

Ueber das Alpenglühen.

Von

J. Amsler-Laffon.

Bei hellem Wetter sieht man die Spitzen der Hochalpen bei Sonnenuntergang rötlich gefärbt. Einige Zeit, nachdem sie erloschen sind, erscheinen sie zum zweiten Male erleuchtet, in tieferem Rot. Diese Erscheinung bezeichnet man gewöhnlich als »Alpenglühen«.

Am Abend des 22. Oktober 1893 beobachtete ich ein solches in aussergewöhnlich prächtiger Weise bei vollständig klarem Himmel, von Thun aus. Einige Minuten, nachdem die Spitzen von Jungfrau, Mönch und Eiger zum zweiten Male erblasst waren, trat ein nochmaliges, also drittes Erglühen ein, in noch tieferem sehr intensivem Rot, das erst nach langer Zeit erlosch.

Leider war ich verhindert, die Erscheinung genauer zu verfolgen, und insbesondere die Zeiten zu beobachten, zu welchen die verschiedenen Phasen eintraten.

Dass am gleichen Abend ein dreimaliges Erglühen der Bergspitzen erfolgen könne, war mir neu; ich fand diese Thatsache nirgends erwähnt und noch weniger erklärt. Nachdem ich selber eine Erklärung gesucht und gefunden hatte, ersuchte ich zu ihrer Prüfung Herrn Pfarrer Dumermuth auf St. Beatenberg (nunmehr Schuldirektor in Bern), während einiger Monate das Alpenglühen in den berner Hochalpen zu beobachten und die Zeiten zu notieren für das Ende des ersten Glühens, und eintretenden Falles für den Anfang und das Ende des

zweiten und dritten Glühens; sodann darauf zu achten, ob im zweiten Falle die Beleuchtung von der Spitze aus abwärts, oder von einem tiefern Punkte aus aufwärts fortschreite. Herr Dumermuth hat die Beobachtungen mit grosser Sorgfalt durchgeführt, bis er nach Bern übersiedelte. Aus den Beobachtungszeiten wurden die zugehörigen Zenithdistanzen der Sonne berechnet. Die Resultate finden sich weiter unten zusammengestellt mit den von Prof. Rud. Wolf in den Jahren 1850 und 1851 gemachten Beobachtungen.

Meine Untersuchungen beziehen sich nur auf den Wechsel von Beleuchtung und Verdunkelung, nicht aber auf die Färbung der beleuchteten Bergspitzen. Hierüber haben verschiedene Naturforscher ihre Ansichten ausgesprochen (die Herren Professoren Soret, Tyndal, Heim und andere), wonach die Tiefe der Rötung von der Länge des Weges abhängt, welchen die Lichtstrahlen in feuchter Luft durchlaufen.

Dass jener Wechsel herrühren muss von den Veränderungen in der Brechkraft der Atmosphäre in verschiedenen Höhen, die im Laufe eines Abends infolge des Wechsels der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes eintreten, unterliegt wohl keinem Zweifel.

Man kann denjenigen Zustand der Atmosphäre als den normalen betrachten, welchen die Astronomen den Refraktionstabellen zu Grunde legen, und wobei angenommen wird, dass die brechende Kraft der Luft von der Erdoberfläche aus mit zunehmender Höhe beständig abnehme. Nach welchem Gesetze, ist hier unwesentlich. Diese Bedingung ist immer erfüllt bei stark bewegter Luft, zu allen Tageszeiten; sie ist auch bei ruhiger Luft immer erfüllt kurz vor Sonnenaufgang, indem in der

Nacht die Lufttemperaturen in verschiedenen Höhen sich dem entsprechend ausgleichen. Den Grund dafür erkennt man aus folgenden Betrachtungen:

Der Brechungskoeffizient beim Uebergang des Lichtes aus dem leeren Raum in Luft von der Spannung p cm, von der Temperatur t° C und dem Feuchtigkeitsgrad u^{mm} (bei welchem die Spannung des Wasserdampfes u^{mm} beträgt) ist annähernd

$$n = 1 + 0,000294 (1 - 0,00367 t) \frac{p}{76} - 0,0004 \frac{u}{76}$$

Aus diesem Ausdruck leitet man leicht die Bedingungen ab, unter welchen die Brechkraft mit zunehmender Höhe abnimmt. Man erhebe sich z. B. von einem Punkte A , in welchem der Luftdruck $p = 72$ cm sei, zu einem Punkte B , wo der Luftdruck $= 71$ cm sei, also um circa 110 m, und nehme an, der Feuchtigkeitsgehalt sei in A und B gleich; die Temperatur in A sei $= t$, in $B = t'$. Soll in beiden Punkten der Brechungskoeffizient der Luft gleich sein, so müsste, zufolge dem Ausdruck für n , sein

