Zeitschrift: Bericht über die Tätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft

Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft

Band: 72 (1945-1947)

Artikel: Eine Dämmerungsstunde

Autor: Schmid, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-832833

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: 12.07.2025

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

EINE DÄMMERUNGSSTUDIE

Von F. Schmid

Die goldene Sonnenkugel hat den fernen Horizont erreicht, und langsam taucht sie in denselben ein. Keine Macht der Welt kann die Drehung der Erde, die sich jetzt so deutlich zeigt, auch nur für eine Sekunde aufhalten. Ein Erdentag sinkt in das Meer der Vergangenheit. Es ist auch hier ein ewiges Gesetz des Werdens und Vergehens. Dem verglimmenden Tage folgt die Nacht, und das Morgenrot verkündigt wiederum den neuen Tag. Nun leuchtet nur noch der obere Sonnenrand über dem fernen Horizonte auf. Jetzt rasch den Feldstecher zur Hand! Der letzte erlöschende Strahl gleicht einem aufblitzenden grünblauen Feuerwerk. Wir hatten das Glück, den grünen Strahl zu sehen, der nur bei einem vollkommen klaren Horizonte beobachtet werden kann. Er ist auch auf dem Meere eine Seltenheit, weil der Horizont fast immer mehr oder weniger dunstig ist. Die physikalische Erklärung des grünen Strahls liegt im Sonnenspektrum, das mit dem blauvioletten Ende für uns noch wirksam wird. Dieser Effekt dauert kaum mehr als eine Sekunde. Jetzt sehen wir über dem Sonnenorte noch eine kurz begrenzte Röte von wenigen Graden Durchmesser, die schon nach einigen Minuten erlischt. Der Westhimmel nimmt nun über dem Sonnenorte in grosser Ausdehnung von etwa 60 Grad Breite und 35 Grad Höhe eine gelbliche Färbung an. Sie ist ein Gemisch von Gelb, Grau und Weiss. Der Kern ist rundlich. Das Ganze kann aber, besonders im Winterhalbjahr, auch eine leichte, nach Süden geneigte Pyramidenform verraten. Wir nennen diese Himmelshelligkeit den Klaren Fleck, der bei etwa 3 Grad Sonnentiefe dann rasch in das Purpurlicht hinüberfärbt, das in 15 bis 20 Minuten folgen wird. Die Sonne ist jetzt etwa einen Grad unter dem Horizont. Nun wenden wir unsere Blicke gegen Osten. Über dem Horizonte erhebt sich ein breites

graublaues Segment. Das ist der Erdschatten, der in die Luft hinaus projiziert wird, als erster Vorbote der kommenden Nacht. Am Morgen sehen wir ihn im Westen als die scheidende Nacht zum Horizonte herabsinken, und wenn er untergegangen ist, brechen schon die ersten Sonnenstrahlen über dem Osthorizonte hervor. Nun rötet sich im Osten über dem steigenden Erdschatten der Himmel als erste farbige Gegendämmerung, während im Westen der Klare Fleck noch keine Spur einer Rotfärbung zeigt. Dass die Rötung des Himmels zuerst auf der Gegenseite der Sonne eintritt, ist doch sehr interessant. Jetzt rötet sich auch der ferne Alpenkranz; der Zauber des Alpenglühns leuchtet uns immer deutlicher entgegen und bildet mit dem steigenden bläulichen Erdschatten und der roten Gegendämmerung einen wunderbaren Kontrast. Dieses herrliche Farbenspiel dauert aber höchstens 10 Minuten. Rasch blasst nun alles ab, und der Bergkranz erscheint nun immer mehr in einem bleichen, weisslichen Lichte. Die Sonne ist nun etwa 3 Grad unter dem Horizont, und jetzt, da im Osten die farbige Dämmerung ganz erblasst, überflutet im Westen den Klaren Fleck eine zunehmende Rötung. Das Purpurlicht erscheint in seiner stimmungsvollen Schönheit und erreicht bei etwa 4 Grad Sonnentiefe das Maximum. Kalt und frostig zeigt sich der Osthimmel mit dem fernen Alpenkranz, der wie mit einem Leichentuch bedeckt ist, während das westliche Purpurlicht so intensiv werden kann, dass westliche Gebäudefronten, und im Winter die Schneedecke, von einem zarten rötlichen Hauche übergossen werden. Schon nach etwa 5 Minuten ist das Maximum des Purpurlichtes überschritten, und langsam erlöschend sinkt es bei einer Sonnendepression von zirka 6 Grad gegen den Horizont. Über demselben liegt nun ein rötliches Dämmerungsband von etwa 15 Grad Höhe, das nach oben in gelbliche und grünliche Tönung übergeht und sich im Dämmerungsblau verliert. Deutlich bricht schon das Licht der grossen Planeten durch den dunkler werdenden Himmel. Ihnen folgen Fixsterne erster Grösse, und in den menschlichen Wohnungen zündet man die Lichter an. Die sogenannte bürgerliche Dämmerung hat ihren Abschluss gefunden, und die astronomische Dämmerung beginnt.

