

# Das Zodiakallicht, ein Glied der meteorologischen Optik

Autor(en): **Schmid, Friedr.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **99 (1917)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90304>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

# Das Zodiakallicht, ein Glied der meteorologischen Optik.

Von Dr. Friedr. SCHMID.

Wenn wir vom Zodiakallichte sprechen, so richten sich unsere Gedanken unwillkürlich nach der Tropenzone, wo dasselbe das ganze Jahr hindurch in jeder klaren Sternennacht, je nach dem Standorte des Beobachters, als eine mehr oder weniger senkrechte Lichtpyramide erscheint. In unseren Breiten wird die Periode der Sichtbarkeit entschieden unterschätzt; denn wir erblicken die erste Anlage zur Westpyramide in günstigen Verhältnissen schon Ende September, mit der Hauptperiode im Januar und Februar, und das letzte Übergangsstadium zum sömmerlichen Nachtdämmerungsscheine fällt in die zweite Hälfte Mai. Aus diesem Nachtdämmerungsscheine konstatieren wir in der Schweiz das einleitende Ostzodiakallicht schon Ende Juli kurz nach Mitternacht. Im September und Oktober wird die Ostpyramide bereits eindrucksvoller, erreicht im November und Dezember ihren Höhepunkt und verschwindet in der ersten Hälfte März im Südosthimmel als zarter, auf den Horizont geneigter Lichtschimmer. So bleibt auch bei uns eigentlich nur der Monat Juni ganz frei vom Zodiakallicht, und selbst in dieser Periode hat, wie wir später sehen werden, die Nachtdämmerung am Nordhimmel, als letzter Rest der nordischen Mitternachtssonne, immer noch eine gewisse Zodiakallichtnatur, die sich in einer hochgradigen Verschiebung vom senkrechten Sonnenstande in der Richtung des westlichen Ekliptikastes äussert. In allen übrigen Monaten können wir, je nach der Lage der Ekliptik zum Horizonte, das Ost- oder Westzodiakallicht in jeder klaren und mondlosen Sternennacht konstatieren, und von Ende September bis Mitte März ist es dem geübten Beobachter sogar möglich, in derselben Beobachtungsnacht abends die Westpyramide und morgens die Ostpyramide zu sehen.

Nach meinen 26jährigen Beobachtungen handelt es sich um eine absolut konstante, für jede Jahreszeit alljährlich genau wiederkehrende Erscheinung, die bei guten Beobachtungsverhältnissen nie im Stiche lässt. So ist das Zodiakallicht auch in unseren Breiten

gar keine Seltenheit, und man muss sich wundern, dass die oft recht eindrucksvolle Pyramide nur von einem verschwindend kleinen Teile der Bevölkerung je einmal gesehen wird.

Mit der Entfernung vom Tropengürtel ändert sich die perspektivische Ansicht der Pyramide ganz bedeutend; sie wird umso einseitiger, auf unserer Halbkugel umso mehr nach Süden geneigt, je weiter wir den Standort nach Norden verlegen. Das Lichtmaximum oder die Lichtachse, die beim senkrechten Tropenlichte in der Mitte der Pyramide liegt und über dem Horizont die grösste Intensität erreicht, ist bei uns erheblich verschoben und liegt von Süden aus gerechnet ungefähr im ersten Drittel der Pyramide. Die Basisbreite der letzteren wird während der Hauptperiode auch bei uns  $70-80^\circ$ , in den Übergangsstadien zum sömmerlichen Nachtschein wohl  $100^\circ$  und darüber erreichen, und die Spitze der Pyramide kann sich zuweilen auch in unseren Breiten über die Hälfte des sichtbaren Tierkreises erstrecken. So haben wir es auch in der gemässigten Zone mit einer imposanten Lichterscheinung zu tun, die den Beobachter allerdings mehr durch die gewaltige Ausdehnung, als durch die Intensität schon zum voraus in hohem Grade fesselt.

Das Licht hat im Gegensatze zur mehr körnigen Struktur der Milchstrasse ein verschwommenes, milchiges Aussehen, kann letztere an Intensität in der Hauptperiode zuweilen mehrmals übertreffen und gleicht äusserlich vollkommen dem Nachtdämmerungs-scheine. Die Lichtachsenbasis verrät nach Dämmerungsschluss oder vor Dämmerungsanbruch oft einen starken Stich ins Rote, das nach oben und nach der Seite ins Gelbliche und gegen die Ränder der Pyramide mehr ins Weissliche abblasst. In späterer Nachtstunde wird das Licht mehr weisslich, und nur in der Lichtachse verdichtet sich gegen den Horizont eine gelbliche Tönung, die sich in der Basis bis zum warmen gelblichen oder gelblich-roten Tone steigern kann. Das erlöschende oder auftauchende Zodiakallicht, das meistens in die Mitternachtsstunden fällt, unterliegt der zum Horizonte progressiv ansteigenden atmosphärischen Absorption so stark, dass die Pyramide unter  $45^\circ$  Höhe schon sehr unsicher und abgeblasst erscheint. Sie erlischt demzufolge längere Zeit vor ihrem wirklichen Untergange als äusserst zarter Lichtschimmer, der nur noch vom geübten Beobachter als Zodiakallicht erkannt wird.