$$(1 - 0,00367 t) \frac{72}{76} = (1 - 0,00367 t') \frac{71}{76}$$

woraus folgt:

$$\frac{71}{72} = \frac{1 - 0,00367 t}{1 - 0,00367 t'} = 1 - 0,00367 (t - t')$$

$$t - t' = 3^{\circ},78$$

d. h. wenn bei einer Erhebung um 110 m die Lufttemperatur um circa $3^{\circ},8$ abnimmt, so bleibt die Brechkraft konstant; nimmt die Temperatur rascher ab, so nimmt die Brechkraft mit steigender Höhe zu, im entgegengesetzten Falle ab. Dass bei stark bewegter Luft und immer kurz vor Sonnenaufgang die erste Bedingung erfüllt sein muss, ist leicht ersichtlich.

Ganz anders kann es sich am Tage verhalten. Bei

klarem, sonnigem und ruhigem Wetter erwärmen die Sonnenstrahlen zunächst die Erdoberfläche und erzeugen Wasserdampf. Die untersten Luftschichten werden von der Erdoberfläche aus durch Leitung, der Wasserdampf ausserdem direkt durch Strahlung von der Sonne und vom Boden aus erwärmt, oft sehr stark. Die erwärmten Luftschichten haben die Tendenz in die Höhe zu steigen, was aber bei ruhigem Wetter insbesondere in ebenen Gegenden sehr langsam geschehen kann, indem ein labiler Gleichgewichtszustand eintritt, der sich ziemlich lange halten kann (wie man oft vor Eintritt von Gewittern beobachtet).

Alsdann kommt es vor, dass die untern Luftschichten, namentlich wenn sie von Feuchtigkeit gesättigt sind, das Licht weit weniger brechen, als die darüber liegenden Schichten, und zwar bis in bedeutende Höhen. Dort wird sich eine indifferente Schichte vorfinden, innerhalb welcher der Brechungskoeffizient nahezu konstant ist; darüber hinaus wird er mit steigender Höhe beständig abnehmen.

Dieses Verhältnis kann fortbestehen bis zum Sonnenuntergang. Allein, sobald bei Sonnenuntergang an einer Stelle die Sonnenstrahlen den Erdboden nicht mehr streifen und die tiefsten dampfgesättigten Luftschichten nicht mehr erwärmen, beginnt eine rasche Abkühlung derselben von unten auf, und damit eine Zunahme der brechenden Kraft. Nach einiger Zeit wird also von der Erdoberfläche aus bis in eine gewisse Höhe die brechende Kraft abnehmen, bis zu einer indifferenten Luftschichte; von hier aus nimmt sie wieder zu, bis zu dem oben besprochenen Indifferenzpunkte, und dann von da aus beständig ab bis in die höchsten Höhen.

In dem Masse, wie die Sonne tiefer sinkt, rücken die beiden indifferenten Schichten näher zusammen, und mit dem Zusammenfallen tritt nun derjenige Zustand der Atmosphäre ein, der oben als der »normale« bezeichnet wurde, d. h. derjenige Zustand, bei welchem die Brechkraft von der Erdoberfläche aus mit steigender Erhebung beständig abnimmt. Die Abnahme kann in sehr verschiedener Weise stattfinden, nämlich unter Umständen innerhalb gewisser Höhen sehr rasch, wenn nämlich die erwärmten feuchten Luftschichten beim Bruch des labilen Gleichgewichtes rasch in die Höhe steigen.

Diese atmosphärischen Verhältnisse unter Berücksichtigung der dadurch hervorgerufenen Refraktionsercheinungen bilden den Ausgangspunkt für die Erklärung des Alpenglühens.

Die schematischen Figuren 1—4 (auf folgender Seite) veranschaulichen die geschilderten Veränderungen der Luftbrechungsverhältnisse.

OE bezeichnet ein auf der Erdoberfläche errichtetes Lot, die Ordinate MN die in der Höhe OM über dem Boden stattfindende brechende Kraft (also $MN = n^2 - 1$, wenn n der Brechungskoeffizient der Luft im Punkte M ist).

Fig. 1 veranschaulicht die mit zunehmender Höhe beständig abnehmende brechende Kraft bei dem oben als »normal« bezeichneten Luftzustand (also bei bewegter Luft oder bei Sonnenaufgang).