Im Osten hat der steigende Erdschatten an Prägnanz bedeutend abgenommen, weil er zum dunkler werdenden Dämmerungshimmel weniger kontrastiert. Über dem Horizonte, wo anfänglich der Erdschatten aufgestiegen ist, erhebt sich nun an Stelle des dunklen Segments ein schwa-

ches helles Segment, und nochmals rötet sich der östliche Bergkranz in einem schwachen Rosalicht. Das ist die zweite Gegendämmerung, die bei etwa 7 Grad Sonnentiefe eintritt und die dem zweiten Purpurlichte im Westen vorausgeht, welches bei günstigen Verhältnissen bei einer Sonnendepression von zirka 8 Grad als eine schwache Rötung des ganzen Westhimmels sichtbar wird. In unseren Breiten erlischt das zweite Purpurlicht bei zirka 11 Grad Sonnentiefe. Aber auch nachher liegt über dem Westhorizonte immer noch ein gelbliches Dämmerungsband, das nach oben in grünliche Töne übergeht. Der Westhimmel enthält trotz der allmählich kommenden Nacht immer noch einen gelblichen Stich, weil höhere Luftschichten noch vom Sonnenlichte tangiert werden. Diese Färbung teilt sich zuweilen auch dem Osthimmel mit, so dass man eigentlich von einer dritten Gegendämmerung sprechen könnte. Es kommt auch tatsächlich vor, dass bei 13 bis 14 Grad Sonnentiefe eine noch schwächere dritte Pulsation des Purpurlichtes über dem ganzen Westhimmel eintreten kann. Vermutlich kommen hier verschiedene Schichtungen in der Atmosphäre zur optischen Wirkung. Wir stehen jetzt in den letzten Dämmerungsphasen. Der Reihe nach erkennen wir am nachtblau werdenden Firmamente Sterne dritter und vierter Grösse, und das westliche Dämmerungsband sinkt auf den Horizont. Hoch am Himmel erkennen wir bereits den Milchstrassenzug. Seine Äste senken sich mehr und mehr zum Horizont, und Sterne fünfter Grösse sind sichtbar geworden. Die astronomische Dämmerung hat bei rund 18 Grad Sonnentiefe ihren Abschluss gefunden, und die Nacht ist eingebrochen. Aber die äussersten Schichten unserer Luftlinse werden immer noch von den Sonnenstrahlen tangiert. Wir sehen diesen letzten und höchsten Dämmerungsbogen im Winterhalbjahr bei steiler aufsteigender Ekliptik als Zodiakallicht. Im Sommerhalbjahr liegt die Ekliptik sehr flach zum Horizont. Zu dieser Zeit liegt während der Nacht in unseren Breiten die atmosphärische Linse mehr oder weniger horizontal. Wir sehen die beleuchtete Atmosphäre mehr von der sphärischen Seite der Luftlinse, und daher erscheint uns im Sommerhalbjahr der höchste und letzte Dämmerungsbogen nicht pyramidal wie im Winter, sondern segmentförmig.

Erfahrungsgemäss tritt die farbige Dämmerung nicht immer in derselben Prägnanz auf. Das Purpurlicht kann auch bei wolkenfreiem Himmel für längere Zeit sehr schwach ausfallen oder einmal sogar ganz ausbleiben und dann wieder zuweilen fast sprunghaft in grossem Glanze

erscheinen. Der Staubgehalt der Atmosphäre, die Eiskristalle in derselben und die Luftdruckverhältnisse spielen eine grosse Rolle. Hoher Barometerstand mit Ostwindregime bewirkt in der Regel intensivere Purpurlichter. Auch in den Tropen kann das Purpurlicht zuweilen sehr fade ausfallen. Ich erinnere mich aber auch an Dämmerungen von erhabener Schönheit, wo auch das zweite Purpurlicht mehr als eine gewaltige dunkelrote Glockenform erschien und sich erst bei 16 bis 17 Grad Sonnentiefe direkt mit dem auftauchenden Zodiakallichte ablöste.

