlichen Ekliptikastes aufbäumt. Diese Umformung geht im Monat August weiter, und Anfang September konstatieren wir am frühen Osthimmel bereits das typische Ostzodiakallicht, das wir bis in den März hinein verfolgen können. Der Monat Juli zeigt uns den Scheidepunkt zwischen den letzten Einflüssen des Westzodiakallichts und den ersten Anfängen zum Ostzodiakallicht. Mit einbrechender Nacht haben wir zunächst

noch den westlich aufsteigenden Ekliptikast, und nach Mitternacht erhebt er sich mehr am östlichen Himmel. Wir sehen zu dieser Zeit in derselben Nacht das anfänglich westlich vom Sonnenazimut liegende Dämmerungsmaximum um Mitternacht durch den Nordpunkt schreiten, bis es in den frühen Morgenstunden östlich vom Sonnenorte liegt, womit das auftauchende Ostzodiakallicht seinen Anfang nimmt (siehe Tafel II).

Die erste Umbildung des sommerlichen Nachtscheins zum Westzodiakallicht fällt in den Monat Oktober (s. Tafel I). Schon im September beobachten wir beim versinkenden Nachtschein eine Verlagerung gegen Südwesten, die sich im Oktober noch weiter entwickelt. Mit wachsender Steilheit des südwestlichen Ekliptikastes steigt das Dämmerungsband gegen Süden an, wird nach und nach schon äußerlich unsymmetrisch und greift schließlich über den im Südwesten stehenden Milchstraßenfuß hinaus, erhebt sich im November langsam und nimmt endlich Zodiakallichtnatur an. Die Westpyramide wird allmählich steiler und wirkungsvoller, erreicht im Januar und Februar den Höhepunkt, und im Frühjahr wird mit der Umbildung zum sommerlichen Nachtschein der volle Jahreskreislauf unserer Breiten geschlossen, wie er auf Tafel I und II dargestellt ist.

Besondere Erwähnung verdienen an dieser Stelle die Nachtdämmerungs- und Zodiakallichtbeobachtungen von A. Wegener und J. P. Koch, die im Winter 1912/13 an der Station „Borg" in Nordost-Grönland unter 76° 41′ n. B. gemacht wurden. Die Anfang Januar aufgenommenen Skizzen auf S. 329 der Veröffentlichung von Wegener[1]) erinnern ganz auffallend an unsere eigenen Aufnahmen, die während den Uebergängen vom Zodiakallichte zum Nachtschein gewonnen wurden. Daß in jenen Breiten zur Zeit, da bei uns das Zodiakallicht in höchster Entwicklung steht, nur die Anfangsstadien unserer Breiten sichtbar werden, steht im vollen Einklange zur Lage der Zodiakallichtebene, hier gegen Ende Oktober und dort Anfang Januar. Interessant sind die Beobachtungen über das Verschwinden des letzten Nachtdämmerungsbogens, dessen Höhe auf 700 km geschätzt wird. Auch in diesen hohen Breiten kam Wegener zum Schlusse, daß ein enges Ineinandergreifen von Zodiakallicht und Nachtschein unverkennbar sei, indem er wörtlich schreibt: „Diese Beobachtungen scheinen

[1]) Beobachtungen der Dämmerungsbögen und des Zodiakallichtes in Grönland. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse, Abt. IIa, 135. Bd., 7. und 8. Heft, 1926.

mir für die Zugehörigkeit des Zodiakallichtes zu den atmosphärischen Dämmerungserscheinungen zu sprechen."