Gleichzeitig mit dem Zodiakallichte kann auch in unseren Breiten ziemlich häufig der Gegenschein als eine sehr abgeblasste, mehr oder weniger charakteristisch geformte Pyramide, zuweilen nur als äusserst zarte, unbestimmte Helle erkannt werden. Zur ziemlich ausgeprägten Pyramide kann sich der Gegenschein entwickeln, wenn der abnehmende Mond unter dem Osthorizonte steht, und bei geeigneter Konstellation des Mondes kann der Gegenschein das erlöschende Zodiakallicht sogar an Grösse und Intensität übertreffen. Auch die Lichtbrücke gehört keineswegs nur dem Tropenhimmel an. Ihre Sichtbarkeit ist aber entschieden von der Grösse der Sonnendepression und dem damit verbundenen Dunkelheitsgrad des Nachthimmels abhängig und fällt daher hauptsächlich in die Mitternachtsstunden. Die Farbe ist, wie beim Gegenschein, weisslich. Als ein äusserst zartes Lichtband verbindet sie in unseren Breiten nördlich der Ekliptik Zodiakallicht und Gegenschein, gegen beide sich konisch erweiternd. Ihre Breitenausdehnung wird sehr verschieden, von 5—30 ° taxiert, und es ist wohl die Übung und Lichtempfindlichkeit des Beobachtungsauges, seine Dunkeladaption, die Reinheit der Atmosphäre, die Steilheit der Ekliptik und eine möglichst grosse Sonnendepression für den Erfolg ihrer Beobachtung massgebend. Günstig wird es dabei immer wirken, wenn der Mond als verstärkender Reflektor unter dem Osthorizonte liegt.

Die Natur des Zodiakallichtes war bis in die neuere Zeit sehr dunkel. Die zahlreichen Erklärungsversuche lassen sich leicht in zwei Hauptrichtungen teilen. Die eine sucht die Ursache in kosmischen Verhältnissen, die andere will tellurische Umstände herbei ziehen. In beiden Fällen wird meistens reflektiertes Sonnenlicht angenommen; indessen gibt es auch Einzelstimmen, die an ein elektrisches Phänomen glauben. Schon 1733 erklärte De Mairon das Zodiakallicht für die Sonnenatmosphäre.<sup>1</sup> Zu abweichender Ansicht gelangte Seeliger, der die Ursache des Zodiakallichtes in einer kosmischen Staubwolke sucht, die sich gegen die Sonne zu verdichtet und linsen- oder scheibenförmig um letztere lagert.<sup>2</sup> Um diese Theorie hat sich nach und nach ein ganzer Stab

<sup>1</sup> *Traité physique et hist. de l'Aurore boréale.* Paris 1733.

<sup>2</sup> Seeliger. Über kosmische Staubmassen und das Zodiakallicht. *Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der königlich bayerischen Akademie der Wissenschaften.* Band XXXI, 1901, Heft 3.

von Anhängern gesellt; ich erinnere an Barnard, Moulton, Thomas Young, Fessenkoff u. a. Demzufolge hat diese Theorie auch verschiedene Modifikationen erlebt; denn die Staubwolke wurde innerhalb der Erdbahn, aber nahe an dieselbe heranreichend, oder wieder über die Erdbahn hinaus bis in die Nähe der Marsbahn angenommen.

Biot,<sup>1</sup> Maxwell Halls<sup>2</sup> und Mädler<sup>3</sup> denken sich diese Staubwolke in Ringgestalt in der Ebene des Sonnenäquators, zwischen der Erde und Marsbahn liegend. Der Auffassung einer reflektiven Erscheinung tritt heute Birkeland<sup>4</sup> entgegen; er glaubt, dass auf der Sonne eine mächtige äquatoriale Ausströmung elektrischer Strahlenatome bestehe, welche die Sonne in der Form einer gewaltigen Zirkularscheibe umgebe, die uns als Zodiakallicht erscheine. Ähnlich äusserte sich schon früher Lehmann,<sup>5</sup> der den Ursprung des Zodiakallichtes ebenfalls in elektrischen Beziehungen zwischen Sonne und Erde suchte.

Eine verwandte Auffassung vertritt auch Arrhenius,<sup>6</sup> der Kometen, Sonnenkorona, Nordlicht und Zodiakallicht durch den Strahlungsdruck kleiner Körperchen von 0,00016 mm zu erklären glaubt.

Jonas und Heis<sup>7</sup> legen den Ring nicht um die Sonne, sondern ähnlich dem Saturnring als Weltendunstring um die Erde. Diese Ansicht vertreten auch Glanvill und Roche, und heute glaubt der Mediziner Filehne<sup>8</sup> vom physiologischen Standpunkte aus diese Auffassung stützen zu können. Houzeau<sup>9</sup> und Förster vermuten einen der Erde anhängenden, federbuschartigen Sektor, der aus einer nebligen Materie bestehe und in der Ebene der Erdbahn liege. Mit diesen Erklärungen haben wir uns bereits der tellurischen Auffassung des Zodiakallichtes genähert. Regner<sup>10</sup>

<sup>1</sup> Drechsler. Katechismus der Astronomie. Leipzig 1886. Seite 302.