Unser Programm erweitert sich aber ganz bedeutend, wenn wir mit Messinstrument, vielleicht auch mit Spektroskop und Photoapparat die Dämmerung genauer zu zerlegen suchen. Vielleicht vermissen wir auch noch ein Photometer. Doch haben Hoffmeister, Sandig, Wolf, Brunner und Buser solche beim Zodiakallicht angewendet, und ein jeder ist zu anderen Schlüssen gekommen. Brunner hat zwar die terrestrische Natur des Zodiakallichtes erkannt. Die Arbeit würde auch so gross, dass sie namentlich zur Zeit des Purpurlichtes eine Person nicht mehr bewältigen könnte. Ich beschränkte mich daher bis jetzt zur Hauptsache auf visuelle Messungen mit meinem Spezialinstrument, das mir die Firma Kern in Aarau nach meinen Angaben erstellte und das rasche und zuverlässige Aufnahmen gestattet. Nach Sonnenuntergang beginnen die Messungen schon beim Klaren Fleck und besonders beim Purpurlichte alle 5 Minuten. Die Azimute der südlichen und nördlichen Begrenzung, das Maximum und die Höhe werden ermittelt und sofort eingeschrieben. Die allgemeine Form wird skizziert. Wenn man auch noch die Gegendämmerung auf das Programm nimmt, so erfordert alles eine vollständige Beanspruchung, und jeder Besuch, wenn es nicht eine Person vom Fache ist, wirkt störend. Nach dem Erlöschen des Purpurlichtes wird die Arbeit ruhiger. Es handelt sich neben den Vorgängen der Gegendämmerung nun speziell um die Lage der Dämmerungsmaxima im Westen, die später mit dem jeweiligen Sonnenstande verglichen werden. Die Messungen beim Zodiakallichte und beim Nachtschein werden in der Regel nur alle Stunden erneuert.

Schon im Jahre 1916 und besonders wieder 1937 habe ich in der Meteorologischen Zeitschrift darauf hingewiesen, dass in unseren Breiten, namentlich im Winterhalbjahr, im Purpurlichte gesetzmässige Asymmetrien auftreten. Sie äussern sich darin, dass das Maximum des Purpurlichtes vom Sonnenazimut um mehrere Grade nach Süden, in der Rich-

tung des schief aufsteigenden Ekliptikastes, verschoben wird. Weiter zeigt im Winter das Purpurlicht eine deutliche Südneigung und ist leicht pyramidal. Fast regelmässig ist die südliche Seite schärfer begrenzt als die Nordseite. Im Gegensatze zu diesen Asymmetrien ist das sommerliche Purpurlicht äusserlich segmentförmig, und die Lichtverteilung ist mehr symmetrisch. Die genannten Asymmetrien hören auch beim senkrechten Tropen-Purpurlichte auf. Es zeigt sich schon zur Zeit des Purpurlichtes eine enge Verwandtschaft zum Zodiakallicht und zum Nachtscheine, die von der Lage der Ekliptik abhängig ist. Man hat den Sitz des Purpurlichtes gewöhnlich in einem Erdabstande von 30 bis 50 km angenommen. Bei diesen geringen Höhen können wir aber die Asymmetrien des Purpurlichtes nicht erklären; denn die unteren Luftschichten sind noch sehr wenig abgeplattet. Ein Purpurlicht müsste daher, dem sphärischen Gesetze folgend, symmetrisch über dem Sonnenorte liegen. Das Purpurlicht unserer Breiten verrät aber zudem noch unverkennbare Eigenschaften des Zodiakallichtes. Alles das weist deutlich darauf hin, dass noch viel höhere und stärker abgeplattete Luftschichten zur optischen Wirkung kommen. Diese Tatsache hatte auch Dorno in Davos bestätigt und meinen Folgerungen rückhaltlos zugestimmt. Wenn beim tropischen Purpurlichte bei sehr steiler oder senkrechter Ekliptik die Asymmetrien aufhören, so entspricht dieses Resultat der senkrechten Stellung unserer Atmosphärenlinse, wobei auch das Zodiakallicht und der Gegenschein völlig symmetrisch werden. Auch die Lichtbrücke liegt dann genau in dieser Ebene. In enger Beziehung ist auch die vergrösserte Sonnendepression des tropischen Purpurlichtes, weil die Atmosphärenschichten in der Ekliptikebene höher aufgetürmt sind. Eine interessante Beobachtung aus unseren Breiten sei auch noch erwähnt. Es hat sich gezeigt, dass bei atmosphärisch-optischen Staubtrübungen die Asymmetrien des Purpurlichtes sehr stark zurücktreten oder ganz aufhören. Der Grund liegt wohl darin, weil der erdnahe Staubschleier der noch wenig abgeplatteten Luftschichten uns die Sicht in die höhere und stärker abgeplattete Atmosphärenhülle verdeckt. Bei einem normalen Reinheitsgrad der Atmosphäre kann im Winterhalbjahr bei schiefer Ekliptik schon der Klare Fleck die Asymmetrien des Purpurlichtes in abgeschwächtem Grade verraten. Verwandte Beziehungen finden wir sogar am Taghimmel in der atmosphärischen Polarisation. Nach übereinstimmenden Messungen von Süring, Dorno, Busch und Jensen zeigen die neutralen Punkte Arago und Babinet in