Die Beobachtungen am sommerlichen Nachtschein unserer Breiten haben ergeben, daß dieselben Merkmale der nächtlichen Eigenbewegung, wie wir sie beim Zodiakallichte und seinen Uebergangsformen konstatiert haben, auch an ihm haften bleiben. Auch er verrät eine Retardation zur scheinbaren Himmelsbewegung in dem Sinne, daß an der südwestlich absteigenden Grenze des Lichtsegments sich Sternabstände merklich verkürzen und auf der nördlichen Seite sich verlängern. Diese unzweideutigen Merkmale, wie wir sie beim Zodiakallichte in ganz ähnlicher Weise konstatieren können, und die auch noch dem sommerlichen Nachtschein anhaften, lassen sich unmöglich nur durch Extinktionserscheinungen in unserer Atmosphäre erklären, wie das neulich von astronomischer Seite versucht wurde. Die Tatsache schon, daß in derselben Nacht hoch im Pyramidenscheitel des Zodiakallichts eintretende Sterngruppen ihre Lage zur Lichtachse so verändern, daß sie anfänglich südlich und später nördlich der Lichtachse liegen, schließt diese Annahme gänzlich aus. Kein kosmisches Gebilde, sei es ein Kometenschweif oder sei es der körnige Schleier der Milchstraße, zeigt ähnliche Anzeichen. Daß hier auch die wachsenden Absorptionsgrößen zum Horizonte keine Antwort geben, beweist die Tatsache, daß diese Retardation zur allgemeinen Himmelsbewegung durch die ganze Länge der Zodiakallichtpyramide vorhanden ist. Es wäre interessant, diese Beobachtungen in jenem Zonengürtel der Erde zu wiederholen, wo die Pyramide senkrecht steht. Ich setze voraus, daß dort die seitliche Eigenbewegung aufhört. Die Bewegung wird sich symmetrisch in der Achse der Pyramide vollziehen, und die Ausdehnung der lichtschwachen Randpartien wird allein durch die Größe der Sonnendepression beeinflußt werden. Der Raum gestattet es hier nicht, noch weiter auf diese Ueberlegungen einzugehen, die aber mit all ihren Anzeichen darauf hindeuten, daß die reflektierende Masse der Nachtdämmerungspyramiden und Segmente nicht kosmischen Ursprungs ist, sondern zur Erde gehört, an sie gebunden ist, und darum folgt sie der scheinbaren Himmelsbewegung der Gestirne nicht.

Uns beschäftigt wohl auch die Frage nach der Herkunft des sekundären Mantels beim Aprilzodiakallicht, den wir beim Winterzodiakallicht vergeblich suchen. Allerdings können wir auch hier von einem sekundären Schimmer sprechen, der den Kern der Pyramide umschließt. Beim Aprilzodiakallichte aber haben wir den Eindruck,

wie wenn in relativ kurzer Zeit dieser Mantel sich bedeutend erweitere. Ist es die allmählich größer werdende Seitenansicht der Pyramide, oder ist es eine besondere Schichtungsgrenze in der Atmosphäre, die hier optisch wirksam wird? Diese Frage wage ich noch nicht endgültig zu beantworten. Bei der Annahme von direktem Sonnenlicht kämen wir beim Aprilzodiakallichte auf ein Höhenmittel von zirka 2000 km, während die Maximalhöhen des Winterzodiakallichtes 5000 km übersteigen. Diese rein theoretischen Ergebnisse werden uns aber nicht befriedigen. Sie begegnen der enormen Schwierigkeit, daß wir die optisch wahrnehmbare Wirkung des indirekten, zerstreuten und eingebeugten Lichtes, sowie die Lichtabsorption der Schattenkegelluft auf so schwache Beleuchtungsflächen kaum richtig einschätzen können. Dazu kommt die Größe der Sonnendepression und die damit im Zusammenhange stehende Ausdehnung oder Einschrumpfung der Dämmerungszone, wobei z. B. bei der Zodiakallichtspitze stündliche Verkürzungen oder Verlängerungen von 5 bis 10° möglich sind. Die Erklärung des Aprilmantels mahnt uns im Momente auch darum zur Vorsicht — markiere er eine innere oder äußere Schichtungsgrenze in der Atmosphäre —, weil z. B. die neuen Ergebnisse über den Bau und die chemische Schichtung unserer irdischen Lufthülle einen geradezu revolutionären Charakter angenommen haben. Wegener hat vor rund zwei Jahrzehnten die Ansicht vertreten, daß über der Wasserstoffsphäre eine weitere, bisher unbekannte Gasschicht vorhanden sei, die er Geokoronium nannte. Diese Auffassung hat man später wieder ziemlich aufgegeben. Nun kommen heute die völlig überraschende, aber experimentell tief begründete Ozonlehre mit dem gewaltigen Temperaturanstieg in 50 km Erdabstand, ferner die neuen Ergebnisse der Nordlichthöhen bis auf 1000 km und die Aufklärung der rätselhaften grünen Nordlichtlinie als eine Sauerstofflinie in Höhen, wo man ehemals überhaupt die Grenze unserer irdischen Atmosphärenhülle weit überschritten glaubte, so daß wir gut tun, im Momente innezuhalten, um weitere Ergebnisse zunächst noch abzuwarten.