<sup>2</sup> Bulletin of the Mount Weather Observatory. Vol. 6. Part. 3. Washington 1914.

<sup>3</sup> Mädler. Der Himmel. Hamburg 1871. Seite 67.

<sup>4</sup> Archives des sciences physiques et naturelles. Fév. 1916.

<sup>5</sup> Lehmann. Die Erde und der Mond. Prag und Leipzig 1884. Seite 199.

<sup>6</sup> Svante Arrhenius. Das Werden der Welten. Leipzig. Akademischer Verlag 1908. Seite 88.

<sup>7</sup> Klein. Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung. 1901. Seite 75.

<sup>8</sup> Filehne. Das Zodiakallicht und unser Sehorgan. Leipzig 1916. (Ergänzungsheft des „Sirius“.)

<sup>9</sup> Klein. Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung 1901. Seite 75.

<sup>10</sup> Drechsler. Katechismus der Astronomie. Leipzig 1886. Seite 302.

sucht die Ursache desselben in der Beugung der Sonnenstrahlen an der Erdkugel und verlegt somit den Sitz des Zodiakallichtes in die Erdatmosphäre. Mooser und Gruson<sup>1</sup> vermuten im Luftozean wie auf dem Meere Mondflutwellen, die uns das Sonnenlicht reflektieren.

Diese bunte Sammlung der verschiedensten Erklärungsversuche macht noch keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit; aber sie beweist uns doch deutlich genug, wie unsicher die Wissenschaft der Zodiakallichtfrage gegenübersteht, und es mag fast wie ein Überfluss erscheinen, zu all diesen Hypothesen noch eine weitere Erklärung legen zu wollen.

Im Februar 1891 erblickte der Sprechende, als ein für die Himmelskunde begeisterter 21jähriger Jüngling, zuerst das Zodiakallicht. Von diesem Momente an festigte sich meine Überzeugung immer mehr, dass wir es mit einem rein tellurisch-optischen Phänomen unserer bedeutend abgeplatteten Erdatmosphäre zu tun haben. Diesem Gedanken gegenüber bestand nun allerdings die Schwierigkeit, dass das Zodiakallicht nicht in der Ebene des Erdäquators, sondern mehr in der Ebene der Ekliptik liegt. Da aber nach aussen die Winkelgeschwindigkeit der rotierenden Atmosphäre sehr wahrscheinlich schon in relativ tiefen Atmosphärenschichten abnimmt, so ziehen wir daraus den Schluss, dass die Rotationsverhältnisse in den höchsten Atmosphärenschichten jedenfalls ganz andere sind, als dies in der Nähe der Erde der Fall ist. Es scheint, dass die Gravitation der nächsten Himmelskörper unseres Planetensystems über die terrestrische Schwingebeue die Oberhand gewinne, wodurch der Äquator unserer Atmosphärenlinse mehr in die Ebene der Ekliptik verlegt wird. Dabei muss die Frage noch offen bleiben, ob nicht auch tellurische Einflüsse infolge der ungleichen Verteilung der Kontinente und Meere auf unserer Erde diese Ablenkung unterstützen. Weitere Überlegungen sind auch von dem Gesichtspunkte aus zu überprüfen, ob die Zodiakallichtebene die Ursprungsebene unseres Planeten darstelle, die unter dem Einflusse der nächsten Himmelskörper an den Schwerpunktsänderungen und den damit verbundenen Polwanderungen des Erdkörpers nicht mehr teilgenommen hat und nur noch von kosmischen Einflüssen beherrscht wird. Weiter auf diese Frage einzutreten,

---

<sup>1</sup> Gruson. Im Reiche des Lichtes. Braunschweig 1895.

würde uns zu weit führen. Sie bilden ein neues interessantes Problem der Geophysik, und gestützt auf meine Beobachtungen werde ich den Beweis erbringen, dass sie diesem Probleme nicht mehr ausweichen kann. Alles weitere besprechen wir, wie es die kurze Zeit gestattet, an Hand unserer Projektionen, zu denen wir unverzüglich schreiten.

### Begleitworte zu den Projektionen.<sup>1</sup>

1. *Westzodiakallicht in der Schweiz.* Nach meiner Beobachtung bei Oberhelfenswil, den 25. Januar 1914, abends 8 Uhr, mit dem heimatlichen Horizonte Kreuzegg-Hörnlikette. Die Pyramide ist bei uns stets nach Süden geneigt. Die grösste Leuchtkraft liegt von Süden aus gerechnet etwa im ersten Drittel der Pyramide.

2. *Westzodiakallicht. Tropenansicht.* Beobachtet von H. Gruson im Februar 1892 in Assuan, Ober-Ägypten ( $23^{\circ}$  n. Br.). Die Pyramide ist senkrecht und breit angesetzt. Das Maximum in der Mitte.

3. *Westzodiakallicht. Tropenansicht.* Beobachtet von L. Becker im Oktober 1858 in Melbourne, Australien ( $36^{\circ}$  südl. Br.) Auf der südlichen Halbkugel ist die Pyramide nach Norden geneigt.