überwiegendem Grade Südverschiebungen zur Sonnenvertikalen, also wiederum in der Richtung des aufsteigenden Ekliptikastes. Ich habe besonders auf den tropischen Meeren eine grössere Anzahl Polarisationsmessungen durchgeführt und bin zum Schlusse gekommen, dass bei sehr steiler oder senkrechter Ekliptik diese Verschiebungen aufhören. Diese Ergebnisse fügen sich vollkommen in das bereits besprochene Gesetz der allgemeinen Symmetrie sämtlicher Dämmerungsvorgänge bei vertikaler Ekliptiklage.

Wenn wir den Verlauf der bürgerlichen und astronomischen Dämmerung noch weiter überblicken, so haben wir ein ganz interessantes optisches Wechselspiel erkannt. Am Abend geht im Osten die farbige Gegendämmerung dem Purpurlichte voraus. Auch die zweite Gegendämmerung erscheint vor dem zweiten Purpurlichte. Am Morgen ist die Reihenfolge umgekehrt. Ganz interessant wird diese Gegendämmerung dann, wenn im Hauptpurpurlichte Wolkenschlagschatten auftreten. Solche Schlagschatten sehen wir von Kumuluswolken ausgehend zuweilen auch am Tageshimmel. Am Abend treten nun diese Schlagschatten zur Zeit, da im Klaren Fleck des Westhimmels noch keine Spur davon zu sehen ist, zuerst am Osthimmel über dem Erdschatten in der Gegendämmerung auf. Sie sind also über uns hinweg auf den Osthimmel projiziert, und erst dann, wenn sie mit der Gegendämmerung erlöschen, treten nun dieselben wirklichen Schatten im Purpurlichte auf. Am Morgen habe ich sie über dem versinkenden Erdschatten in der roten Gegendämmerung schon oft in grosser Prägnanz gesehen, wenn sie mit dem östlichen Purpurlichte vollständig erloschen waren. (Ausnahmsweise, bei dunstiger Atmosphäre, kann man allerdings diese Schlagschatten korbartig über den ganzen Himmel verfolgen, indem sie sich auf der Gegenseite wieder verstärken und einem Radiationspunkt zustreben. Solche seltene Einzelbeobachtungen machte ich einigemal auch auf dem Meere.) Aus diesem optischen Wechselspiel geht folgender Schluss hervor: Es handelt sich bei der Gegendämmerung nicht allein um durchgehendes Licht, das über uns hinweg bis zur Gegenseite reicht, sondern es ist auch ein strenges Gesetz der Spiegelreflexion dabei. Wir stehen am Abend nach Sonnenuntergang, zur Zeit des Klaren Flecks, noch nicht im Einfallswinkel des westlichen Purpurlichtes; der Osthimmel wird zuerst davon erreicht, und ihm folgt auch der ferne Alpenkranz mit dem Alpenglühn. Wie von einem Projektionsschirme leuchtet uns nun die östliche farbige Gegendämmerung und das Alpen-