VII. Der Zusammenhang mit der astronomischen und der bürgerlichen Dämmerung.

Der Vollständigkeit halber müssen wir die Grenzen der Nachtdämmerung doch noch etwas überschreiten, da unverkennbare Zusammenhänge auch mit der astronomischen und bürgerlichen Dämmerung vorhanden sind. Es war am 17. Januar 1910, als ich kurz vor

Dämmerungsanbruch die Lage der Lichtachsenbasis beim Ostzodiakallicht falsch eingezeichnet zu haben glaubte. Ich notierte sie 5 Uhr 45 Min. ziemlich genau durch die Mitte von β Librae und μ Serpens. Die Distanz dieser zwei Sterne beträgt rund 10°. Kurz vor Dämmerungsanbruch schien aber die Lichtachse nicht mehr durch die Mitte dieser zwei Sterne zu streichen, sondern sie lag zirka 3° nördlicher, also näher bei μ Serpens. Unmittelbar nachher tauchte ganz in der Nähe, fast in der Mitte zwischen dem Säntis und der Wilkethöhe der Dämmerungsbogen auf, und er schien bald merkbar weiter links über dem Südfuß der Wilkethöhe zu liegen. Der volle Zusammenhang dieser Erscheinung war mir ganz unklar, und ich verspürte zunächst das Unbehagen einer falschen Beobachtung. In der Folge traten ähnliche Feststellungen auf; doch erst im Winter 1913—14 wurde mir der Zusammenhang völlig klar und gab mir den Mut, diese interessante Entdeckung der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich mitzuteilen. Der allgemeine Gang ist folgender: Bei einer Sonnendepression von 19 bis 20° gewinnt die Lichtachse gegen den Horizont rasch an Helligkeit; sie wird breiter und unbestimmter, und ihre Mittellinie erscheint bald um einige Grade nach Osten verschoben. Das ist das untrügliche optische Signal zum Dämmerungsanbruch; denn jetzt taucht in wenigen Minuten hart an der nördlichen Seite des Lichtachsenfußes die erste zarte Morgendämmerung auf. Die Sonnendepression hat jetzt 17—19° erreicht. Dieser erste ziemlich rasch aufsteigende Dämmerungsbogen liegt aber nicht im Sonnenvertikal; seine Verlagerung gegen Süden ist ganz bedeutend und kann im ersten Momente 20° und darüber betragen. Nun aber folgt die weitere interessante Feststellung, daß dieser erste Dämmerungsbogen sich nicht symmetrisch aufbaut. Er wächst nach Norden mehr als gegen Süden, und zugleich zeigt auch das Dämmerungsmaximum über dem Horizonte eine zur Himmelsbewegung entgegengesetzte Richtung. Es ist mit dem Dämmerungsbogen rückläufig und stellt sich endlich bei einer Sonnentiefe von 13—14° symmetrisch über dem Sonnenorte ein, um dann mit der Sonne rechtläufig zu werden. Das Zodiakallicht selbst erblaßt von unten herauf; es wird von der aufsteigenden Dämmerung mehr und mehr überlichtet und seine höheren Partien löschen infolge der allgemein abnehmenden Nachtdunkelheit aus, wenn der aufsteigende Dämmerungsbogen etwa die halbe Höhe der Zodiakallichtpyramide erreicht hat. Ueber dem Osthorizonte lagert nun mehr und mehr ein gelbliches und später rötliches Dämmerungsband, das nach oben ins

Gelbliche, Grüne und Hellblaue abklingt. Die Bestimmung der genauen Lage der Dämmerung wird immer schwerer, und wenn der Dämmerungsbogen ungefähr den Zenit erreicht hat, wird rasch am Westhimmel die Gegendämmerung bis zum Horizonte hinab sehr wirksam.