4. *Meine Zodiakallichttheorie.* Erde und Atmosphäre von der Polseite aus gesehen, daher ist die Atmosphäre nicht linsenförmig, sondern kreisförmig gezeichnet. Die Sonne beleuchtet den grössten Teil der Atmosphäre und bildet im Westen für den Beobachter auf der Nachtseite das Zodiakallicht. Im Osten der Mond. Bei geeigneter Konstellation bildet er ein Mondzodiakallicht oder den Gegenschein, dessen Spitze sich mit der Zodiakallichtspitze sogar kreuzen kann, wodurch die Bedingung für die Bildung der Lichtbrücke besonders günstig ist. Maunder in Indien und Gruson in Ägypten berichten uns von sog. Spalten oder Schattenstrahlen im Zodiakallichte. Umgekehrt erwähnt Prof. Pechuel-Loesche aus den Wendekreisgebieten helle Seitenstrahlen, die kometenschweifartig stets einseitig neben der Pyramide standen. Offenbar handelt es sich um licht- und schatten-

---

<sup>1</sup> Anmerkung. Voraussichtlich wird eine grössere allgemeine Veröffentlichung über Zodiakallicht und Nachtdämmerung mit vielen Textbildern und Tafelbeilagen später folgen. Daher wird an dieser Stelle von der Beilage von Tafeln Umgang genommen.

wurfende Wolken. Dichte Kumulusstöcke bewirken selbst am Tage hoch am Himmel oft lange Schlagschatten und können, unter dem Horizonte stehend, Schattenstrahlen in das Zodiakallicht werfen. Umgekehrt werden unter dem Horizonte stehende, in die Abendglut versetzte Wolken, auch Lichtstrahlen bewirken können, die jedenfalls mit den Lichtstrahlen nach Prof. Loesche identisch sind. Diese Annahme findet eine erhebliche Stütze darin, dass diese Strahlen stets einseitig, auf der der Erde zugekehrten Seite auftraten. Ein Auftreten auf der entgegengesetzten Seite wäre optisch unmöglich.

5. *Schattenstrahl im Zodiakallichte.* Beobachtet von H. Gruson am 19. Februar 1892 auf der Insel Elephantine. Diese Beobachtung ist umso wertvoller, als Gruson ausdrücklich betont, dass dieser Strahl vor seinen eigenen Augen sich schloss und das Zodiakallicht wieder normal erschien. Ähnliche Wolkenshatten erblickt man oft im Purpurlichte, und am 14. August dieses Jahres sah ich vier solche Strahlen von kleinen Wolken ausgehend sehr deutlich in der atmosphärischen Korona. (Bishopscher Ring.)

6. *Seitenstrahlen neben dem Zodiakallichte.* Im Jahre 1875 beobachtet von Prof. Pechuel-Loesche. Jedenfalls wurden diese Strahlen verursacht durch hellglühende, unter dem Horizonte stehende Abendwolken. Diese Licht- und Schattenstrahlen sprechen doch kaum für die kosmische Natur des Zodiakallichtes.

7. *Erdlicht mit Bildung eines Gegenscheins und einer Lichtbrücke.* Nach den sorgfältigen Untersuchungen von Humphreys, Newcomb, Ytema und Abbot existiert am Mitternachtshimmel nach Abzug des Sternenlichtes immer noch ein Rest Licht, dessen Herkunft man nicht kennt. Die grösste Intensität liegt rings über dem Horizonte; nach oben nimmt die Lichtmenge stetig ab. Nach meiner festen Überzeugung handelt es sich um indirekte Dämmerung höchster Atmosphärenschichten. Die sonnenbeleuchtete Atmosphäre, die wir Erdkorona nennen möchten, tangiert die Schattenkegelluft so gründlich, dass diese in leichte Dämmerung geraten muss. Die Lichtquelle kommt für den Beobachter hinter dem Horizonte herauf, und darum ist die Lichtzunahme gegen den Horizont zu auch am grössten.

In unseren Breiten haben wir die Sonne nie im Nadir des Beobachters; daher stehen wir beständig unter dem Einflusse der einseitig wirkenden Erdkorona und dies umsomehr, je geringer die Sonnendepression ist. Dies stimmt vollständig mit dem Dunkelheits-



grad des Nachthimmels, dessen eine, über dem Sonnenorte liegende Hälfte fast immer etwas heller abtönt, als die gegenüberliegende Seite.

Aus einer linsenförmigen Atmosphäre geht hervor, dass in der Ebene des atmosphärischen Äquators die reflektierenden Massen am höchsten aufgetürmt sind und in vermehrter Intensität in den Schattenkegel einstrahlen. In derselben Ebene liegen auch die tiefsten Dämmerungsschichten, und so erklärt es sich, dass die Himmelsfarbe in der Ekliptik immer etwas heller abtönt. Wird diese Helle über dem Horizonte ziemlich markant, so entsteht ein Gegenschein, in dessen Verlängerung sich bei grosser Sonnendepression, die den Beobachter in den tiefsten Erdschatten stellt, sich eine ununterbrochene Lichtzone der Luftlinsenebene entlang ausbildet, die Lichtbrücke. Auf der nördlichen Halbkugel kommen in höheren Breiten mehr die nördlich gelegenen Partien zur optischen Wirkung, und die südlichen Zonen erlöschen teilweise. Daraus erklärt sich für uns die nördliche Abweichung der Lichtbrücke aus der Ekliptikebene.