glühn entgegen. Wenn wir durch die Drehung der Erde in den Einfallswinkel des Purpurlichtes gekommen sind, wenn in unserer Umgebung Schneeflächen und westliche Hausfronten wie von einem zarten rötlichen Hauche übergossen werden, stehen *wir* nun im Stadium des Alpenglühns und der farbigen Gegendämmerung. Der Osthimmel und der ferne Alpenkranz werden nicht mehr erreicht und stehen im kalten Lichte da. Diese Spiegelreflexion spielt auch am Nachthimmel eine wichtige Rolle und war besonders dazu geeignet, die Gegenscheinfrage zu verwirren. Wir haben zwei Gegenscheinarten: einen reflektiven Gegenschein, durch das Zodiakallicht erzeugt, und einen selbständigen Gegenschein. Er wird durch indirektes Sonnenlicht in der Richtung zum atmosphärischen Linsenäquator hervorgerufen. Auch die Lichtbrücke kommt durch Tiefenwirkung in einer staubverdichteten Höhenluft zum atmosphärischen Äquator zustande. Alle diese Variationen gehören zur Nachtdämmerung.

Unterdessen ist es völlige Nacht geworden. Wie hell ist doch im Sommer immer noch der ganze Nordhimmel! Wie ein gewaltiges Segment sitzt diese nördliche Himmelshelligkeit auf dem Horizonte. Sie reicht von Nordwesten bis nach Nordosten und in der Höhe fast bis zum Polarstern. Das ist die letzte Dämmerung der nordischen Polarsonne, und in Hamburg haben sie nun die Zeit der hellen Nächte. Wenn wir die Himmelsfarbe auf der Gegenseite überprüfen, so sehen wir auch dort über dem Horizonte eine schwache segmentförmige Aufhellung, auch wenn uns die Milchstrasse etwas stört. Das ist die nächtliche Gegendämmerung, als ein eng verbundenes Glied des reflektiven Gegenscheins, der uns im Winter durch das Zodiakallicht bewirkt wird. Die Sonne ist jetzt mehr als 18 Grad unter dem Horizonte. Theoretisch sollte eigentlich bei einer Sonnendepression von 18 Grad jede Dämmerung verschwunden sein. Meine Beobachtungen haben ergeben, dass Reste des sommerlichen Nachtscheins bis in den Oktober hinein, bei Sonnentiefen von 25 bis 30 Grad, immer noch sichtbar sind. Es kann sich hier auch um eingebeugtes und zerstreutes Sonnenlicht handeln; aber anderseits haben wir gegen den Horizont auch die grösste Lichtabsorption, die in horizontaler Richtung mindestens 40mal grösser ist als im Zenit. Die Trennung, was eingebeugtes und zerstreutes und was durch Extinktion verschlucktes Licht darstellt, ist wohl sehr schwierig. Der letzte Faktor dürfte aber den ersten bedeutend überwiegen. Wenn wir aus der Höhe dieses letzten Dämmerungsscheins die Höhe der reflektierenden Massen zu bestimmen suchen, so

rechnen wir nach obiger Überlegung wohl zu wenig und kommen so auf 600 bis 800 km. Man nahm im Anfange dieses Jahrhunderts die Höhe unserer Luftschale auf etwa 200 km an. Diese Höhe errechnete man aus der Abnahme des Luftdruckes, der bei rund 200 km auf Null hinausgeht. Auch beim Aufleuchten der Meteore fand man sehr oft einen Erdabstand von zirka 200 km. Aber beide Kalkulationen sind falsch. Man hat bei der Abnahme des Luftdruckes die Gegenwirkung der Zentrifugalkraft in der rotierenden Atmosphäre übersehen, die einen Teil des Luftdruckes aufhebt. Wenn ein Meteor in der Höhe von 200 km aufleuchtet, so ist das nicht die Grenze der Atmosphäre, denn es hat in den höheren, dünneren Luftschichten schon einen weiten Weg zurückgelegt, bis es durch Reibung an den Gasmolekülen in den Glühzustand versetzt wird. Messungen von bedeutend grösseren Höhen, von 600 bis zu 1000 km, hielt man für illusorisch, obwohl es bei der Entzündung eines Meteors sehr stark auf seine Bahnrichtung ankommt. Eilt ein Meteor ungefähr in der Richtung der Erdbahn, so verringert sich seine relative Schnelligkeit, und es wird daher erst in tiefen Luftschichten in den Glühzustand versetzt. Geht seine Bahn aber gegen die Erdbahnrichtung, so verdoppelt sich seine relative Geschwindigkeit, und die Entzündung erfolgt in bedeutend grösseren Höhen. Auch die ehemals von Schapper und Flögel gefundenen Nordlichthöhen von 600 bis 800 km nahm man nicht ernst, weil sie nicht in das Mass der Atmosphärenhöhe von 200 km passten. Seitdem aber Störmer in neuer Zeit mit ganz modernen Mitteln Nordlichthöhen von 1000 bis 1100 km gemessen hat, sind auch die früheren Messungen gerechtfertigt worden. Diese Ergebnisse sind noch viel weittragender, weil nach neuen spektroskopischen Forschungen die grüne Nordlichtlinie mit der Wellenlänge 5577 im wesentlichen eine Sauerstofflinie ist. Während man noch zu Anfang dieses Jahrhunderts die Grenze der sauerstoffhaltenden Atmosphäre auf 30 bis 40 km annahm, wissen wir heute, dass in einem Erdabstande von zirka 40 km eine sehr dichte Ozonschicht vorhanden ist und dass selbst in rund 1000 km noch atomarer Sauerstoff vorhanden ist! Es war auch irrtümlich, unsere irdische Lufthülle als eine gleichmässige Kugelschale um die Erde anzunehmen. Wie schon betont, wird durch die Rotation der Erdatmosphäre ein Teil des Luftdruckes aufgehoben. Da die Zentrifugalkraft in der Äquatorialzone am grössten ist, wird so viel Luft von den Polen gegen den Äquator zuströmen, bis der Luftdruckausgleich wieder hergestellt ist, und die atmosphärische Hülle hat sich