Nach meinen späteren, vielfach wiederholten Beobachtungen, die sich im Januar 1930 auch bei meinem Aufenthalt in der alpinen Region bei einer Höhe von 1920 m mit Sicherheit bestätigt haben, muß dieser Dämmerungsanbruch bei guten Luftverhältnissen und ziemlich steiler Ekliptiklage als normal bezeichnet werden. Bei flacher Ekliptiklage hört dagegen die Südverlagerung und die damit im Zusammenhange stehende Exzentrizität des aufsteigenden Dämmerungsbogens auf, und der symmetrisch-sphärische Aufbau zum Sonnenorte kommt mehr zur Wirkung. Merkwürdigerweise habe ich am Westhimmel in den letzten Stadien der astronomischen Dämmerung diese Exzentrizität noch nie mit derselben Klarheit beobachtet. Wohl zeigt sich auch hier am Dämmerungsmaximum über dem Horizonte eine Verlagerung desselben vom Sonnenorte gegen die später auftauchende Basis der Zodiakallichtachse, aber zur Morgenbeobachtung in entgegengesetztem Sinne, indem das Maximum vom Sonnenorte wegwandert. Doch hebt sich die Abgrenzung des Dämmerungsbogens nie so scharf ab, daß von einer eigentlichen Exzentrizität gesprochen werden könnte. Es zeigen sich am Morgen und Abend auch in den Dämmerungsfarben am Himmel gewisse Unterschiede, auf die wir hier nicht weiter eingehen können.

Was für Schlüsse können wir nun aus der Exzentrizität der Morgendämmerung ziehen? Sie verrät uns klar und deutlich, daß die tieferen Atmosphärenschichten, welche die Träger der allgemeinen Dämmerung sind, sei ihre chemische Zusammensetzung wie sie wolle, in der Richtung der Zodiakallichtachse aufgetürmt sind. Darum werden diese reflexionsfähigen Schichten zuerst in jener Richtung von den Sonnenstrahlen tangiert und bewirken für uns so die bedeutende Abweichung vom Sonnenvertikal. Gegen die Erde hin wird die Abplattung der Atmosphärenschichten abnehmen. Sie nähern sich mehr der annähernden Kugelgestalt der Erde, und darum kommt die sphärische oder zentrale Dämmerung zum Sonnenorte umso mehr zur Geltung, je tiefer die Sonnenstrahlen unsere Atmosphärenhülle tangieren. Daß sich die Lichtachsenbasis unmittelbar vor Dämmerungsanbruch selbst bei diesem einleitenden Vorgange beteiligt, indem ihre Intensität anschwillt, sich verbreitert und nach Osten verlagert, ist ein deutliches Zeichen dafür,

daß sie mit denjenigen Schichten, welche die allgemeine Dämmerung verursachen, in Verbindung steht. Da weiter die auftauchende Dämmerung, vom Sonnenorte gänzlich verlagert, auf der Ostseite der Lichtachsenbasis zuerst optisch wirksam wird und sich allmählich rückläufig über dem Sonnenorte einstellt, ist mit diesem ganzen Vorgange die Brücke vom Zodiakallicht zur Dämmerung geschlagen. Kein kosmisches Gebilde könnte ähnliche Verbindungen verraten, wie ja auch die Milchstraße vom Gange der Dämmerung nur so weit beeinflußt wird, daß sie allmählich auslöscht, ohne daß sie sonst irgendwelchen Kontakt verrät, oder gar ihre feste Lage verändert.