8. *Die nächtliche Eigenbewegung des Zodiakallichtes.* Mit der Wirkung des Erdlichtes in enger Verbindung steht die sogenannte nächtliche Eigenbewegung des Zodiakallichtes. Sie wurde meines Wissens nur von Cassini angedeutet, von mir unabhängig von ihm wieder gefunden und genauer untersucht. Sie kennzeichnet sich dadurch, dass beim Westzodiakallichte nahe, aber noch ausserhalb stehende Sterne in derselben Nacht allmählich in die Pyramide eintauchen, während beim Ostzodiakallichte ein entsprechendes Austreten beobachtet wird. Meine Vermutung, hier für das Zodiakallicht einen neuen terrestrischen Beweis zu finden, musste ich fallen lassen. Ohne Zweifel ist die Erscheinung abhängig vom Dunkelheitsgrad des Nachthimmels, wodurch bei der Westpyramide anfänglich optisch noch unwirksame Randpartien durch die wachsende Sonnendepression sichtbar werden, während sie beim Ostzodiakallichte durch das Steigen der Sonne erlöschen. Die Ergebnisse haben insofern eine Bedeutung, als der Beweis erbracht ist, dass in hohen Atmosphärenschichten die Dämmerung die ganze Nacht hindurch von der Sonnendepression beeinflusst wird.

9. *Ostzodiakallicht. August bis November.* Schon Ende Juli entwickelt sich aus dem Mitternachtsschein die erste Anlage zum Ostzodiakallicht. Besonders mache ich auf die Verschiebung der Sternbilder in der Pyramide aufmerksam. Die Richtung geht schräg aufwärts.

10. *Ostzodiakallicht. Dezember bis März.* Die Höhe der Zodiakallichtregion ergibt sich aus den Spitzenlagen auf 1000 bis 5000 km. Einzelne Resultate reichen sogar auf 8000 km. Diese Angaben müssen mit allem Vorbehalt aufgenommen werden. Wir kennen die Werte der indirekten Dämmerung nicht. Ebenso schwer ist es, die Lichtabsorption der Schattenkegelluft auf die zarte Pyramidenspitze richtig einzuschätzen. Dazu kommt die nächtliche Eigenbewegung, durch welche stündliche Spitzenverlängerungen oder Verkürzungen von 6—10° möglich sind. Aus allem geht daher hervor, dass die Höhenbestimmung des Zodiakallichtes ein sehr schwieriges Problem ist.

11. *Westzodiakallicht. Dezember bis März.* Im Gegensatz zum Ostzodiakallichte bemerken wir hier ein allmähliches Eintauchen der Randsterne in den Südschenkel. Die Bewegung geht aber nicht schräg aufwärts, sondern schräg abwärts. Aus allen diesen Beobachtungen ziehen wir den sicheren Schluss, dass das Zodiakallicht zum mindesten nicht in die Fixsternregion gehört. Doch könnte die Zugehörigkeit zur Sonne eine ähnliche Bewegung ergeben. In diesem Falle müsste aber die Zodiakallichtspitze analog der Sonnenbewegung täglich rund 1 Grad von Westen gegen Osten schreiten. Diesen Forderungen entsprechen die Untersuchungen nicht.

12. *Retardation des Zodiakallichtes zur Sonnenbewegung.* Zur Prüfung der jährlichen Zodiakallichtbewegung wählen wir hier die Hauptperiode des Westlichtes vom 8. Dezember bis 9. März. Am 8. Dezember liegt abends 8 Uhr die Zodiakallichtspitze bei 108 Pisces. Bis zum 9. März 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr wandert sie nach 72 Tauri. Distanz 41°. Sonnenbewegung in 91 Tagen rund 90°. Somit bleibt das Zodiakallicht in 91 Tagen 49° hinter der Sonnenbewegung zurück. Ähnliche Ergebnisse finden sich auch beim Ostzodiakallichte, was die Zugehörigkeit zur Sonne wohl gänzlich ausschliesst.

13. *Lage der Zodiakallichtachse und des Gegenscheins zum Sonnenäquator und der Ekliptik.* Im Jahr 1900 veröffentlichte Prof. Wolf, Direktor des Observatoriums Königsstuhl seine Ergebnisse über die Lage des Zodiakallichtes und des Gegenscheins,<sup>1</sup> und kam zum Schlusse, dass das Zodiakallicht wahr-

<sup>1</sup> M. Wolf. Über die Bestimmung der Lage des Zodiakallichtes und den Gegenschein. Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-physikalischen Klasse der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften. Band XXX, 1900, 2. Heft.

scheinlich in der Ebene des Sonnenäquators liege. Das gefundene Resultat stützt sich auf eine kleinere Zahl photometrischer Horizontalschnitte des Februar- und Märzziakallichtes, welche nur geringe Abweichungen aus der Ekliptikebene zeigen. Würde aber Prof. Wolf die ganze Lage der Lichtachse auch zu anderen Jahreszeiten und speziell beim Ostziakallichte untersucht haben, so hätte er damals ohne Zweifel seine Schlüsse fallen gelassen. Unsere Untersuchungen zeigen speziell beim Ostziakallichte und beim Gegenschein teilweise so gewaltige Abweichungen aus der Ebene des Sonnenäquators und der Ekliptik, dass die Zugehörigkeit zur Sonne gänzlich ausgeschlossen erscheint.