dadurch erheblich abgeplattet. Auf dieser physikalischen Ableitung ruht ja meine ganze Zodiakallichttheorie. Es besteht kein Zweifel mehr, dass über der Äquatorialzone der abgeplattete Luftmantel auf einige Tausend Kilometer reicht. Man staunt über diese grossen Höhen. Aber was will das heissen, wenn über dem festen Erdkern von 12756 km Durchmesser die leichtesten und voluminösesten Elemente diesen Erdabstand erreichen?

Mit einer hohen und stark abgeplatteten Atmosphärenhülle lassen sich alle Einzelheiten des Zodiakallichtes und seiner Begleiterscheinungen sowie der ganzen Dämmerung erklären. Die Frage drängt sich auf, warum das Purpurlicht und das Zodiakallicht auf die Ekliptikseite orientiert sind, und ob die hohen und offenbar dünnen Luftmassen noch genügend reflexionsfähig seien, um ein Zodiakallicht zu erzeugen. Wir antworten folgendes: Nach den einfachen Gesetzen der Schwungkraft müsste der atmosphärische Linsenäquator in der Ebene des Erdäquators liegen. Es ist aber sicher, schon die Meteorwölklein beweisen es, dass die Winkelgeschwindigkeit der rotierenden Atmosphäre nach aussen abnimmt und in den höchsten Schichten wahrscheinlich ganz zum Stillstande kommt. Die Ursache liegt in der Anziehungskraft der nächsten Himmelskörper, der Sonne, des Mondes und der nächsten Planeten, die ja alle in oder doch in der Nähe der Ekliptikebene liegen. Sie üben auf die Rotation der äusseren Atmosphärenlinse eine bremsende Wirkung aus, so dass sie wohl ganz zum Stillstande kommt. Die planetarische Gleichgewichtsebene gewinnt so die Oberhand und verlegt den atmosphärischen Äquator in die Ekliptik. Starke Schichtungswechsel oder gar Unterbrüche (ähnlich der Cassinischen Trennung im Saturnringe), wie erstere in unserer Atmosphäre tatsächlich nachgewiesen sind, müssten diese Verlagerung in die Ekliptikebene unterstützen. Zur zweiten Frage über die Reflexfähigkeit hoher Atmosphärenschichten sei folgendes gesagt: Übereinstimmende Zählungen haben ergeben, dass unsere Lufthülle täglich von vielen Millionen Sternschnuppen und Meteoren bombardiert wird. Der grösste Teil derselben zerstäubt und vergast in unserem Atmosphärenmantel. Aber auch die grossen Meteore, die bis zur Erde gelangen, geben auf ihrem Wege durch die Luft meteoritische Substanz ab; das sehen wir an ihrer Schweifbildung. Es ist daher ein Irrtum, dass unsere hohen Luftschichten aus reinen, optisch fast leeren Gasen bestehen. Die meteoritische Zodiakallichtwolke, welche gewisse Astrophysiker um die Sonne angenommen

haben, liegt daher als Zertrümmerungsprodukte der Meteore und Sternschnuppen in unserer Atmosphäre selbst. Nicht allein das Zodiakallicht, sondern auch der Nachtschein wird durch sie verstärkt.