Sehr beachtenswert ist weiter die Tatsache, daß schon der „Klare Fleck", besonders aber das Purpurlicht gewisse Beziehungen zum Zodiakallichte verraten. Der Klare Fleck wird bekanntlich bei einer Sonnendepression von 1—3° nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang als eine mehr rundliche, in selteneren Fällen auch leicht pyramidale, bläulichweiße oder weißgraue, oft auch einen Stich ins gelbliche verratende Fläche über dem Sonnenorte beobachtet. Sein Durchmesser schwankt gewöhnlich zwischen 40—60°, und die Höhe kann ebenfalls 50° erreichen. Bei einer Sonnentiefe von zirka 3° nimmt er rasch mehr und mehr rötliche Färbung an; an seine Stelle tritt nun das Purpurlicht, das bei etwa 6° Sonnendepression rasch abblaßt und auf den Horizont zu sinken scheint. Am Morgenhimmel beobachten wir die umgekehrte Folge. Die Untersuchungen haben ergeben, daß gesetzmäßige Asymmetrien besonders im Purpurlicht vorhanden sind. Diese interessante Entdeckung machte ich schon im Januar und Februar 1915 und publizierte sie nach weiteren Beobachtungen im Jahre 1916.[1]) Bestätigungen haben sich seither bis in den Winter 1929/30 gezeigt. Sie kennzeichnen sich dadurch, daß das Purpurlicht während unseren Zodiakallichtperioden, also dann, wenn am Abend- oder Morgenhimmel die Ekliptik steiler über den Horizont steigt, nicht symmetrisch über dem Sonnenorte liegt, sondern in der Richtung des aufsteigenden Ekliptikastes abweicht. Gleichzeitig ist auch das Purpurlichtsegment meistens nicht regelmäßig, sondern oft ganz fühlbar gegen Süden geneigt; das Maximum erscheint gleichfalls gegen Süden verschoben, und die südliche Begrenzung ist fast immer etwas schärfer als die nördliche. Das Segment verrät zu dieser Zeit oft eine schwache Anlage zur zodiakallichtähnlichen Pyramiden-

[1]) Zodiakallicht und Dämmerungsschein. Meteorologische Zeitschrift 1916. Heft 6, S. 256.

form. Alle diese Merkmale sind beim Zodiakallichte in prägnanter Weise vorhanden. Dagegen lassen das zweite und das seltene dritte Purpurlicht, die sich viel schwächer mehr auf den ganzen West- oder Osthimmel erstrecken, keine sicheren Abweichungen mehr erkennen.

Einige Vertreter der kosmischen Auffassung haben in neuester Zeit den Gedanken erwogen, die über der Erdatmosphäre liegende Zodiakallichtregion könnte auf den Gang der Dämmerung als dahinterliegende Schicht einen Einfluß ausüben, wodurch die besprochenen Anomalien entstehen dürften. Wenn wir aber berücksichtigen, daß sich die Vorgänge der astronomischen und bürgerlichen Dämmerung in den untersten Luftschichten abspielen, und daß eine überlagernde Luftschicht bis zu 1000 km selbst in polaren Zonen nachgewiesen ist, so dürfte eine solche Annahme sich wohl schwerlich halten können. Der bereits ausgesprochene Hinweis, daß schon die unteren Atmosphärenschichten deutliche Merkmale der Abplattung verraten, kann daher für die Erklärung all dieser interessanten Beziehungen wohl allein in Frage kommen.

VIII. Anormale Nachtdämmerungen.

Wir können diesen Beitrag nicht abschließen, ohne noch auf eine ziemlich selten behandelte Erscheinung einzugehen, die wir in den sogenannten Luminiszenzen oder hellen Nächten kennen. Selbst bei mondlosen Perioden gibt es bei bewölktem und unbewölktem Himmel Nächte mit auffallender Dunkelheit oder auch wieder mit einer größeren Helligkeit, ohne daß man sich gewöhnlich über die wahre Ursache dieser Unterschiede besonders Rechenschaft gibt. Nach meinen Beobachtungen sind Helligkeitsschwankungen am Nachthimmel häufiger als gewöhnlich angenommen wird. Das wird speziell demjenigen auffallen, dessen Auge besonders auf zarte Dämmerungseffekte am Nachthimmel eingestellt ist, während andere diese Helligkeitsunterschiede erst dann bemerken, wenn sie besonders groß werden. Wir beobachten diese hellen Nächte meistens ganz temporär, und sie können bei bedecktem Himmel namentlich dann sehr auffallend werden, wenn ein feiner Cirrusschleier vorhanden ist. Oft scheint es, als ob die diffuse Erhellung dünner Wolkenschleier auf der Erde eher lichtverstärkend wirken würde. Ich erinnere mich indessen auch an stark bewölkte mondlose Nächte, die so auffallend hell waren, daß man sich unwillkürlich nach dem Stande des Mondes fragte, während zu

anderen Zeiten bewölkte Nächte wieder „stockfinster“ sein können. Auch eine Nebeldecke über der Erde kann eher lichtverstärkend wirken. Eine sehr interessante Wahrnehmung machte ich am 1. August 1924 kurz vor Mitternacht. Der Himmel war mit einem ziemlich dichten Cirrusschleier überzogen, sodaß nur noch Sterne erster Größe vereinzelt sichtbar waren. Auf dem Cirrusschleier zeichnete sich aber eine gelbliche Zone ganz auffallend ab, die sich von Nordosten bis nach Südwesten erstreckte und mit der Lage des Milchstraßenzuges vollständig übereinstimmte. Aehnliche Beobachtungen machte ich indessen auch schon beim Zodiakallichte, indem in einzelnen Fällen ein feiner Cirrusschleier vor der Pyramide ebenfalls lichtverstärkend wirkte.