Prof. Wolf hat wohl übersehen, dass die Lage der Ziakallichtachse und des Gegenscheins in weitgehendster Weise abhängig ist von dem Beobachtungsorte. In je höhere Breiten wir denselben verlegen, um so mehr leiden unsere Beobachtungen durch die einseitig wirkende Absorption der Schattenkegelluft. Auf der nördlichen Halbkugel werden nördliche Teile der Pyramide in vermehrter Weise optisch wirksam und südliche, entferntere Partien erlöschen. Auf der südlichen Halbkugel ist dies umgekehrt.

14. *Die Wirkung der atmosphärischen Absorption auf die Ziakallichtpyramide und die Parallaxe des Ziakallichtes.* Die kolossale einseitige Wirkung der atmosphärischen Absorption auf die Ziakallichtpyramide, wobei die Lage der Lichtachse gänzlich aus der Ekliptikebene herausgerissen wird, zeigt uns zu gewissen Jahreszeiten besonders das Ostziakallicht, teilweise auch das Westziakallicht. Jones hatte diese Störung ohne Zweifel beobachtet, wenn er schreibt: „Wenn ich mich nördlich der Ekliptik befand, war der Hauptteil des Ziakallichtes auf der Nordseite dieser Linie. Wenn ich im Süden der Ekliptik war, befand sich der Hauptteil des Ziakallichtes auf der Südseite. Wenn ich meine Stellung nahe der Ekliptik hatte, war dieses Licht gleichmässig oder nahezu gleichmässig von der Ekliptik verteilt.“

In diesen Störungen ist sicherlich auch das Geheimnis der negativen Parallaxe zu suchen, indem die Spitzenlage mit dem Beobachter wandert und zum Fixsternhimmel eine total falsche Perspektive ergibt. Ob für einen geübten Beobachter in verschiedenen Breitenzonen der Erde vielleicht doch noch Parallaxenmerkmale sichtbar würden, kann ich nicht entscheiden, aber ich vermute eher ja.

15. *Bildung des Gegenscheins durch Mondlicht und reflektiertes Zodiakallicht.* Alexander v. Humboldt erklärte den Gegenschein für eine reflektierte Erscheinung des Zodiakallichtes. Brorsen dagegen hielt ihn für eine mit dem Zodiakallichte in Verbindung stehende, jedoch selbständige Lichterscheinung. Die Untersuchungen haben ergeben, dass beide Fälle möglich sind. Einen selbständigen Gegenschein bildet der Mond. In diesem Falle wächst der Gegenschein an, während das Zodiakallicht abnimmt. Wie sich der Purpur auf der Gegenseite des Himmels wieder spiegeln kann, so kann auch das Zodiakallicht im Gegenpunkte ein schwaches Reflexbild erzeugen. Dieser Gegenschein wird sich aber von dem Mondgegenschein oft durch seine anormale Lage zur Ekliptik unterscheiden, und zudem verschwindet er schon zirka eine Stunde vor dem Westzodiakallichte, wird also im Gegensatze zum Mondgegenschein stets kleiner und lichtschwächer. Wir haben also drei Möglichkeiten zur Bildung des Gegenscheins erkannt: den Mondgegenschein, das Erdlicht und das reflektierte Zodiakallicht.

Wenn Heis, Serpieri und Eylert übereinstimmend die merkwürdige Beobachtung machten, dass der Gegenschein in seltenen Fällen ausserhalb der Lichtbrücke lag, so hatten hier sicherlich diese verschiedenen Faktoren zusammengewirkt, die auf kosmischem Wege kaum mehr zu erklären sind.

16. *Übergangsformen zur Nachtdämmerung. Aprilzodiakallicht.* Wenn das Zodiakallicht wirklich den äussersten Dämmerungsbogen der Erdatmosphäre darstellt, dann dürften wir voraussetzen, dass sich auch im Nachtdämmerungsphänomen Anomalien zeigen, die auf die stark abgeplattete Atmosphäre hinweisen. Diese Voraussetzung hat sich durchaus bestätigt.

Ende März oder Anfang April beobachten wir eine plötzliche Veränderung des versinkenden Westzodiakallichtes. Es umgibt sich mit einem zarten, diffusen Mantel, dessen Merkmale man beim Winterzodiakallichte vergeblich sucht. Vermutlich handelt es sich um eine tiefere Schichtungsgrenze der Zodiakallichtsphäre; denn aus diesem zodiakallichtähnlichen Mantel entwickelt sich bis Ende Mai der gleichschenklige sömmerliche Nachtdämmerungsschein, der uns die letzte Dämmerung der nordischen Nachtsonne darstellt. Diese Übergangsformen kehrten seit meiner erstmaligen Beobachtung im Jahre 1909 alljährlich in derselben Weise und die gleichen Sternbilder umfassend zurück, so dass an eine konstante Erscheinung

geglaubt werden muss. Die Basisbreite dieses Zodiakallicht-Dämmerungsscheins kann  $100^\circ$  und die Scheitelhöhe wohl  $70^\circ$  und darüber erreichen.