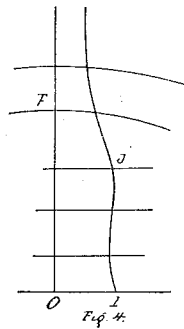
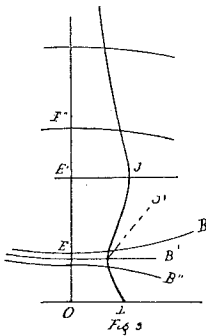
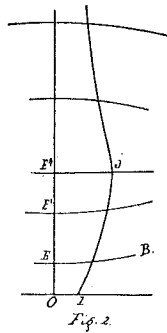
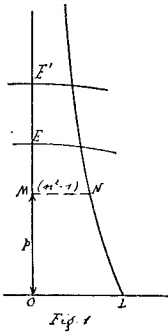
Fig. 2 bei ruhigem klarem Wetter kurz vor Sonnenuntergang; vom Indifferenzpunkt J aus nimmt die brechende Kraft nach abwärts bis zur Erdoberfläche und aufwärts beständig ab.

Fig. 3 zeigt die Verhältnisse einige Zeit nach Sonnen-

untergang, wo die tiefsten Luftschichten sich bereits abgekühlt haben. Die brechende Kraft nimmt vom Boden aus ab bis zum ersten Indifferenzpunkt J' (Höhe der wärmsten Luftschichten), von dort aus zu bis zum zweiten

Indifferenzpunkte J , und von da aus aufwärts beständig ab.

Fig 4. Bei dem allmähigen Aufsteigen der tiefer liegenden wärmeren und leichteren Luftschichten nähert sich die brechende Kraft vom Boden aus bis J der Konstanz nach dem durch die Kurve 4 angedeuteten Gesetz.



Von einer Berechnung der Bahn eines Lichtstrahles durch die Atmosphäre kann in keinem der bezeichneten Fälle die Rede sein, da uns das genaue Gesetz für die Dichte der von ihm durchlaufenen Luftschichten unbekannt ist. Wir müssen uns auf die allgemeine Betrachtung einiger charakteristischer Momente beschränken,

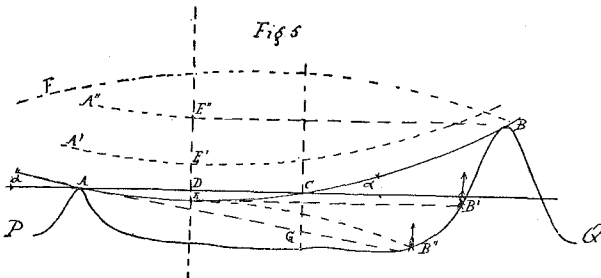
welche eine Vorstellung von dem Zusammenhang der Erscheinungen ermöglichen.

Denken wir uns eine horizontale Luftschicht in der Nähe der Erdoberfläche, in deren oberer Grenze der Luftdruck p cm, in der untern ($p + 1$) cm sei (die also eine Dicke von circa 110 m habe). Temperatur und Feuchtigkeit seien in ihr so verteilt, dass das Brechungsvermögen von unten nach oben hin zunehme (nach Figur 2). In der obern Grenze sei der Brechungskoeffizient $= n$, in der untern n' . Ein Lichtstrahl, welcher das Lot der obern Grenzfläche unter dem Winkel α , das Lot der untern Grenzfläche unter dem Winkel α' trifft, wird eine Kurve beschreiben, deren konkave Seite überall nach oben gerichtet ist. Der Austrittswinkel bestimmt sich durch die Gleichung

$$\sin \alpha = \frac{n'}{n} \sin \alpha'$$

(der Brechungskoeffizient n bezieht sich immer auf den Uebergang aus dem leeren Raum in Luft von der Dichtigkeit an der betrachteten Stelle).

Nach welchem Gesetze sich die Dichtigkeit innerhalb der betrachteten Luftschicht ändert, ist ohne Einfluss auf die Grösse der Ablenkung ($\alpha' - \alpha$) des Strahles, sondern nur auf die Austrittsstelle aus der untern Grenzfläche. In jedem Falle ist die Ablenkung sehr gering.



Ist α sehr nahe $= 90^\circ$, so kann $\alpha' = 90^\circ$ werden; in diesem Falle nimmt der Strahl seinen Weg wieder nach oben, und trifft die Normale der obern Grenzfläche in einem Punkte C wieder unter dem Winkel α .