Wenn wir in unseren Breiten den ganzen Jahresgang des Zodiakallichtes und des Nachtscheins genauer verfolgen, so erkennen wir einen ununterbrochenen Zusammenhang. Ende März beginnt im winterlichen Zodiakallicht bereits die erste Anlage zum sommerlichen Nachtschein, indem sich die versinkende West-Pyramide gegen die Mitternachtsstunde wie mit einem sekundären Mantel umhüllt. Diese Umbildung tritt mit der fallenden Ekliptik immer früher ein. Mitte April ist sie schon mit Nachteinbruch vollendet. Der zodiakallichtähnliche Schein hat zu dieser Zeit eine Breite von zirka 100 Grad und reicht mit seinem Scheitel über Kastor und Pollux hinaus. Im weiteren Verlaufe rundet sich der Scheitel mit der fallenden Ekliptik immer mehr ab. Das Ganze formt sich zum Kreissegmente um, das anfangs Juni schon mit einbrechender Nacht vollzogen ist. Diese Umbildung können wir im Mai sogar in ein und derselben Nacht beobachten. Doch hat der scheinbar symmetrische Nachtschein immer noch eine gewisse Zodiakallichtnatur, indem er mit dem Horizontmaximum vom Sonnenazimut nach Süden, in der Richtung des einseitig aufsteigenden Ekliptikastes verschoben ist. Liegt die Ekliptik im Sommer allmählich mehr symmetrisch unter dem Horizont, so wird auch der Nachtschein symmetrisch zur Sonnenlage. Im Juli richtet sich die Ekliptik in den frühen Morgenstunden immer mehr gegen Osten auf. Nun wird der Nachtschein auf diese Richtung asymmetrisch. Er bäumt sich schliesslich einseitig auf, und aus diesen Anfängen entwickelt sich im August das Ostzodiakallicht heraus, das schon im September zur vollen Ausbildung kommt. Erst später fand ich in den Überlieferungen von Brorsen, der 1854 die Lichtbrücke entdeckte, dass er um die gleiche Zeit auch schon den zodiakallichtähnlichen Mantel des Aprilzodiakallichtes erkannt hatte, ohne jedoch den weiteren Zusammenhang mit der sommerlichen Nachtdämmerung zu erkennen. Brorsen schreibt vom 14. bis 19. April 1854: «Das Zodiakallicht hat seit Ende März eine unerwartet rasche Ausdehnung genommen und zeigt sich in einer sonderbaren Gestalt.» Diese wichtige Beobachtung von Brorsen ist später wieder in Vergessenheit gegangen, bis sie mir 1909 neuerdings aufgefallen ist.

Fast gleichzeitig tauchte für mich noch ein anderes Rätsel auf. Ich hatte im Dezember 1910 das Ostzodiakallicht bis zum Dämmerungs-