17. *Mai-Zodiakallicht. Übergangsformen zum gleichschenkligen Nachtdämmerungsschein in derselben Nacht.* Im Monat Mai treten die Übergangsformen zur sömmerlichen Nachtdämmerung immer deutlicher hervor. Eine entsprechende Umformung ist auch jede Nacht konstatierbar. Sie macht sich geltend durch eine fortschreitende Abrundung des Zodiakallichtscheitels, bis wir um Mitternacht den gleichschenkligen Nachtdämmerungsschein vor uns haben. Diese Umformung tritt immer früher ein, und Ende Mai oder Anfang Juni haben wir schon mit einbrechender Nacht das gleichschenklige Nachtdämmerungssegment des Hochsommers vor uns.

18. *Veränderungen des Zodiakallichtes in derselben Nacht.* Ganz verwandte Veränderungen finden sich auch beim Winterzodiakallichte, das im Laufe des Winters, aber auch jede Beobachtungsnacht, sich der gleichschenkligen Pyramide nähert.

19. *Nachtdämmerungsschein im Juni.* Selbst wenn sich die Umformung vom Zodiakallichte zum sömmerlichen Nachtscheine gänzlich vollzogen hat, so hat diese Nachtdämmerung immer noch eine gewisse Zodiakallichtnatur, die sich in einer hochgradigen Verschiebung aus dem senkrechten Sonnenstande in der Richtung des westlichen Ekliptikastes äussert. Wir leiten aus unseren Beobachtungen folgende allgemeine Regeln ab: 1. Die Nachtdämmerung ist stets in der Richtung des steileren Ekliptikastes verschoben. 2. Liegt die Ekliptik gleichmässig unter dem Horizont, so stellt sich die Nachtdämmerung senkrecht über den Sonnenort. 3. Wird die Ekliptiklage einseitig und steiler, so wird der anfänglich nur nach jener Richtung verschobene Nachtdämmerungsschein in der Gegend des betreffenden Ekliptikastes aufgetürmt, bis er schliesslich ausgesprochene Zodiakallichtnatur erhält.

20. *Nachtdämmerungsschein im Juli.* In der ersten Monatshälfte bewirkt der steilere Ekliptikast im Westen immer noch eine erhebliche Verschiebung des Mitternachtsscheins gegen Westen. Die Höhen der reflektierenden Atmosphärenschichten ergeben aus dem sömmerlichen Nachtschein 200—650 km, und zwar finden wir umso grössere Höhen, je grösser die Sonnendepression ist, was sich durch den Dunkelheitsgrad des Nachthimmels ableiten lässt. Die Höhenbestimmung der Nachtdämmerung begegnet überhaupt genau

denselben Schwierigkeiten wie die Höhenbestimmung des Zodiakallichtes.

21. *Mitternachtsschein Anfang August mit einleitendem Ostzodiakallicht* (5./6. August 1916). Schon Ende Juli bewirkt der östlich aufsteigende Ekliptikast kurz nach Mitternacht aus dem Nachtscheine die erste Anlage zum Ostzodiakallichte. Anfang August gewinnt der östliche Dämmerungsast immer mehr Zodiakallichtnatur.

22. *Übergangsformen vom Nachtdämmerungsschein zum Ostzodiakallichte* am 18./19. August 1917. Die Beobachtungsserie von abends 10 Uhr bis morgens 3 Uhr 20 Minuten zeigt den ununterbrochenen Entwicklungsgang vom normalen, gleichschenkligen Nachtdämmerungsschein zum auftauchenden Ostzodiakallichte.

23. *Nachtdämmerungsschein im September*. Wir verlassen mit diesem Monat das bereits ausgebildete Ostzodiakallicht und beschäftigen uns nun mit der Einleitung des Westzodiakallichtes. Im September und Oktober bleibt nach einbrechender Nacht selbst bei einem Sonnenstande von  $-30^\circ$  und darüber immer noch ein zarter Rest des sömmerlichen Nachtscheins zurück, wodurch die bisher angenommene Grenze der astronomischen Dämmerung bei  $-18^\circ$  illusorisch geworden ist. Dieser zarte Nachtdämmerungsschein verlängert sich in der zweiten Hälfte September bis nach Südwesten und kann dadurch vom senkrechten Sonnenstande eine Verschiebung gegen den südwestlichen Ekliptikast von  $70^\circ$  erreichen.

24. *Nachtdämmerungsschein im Oktober mit Übergang zum Westzodiakallichte*. Durch die allmählich höher steigende Ekliptik schwillt das Dämmerungsband im Südwesten immer mächtiger an, reicht aber mit seinen Ausläufern noch bis in den Nordhorizont, und das ganze ist ein typisches Zwischenglied von Nachtschein und Zodiakallicht.