Am wolkenfreien Himmel zeigt sich in solchen Perioden ein diffuser, milchig-weißgelber Schleier, durch den noch Sterne vierter und fünfter Größe sichtbar sind und der entweder den ganzen Himmel bedeckt, oder segmentförmig mehr auf einer Seite liegt. Interessant ist dabei meine Erfahrung, daß, wenn nur ein Teil des Himmels aufleuchtet, speziell der Nord- und Osthimmel bevorzugt werden. Eine einseitig im Süden oder Westen liegende Luminiszenz habe ich noch nie wahrgenommen. Eine ganz auffallende Erscheinung dieser Art beobachtete ich am 24. Dezember 1916 von abends 7 Uhr an, als über dem ganzen Nordhimmel ein sehr prägnantes Dämmerungssegment vorhanden war. Sein Aussehen erinnerte an den sommerlichen Nachtschein am Nordhimmel, nur war diese Helle noch gleichmäßiger, ohne ein typisches Horizontmaximum. Die Farbe glich derjenigen des Nachtscheins oder der Monddämmerung mit Ausnahme eines zarten rötlichen Stiches, der sich über die ganze Dämmerungszone legte. Interessant war dabei die große Transparenz, sodaß ich Sterne fünfter Größe, z. B. Alcor im großen Bären, noch beobachten konnte. Das Segment dehnte sich in der Folge auch auf den Osthimmel aus, und auch außerhalb desselben hatte der Himmel einen schleierartigen Dunst, durch den aber die Milchstraße und das Zodiakallicht sichtbar blieben. Zwischen 9 und 10 Uhr bedeckte sich alsdann von Westen her der Himmel und brachte die interessante Erscheinung zum Abschlusse. Nachher gingen auch auswärtige Berichte ein, so von den Observatorien Königsstuhl und Wien. In Heidelberg wurde die interessante Erscheinung schon am 23. Dezember gesehen und von Professor Wolf an unsere Meteorologische Zentralanstalt avisiert.

Derartige temporäre Aufhellungen des Nachthimmels sind indessen schon früher beobachtet worden. Aus einem bezüglichen Beitrag von

Direktor Maurer[1]) nennen wir aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts folgende Beobachtungen aus der Schweiz:

		Beobachter	Beobachtungsort
1859	18. und 26. November.	L. F. Wartmann	Genf
1895	Herbstnächte	Ein Briefbote	Dierikon
1896 und 1897	„	Ein Briefbote	Dierikon
1898	Oktober und November	?	Rigi
1898	16.—18. September	Ein Briefträger	Dierikon
1898	18. September	Direktor Hann, Wien	Gornergrat
1908	30. Juni	Direktor Maurer, Zürich	Zürich

Seit der denkwürdigen Nacht vom 24. Dezember 1916 habe ich mehr oder weniger starke Wiederholungen einigemal beobachtet. Die letzten notierte ich im Januar 1930 mit mehreren abnorm hellen Nächten, die auch in Deutschland durch Hoffmeister auf der Sternwarte Sonneberg bestätigt wurden. Hand in Hand gingen mit diesen neuesten, zwar schwachen atmosphärisch-optischen Störungen sehr auffallende Purpurlichter mit einer leichten Neigung zur Bildung von Ultrazirren, während nach den Beobachtungen in Arosa durch Dr. Götz und Buser die Strahlungsintensität der Sonne merkbar reduziert wurde und photometrische Messungen des Sternenlichtes eine gewisse Abschwächung desselben ergaben.