anbruch beobachtet und war überrascht, dass das Maximum der Lichtachsenbasis unmittelbar vor Dämmerungsanbruch um einige Grade nördlicher lag, als eine halbe Stunde vorher. Ich vermutete einen Beobachtungsfehler, doch fand ich nachher schon 1909 aus meinen Aufzeichnungen eine gleichartige Differenz. Ich war beunruhigt und suchte in den folgenden Jahren dieses Rätsel abzuklären. In der zweiten Hälfte Januar bis anfangs Februar 1914 folgte ohne Mondlicht eine störungsfreie Schönwetterperiode. Dreizehnmal bestieg ich in der Morgenfrühe meine Beobachtungshöhe und erkannte nun eine Gesetzmässigkeit. Die Verschiebung der Lichtachsenbasis gegen Norden ist das erste Signal der anbrechenden Morgendämmerung; denn jetzt taucht in oder hart nördlich der Lichtachse der erste, zarte Dämmerungsbogen auf. Die Verschiebung von der Sonnenvertikalen nach Süden kann bis zu 20 Grad und noch darüber betragen. Der aufsteigende Dämmerungsschein baut sich nun nicht symmetrisch, sondern exzentrisch auf. Er wächst nach Norden mehr als gegen Süden, bis er sich bei etwa 12 Grad Sonnendepression über dem Sonnenorte eingestellt hat und dann rechtläufig wird. Ich nannte diesen Dämmerungsanbruch Exzentrizität der anbrechenden Morgendämmerung, die ich sofort der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich meldete. Keine Entdeckung in meinem Leben hatte mich so erfasst; denn nun hatte ich eine ununterbrochene Brücke vom Zodiakallicht bis zur Dämmerung gefunden. Die Erklärung des ganzen Vorganges ist nicht zu schwer. Da der atmosphärische Linsenäquator durch die kosmische Attraktion der nächsten Himmelskörper wahrscheinlich ganz in die Ekliptikebene verlegt wird, so erfahren auch schon die tieferen Luftschichten eine Ablenkung auf diese Seite, die um so geringer wird, je näher sie bei der Erde liegen. Diese Folgerungen sind berechtigt; denn der Beweis liegt schon in der Ablenkung der neutralen Punkte am Taghimmel und in den Asymmetrien des Klaren Flecks und des Purpurlichtes. Es ist nun einleuchtend, dass die höchsten wirksamen Dämmerungsschichten am nächsten bei der Ekliptikebene liegen. Dort werden sie zuerst von den Sonnenstrahlen tangiert, und daher kommt bei schiefer Ekliptik die Südverschiebung von der Sonnenvertikalen. Weil sich die tieferen Schichten mehr der Kugelgestalt der Erde nähern, erfolgt, dem sphärischen Gesetze folgend, eine Rückläufigkeit des wachsenden Dämmerungsscheines dem Sonnenorte zu. Im Gegensatz zu dieser Exzentrizität habe ich in den Tropen bei sehr steiler oder senkrechter

Ekliptik, wie es eigentlich zu erwarten ist, einen völlig symmetrischen Dämmerungsaufbau beobachtet. Aus allen diesen Zusammenhängen geht eine unzertrennbare Gesetzmässigkeit hervor.

Aber auch das allgemeine Licht des Nachthimmels oder das Nachtblau gehört zur Dämmerung. Schon 1914 habe ich in meiner damaligen Preisarbeit über das Zodiakallicht das erstemal darauf hingewiesen, dass die blaue Farbe des Nachthimmels im Gegensatz zum schwarzen Nachthimmel ausserhalb unserer Atmosphäre durch indirektes Sonnenlicht der Tagseite hervorgerufen werde. Spätere spektroskopische Untersuchungen des Nachthimmels bestätigten diese Annahme vollständig, indem im Blau des Nachthimmels 16 Absorptionslinien des Sonnenspektrums nachgewiesen werden konnten. Sehr interessant sind neuere Untersuchungen von Slipher auf der Lowell-Sternwarte, der im Spektrum des Dämmerungslichtes neben den Absorptionslinien des Sonnenspektrums auch noch einige Emissionslinien gefunden hat. In abgeschwächtem Grade fand er sie auch im Zodiakallichtspektrum, das im übrigen ebenfalls auf reflektiertes Sonnenlicht hinweist. Um die Emissionslinien zu erklären, müssen wir zum Schlusse kommen, dass, ähnlich wie beim Nordlichte (das zur Hauptsache ein Sauerstoffspektrum gibt), auch noch andere atmosphärische Gase durch die Sonnenbestrahlung des Tages in eine Art Selbstleuchten versetzt werden, das im Laufe der Nacht wieder abflaut. Mit dieser Erklärung liesse sich auch die in den Tropen bestätigte Tatsache verstehen, warum das westliche Zodiakallicht in der Regel intensiver leuchtet als das Ostzodiakallicht. Dasselbe dürfte auch beim Purpurlichte der Fall sein. Es scheint sich noch ein weiteres Rätsel abzuklären. Nach meiner Erfahrung lässt sich am Abend, auch bei günstiger Ekliptiklage, die Exzentrizität der Dämmerung nie so gut erfassen wie am Morgenhimmel, auch wenn die Verschiebung der horizontnahen Dämmerungsmaxima vom Sonnenazimut gut festgestellt werden kann. Die Ursache dürfte im helleren Gesamtlichte des westlichen Dämmerungshimmels sein, so dass die zarten Grenzen des äusseren versinkenden Dämmerungsbogens überlichtet werden.

Zusammenfassend kommen wir immer wieder zum Schlusse, dass die ganze Dämmerung, einschliesslich auch die Nachtdämmerung, das Zodiakallicht, der Gegenschein und auch die Lichtbrücke eng verwandte Glieder unserer atmosphärischen Optik sind.