25. *Zodiakallicht im November*. Im November wird die echte Zodiakallichtnatur mehr und mehr überwiegen, doch bleibt ein Rest des sömmerlichen Nachtscheins auch in diesem Monat noch fühlbar, der sich in der Verlängerung des Nordschenkels in ein zartes Dämmerungsband zeigt. Wir haben nun den eng verbundenen Jahreslauf zwischen Nachtdämmerung und Zodiakallicht geschlossen, aus welchem die Zusammengehörigkeit zwingend hervorgeht. Erfreuliche Bestätigungen finden wir aber auch in den Übergängen

zwischen der astronomischen Dämmerung und dem Zodiakallicht in derselben Nacht.

26. *Übergang vom Ostzodiakallicht zur Morgendämmerung.* Wenn wir während der Hauptperiode des Westzodiakallichtes die letzte Abenddämmerung genauer untersuchen, so finden wir das Maximum vom lotrechten Sonnenstande oft nach Süden gedrückt, und in den letzten Dämmerungsphasen fliesst es allmählich in jener Stelle zusammen, wo bald nachher die Lichtachsenbasis auftaucht.

Wenn es mir noch nicht gelungen ist, die letzte Abenddämmerung in derselben Schärfe zu zergliedern wie die erste Morgendämmerung, so mögen atmosphärisch-optische Gründe mitsprechen, zu denen sich sehr warscheinlich auch physiologische Momente unseres Sehorgans gesellen, dessen Lichtreiz nach vollbrachter Nacht grösser ist als nach dem hellen Tage.

Der erste Vorbote der Morgendämmerung kündigt sich durch eine erhebliche Intensitätszunahme des Ostzodiakallichtes an. Eine solche Progression beobachten wir in umgekehrtem Sinne auch beim Westzodiakallichte. Sie wird hervorgerufen, weil am Abend unmittelbar nach Dämmerungsschluss zunächst noch die tiefsten und reflexionsfähigsten Schichten der Zodiakallichtsphäre von den Sonnenstrahlen tangiert werden. Am Morgen ist das Umgekehrte der Fall. Fast plötzlich wird nun die Lichtachsenbasis breiter und unbestimmter und erscheint oft um einige Grade nach Norden verschoben. Dies ist das Signal zum ersten Dämmerungsanbruch; denn unmittelbar nachher taucht in der Lichtachsenbasis oder hart an ihrer Nordseite der erste, noch äusserst zarte Dämmerungsbogen auf. Die Sonnendepression wird zu dieser Zeit bei günstigen Beobachtungsverhältnissen 18—19° betragen, und die südliche Abweichung vom Sonnenorte kann 20° Grad übersteigen. Dieser erste Dämmerungsbogen wächst nun nicht konzentrisch, sondern exzentrisch an und wandert so rückwärts dem Sonnenorte zu. Wenn die Dämmerung etwa die halbe Höhe des Zodiakallichtes erreicht hat, wird letzteres gänzlich ausgelöscht. Durch die fortschreitende Exzentrizität sucht die auftauchende Dämmerung ihre normale Lage über dem Sonnenorte. Hier angelangt, erreicht sie in wenigen Minuten Zenithöhe, und fast urplötzlich wird nun auch auf der westlichen Himmelshälfte bis hinab zum Horizonte die Gegendämmerung fühlbar, wodurch die Abgrenzung des östlichen Dämmerungssegmentes

aufhört. Die Dämmerung ist am ganzen Himmel, und die Sterne fünfter Grösse verschwinden.

Die Südverschiebung der auftauchenden Morgendämmerung in der Richtung der Zodiakallichtachse ist eine natürliche Folge der aufgetürmten Atmosphärenschichten in der Ebene des atmosphärischen Äquators. In jener Richtung werden zuerst die reflexionsfähigen Dämmerungsschichten von den Sonnenstrahlen tangiert, was in unserer Gegend bei der schiefen Lage des atmosphärischen Äquators zur Horizontebene eine Südverschiebung der auftauchenden Morgendämmerung ergeben muss. Je tiefer im weiteren Verlaufe die Sonnenstrahlen die Atmosphäre tangieren, umsomehr nähern sich ihre Schichten der Kugelgestalt der Erde, was eine allmähliche Einstellung der auftauchenden Dämmerung über den Sonnenort bedingt. Wäre unsere Atmosphärenhülle eine gleichmässige Kugelschale, so müsste der erste Dämmerungsbogen und jeder Nachtdämmerungsschein senkrecht über dem Sonnenorte liegen. Unsere Beobachtungen zeigen das Gegenteil, wodurch unsere Kenntnisse über den Aufbau unserer Atmosphärenhülle um einen mächtigen Schritt vorwärts gekommen sind und auch die Brücke zwischen Zodiakallicht und Dämmerung einwandfrei geschlagen ist. Damit dürfte endlich die lang gestellte Frage über die Natur des Zodiakallichtes ihre endgültige Lösung gefunden haben.

27. *Morgendämmerung.* Während unseren Betrachtungen hat sich bei einem Sonnenstande von zirka  $-13^{\circ}$  über dem Osthorizonte ein intensives gelbes Dämmerungsband gebildet. Vermutlich tangieren die Sonnenstrahlen bereits die tieferen Schichten der Stratosphäre. Der junge Tag bricht an, der in seiner Schönheit und Erhabenheit von keiner Künstlerhand erreicht wird.