Einen besonders starken Einfluß auf die Nachtdämmerung zeigten zum Teil die großen atmosphärisch-optischen Störungen, wie sie im Jahre 1883 durch die Ausbrüche des Krakatau, im Jahre 1902 durch den Mont Pelée, im Jahre 1912 durch die Vulkanausbrüche in Alaska, im Jahre 1916 wahrscheinlich durch eine kosmische Staubinvasion und im Mai 1919 durch die Vulkanausbrüche des Stromboli und Kloet (Japan) verursacht wurden. Doch ist es sehr interessant, daß der Charakter dieser Störungsperioden auf die Nachtdämmerung sich in dem Sinne verschieden auswirkte, daß gerade die sonst starke Trübung von 1916, für die kein irdischer Vulkanausbruch verantwortlich gemacht werden konnte, auf den normalen Gang der Nachtdämmerung den geringsten Einfluß ausübte, während z. B. bei der Alaska-Trübung die nächtliche Störung sehr groß wurde. Die Vulkanausbrüche in Alaska begannen am 6. Juni 1912 und verbreiteten die Ausläufer der Trübung am 20. Juni auch über das mitteleuropäische Gebiet. Der weißgraue Schleier, welcher den ganzen Tag den Himmel

[1]) Meteorologische Zeitschrift, 1899, S. 257—260. Erscheinungen des „Erdlichtes“ 1895—1899.

bedeckte, machte sich damals auch in der Nacht sehr fühlbar; es war besonders die Zone des Nachtscheines am Nordhimmel, wo sich die Störung am auffallendsten zeigte. Das ganze Dämmerungssegment hatte einen ausgesprochenen gelblich-grauen Stich und erschien größer als in normalen Jahren. Während sonst die Hauptintensität über dem Horizonte liegt, so konstatierte man sie erst in 8—10° Höhe, und über dem Horizonte wurde zur Zeit des Maximums der Schleier so dicht, daß man oft Mühe hatte, die strahlende Capella zu finden. Am ganzen Himmel erschienen die Sterne um mindestens eine Größenklasse abgeschwächt, was sich gegen den Horizont zu naturgemäß noch steigerte. Auch im darauffolgenden Winter waren die Ausläufer dieser Störung bei den Zodiakallichtbeobachtungen immer noch fühlbar.

Ueber den Einfluß der großen Krakataustörung vom Jahre 1883 hat Professor Riggenbach in Basel umfangreiche Untersuchungen angestellt.[1]) Doch beziehen sich diese Beobachtungen mehr auf die Zeit der astronomischen Dämmerung und bei Tag auf den Bishop'schen Ring, der während solchen Perioden besonders eindrucksvoll erscheint.

Interessant war im Gegensatze zur Alaska-Störung vom Jahre 1912 die mit dem 5. August 1916 neuerdings eingebrochene erhebliche Trübung der Atmosphäre, die sich, wie schon erwähnt, teilweise ganz anders auswirkte. Auch wenn beim Verlaufe der Abend- und Morgendämmerung die auftauchenden Ultrazirren noch so auffallend auftraten, war dennoch die Trübung nach völlig eingebrochener Nacht auf ein Minimum reduziert, sodaß sie die Beobachtung der Nachtdämmerung und des Zodiakallichtes sehr wenig beeinträchtigte. Auch aktinometrisch und photometrisch war damals der Einfluß ein recht geringer, während doch bei Tage die atmosphärische Korona um die Sonne ganz auffallende Größen und Intensitätsverhältnisse verriet. Sehr auffallend ist es, daß gerade diese große optische Störung, die nur durch einen kosmischen Staubeinbruch in unsere Atmosphäre erklärt werden kann, sich hauptsächlich auf den Tag und die Dämmerung beschränkte. Besonders farbenreiche Dämmerungen, wie solche namentlich im Jahre 1883 auftraten, kamen zwar nicht vor. Das Purpurlicht hatte im Gegenteil in seiner Schönheit eingebüßt und litt durch die Beimischung eines schmutzig-gelbgrauen Tones, der teilweise durch die auf lange Zeit sehr beharrlich auftretenden Ultrazirren verursacht wurde. Indessen können nicht allein kosmische Staubinvasionen und irdische Vulkan-

[1]) Beobachtungen über die Dämmerung, insbesondere das Purpurlicht und seine Beziehungen zum Bishop'schen Sonnenring. Basel 1886.