Die Bedingung hiefür ist

$$\sin \alpha' = 1 \text{ oder}$$

$$\sin \alpha = \frac{n'}{n}$$

Wäre in der obern Grenze nach Annahme $p = 71$ cm, ausserdem $t = 0$; in der untern $p = 72$ cm, $t = 20^\circ$, und die ganze Luftschichte mit Feuchtigkeit gesättigt, so hätte man (verg. Fig. 5)

$$DE = 110 \text{ m, } n' = 1,000249, \quad n = 1,000273.$$

also

$$\sin \alpha = 0,999976, \quad \alpha = 90^\circ - 23'50''.$$

Die ganze Ablenkung des Strahles von seiner ursprünglichen Richtung wäre also

$$2 \times 23'50'' = 47'40''.$$

Angenommen, die Dichtigkeit der Luftschichte befolge ein solches Gesetz, dass innerhalb derselben der Strahl einen Kreisbogen beschreibe von der Pfeilhöhe $h = 110$ m, so wäre die Entfernung der Ein- und Austrittsstelle an der obern Grenzfläche

$$AC = 2h \cotg \frac{90^\circ - \alpha}{2} = 63,5 \text{ Kilometer.}$$

Eine durch den Punkt C gehende Vertikale wird von der geraden Verlängerung des in A eintretenden Strahles in einem Punkte G getroffen, der in der Entfernung

$$CG = AC \tg (90^\circ - \alpha) = 441 \text{ m}$$

unterhalb C liegt.

Denken wir uns, der betrachtete Strahl sei der letzte, welcher von der untergehenden Sonne, von A aus geradlinig (ohne Zwischentritt eines ablenkenden Mediums) den Punkt B'' eines Bergabhanges treffen würde (Fig. 5).

Durch die brechende Luftschicht wird er aber so abgelenkt, dass er über den Punkt C hinweggeht und die ganze Vertikale CG im Dunkeln bleibt, also unter den gemachten Voraussetzungen auf eine Höhe von 441 m. Für den weiter von A entfernten Bergabhang BB'' würde diese Höhe noch weit bedeutender sein können.

Für die Strecke CG (also auch für BB'') wäre also die Sonne scheinbar schon untergegangen, während sie sich faktisch noch über dem Horizonte von G befindet¹⁾.

Dieses Verhältnis kann sich aber in kurzer Zeit ändern. Nämlich, sobald die Sonnenstrahlen die Erde nicht mehr erreichen, tritt, wie schon auseinandergesetzt, eine Abkühlung der Erdoberfläche und der untersten Luftschichten ein, die nach oben fortschreitet (Fig. 3). Sobald die »indifferente« Schichte J' die Bahn des Strahles erreicht, wird diese sich plötzlich ändern, und statt dass der Strahl seine Richtung von E nach CB nimmt, wird er in der indifferenten Schichte einen mehr geradlinigen Weg EB' verfolgen, oder sogar seine konkave Seite nach unten kehren, und es kann nun ein Punkt B'' tief unter B wieder beleuchtet werden. Diese Beleuchtung wird rasch von B'' nach B' und B fortschreiten, in dem Masse, als die indifferente Luftschicht in die Höhe rückt, und ein Strahl nach dem andern, von unten nach oben fortschreitend seine Richtung ändert und nach abwärts gelenkt wird.

¹⁾ In Fig. 5 ist angenommen, dass die Strahlen $A'E'$, $A''E''$ und alle darüber liegenden nicht mehr nach B gelangen; je nach dem Temperaturverlauf können sie aber auch tiefer unten auf-treffen; anderseits kann B' sich sehr rasch an B anschliessen. Eine nähere Diskussion der verschiedenen möglichen Fälle mag hier unterbleiben.

Nachdem also die Strecke $B'' B$ schon einmal erloschen war, kann sie nochmals beleuchtet werden, d. h. es tritt ein zweites Alpenglühen ein. Dieses charakterisiert sich einmal durch den Umstand, dass es unterhalb der Bergspitzen beginnt; sodann durch den Moment des Beginns (zu einer Zeit, wo die Zenithdistanz der Sonne für die Bergspitze noch nicht 90° beträgt).

Nach diesem zweiten Glühen kann noch ein drittes eintreten. Dieses wird durch Luftschichten veranlasst, die über dem zweiten Indifferenzpunkte liegen (Fig 4), also durch solche, deren Brechkraft mit der Höhe abnimmt. Die letzten Sonnenstrahlen, welche die Erde beinahe tangierend erreichen, entfernen sich jenseits des Punktes der grössten Annäherung wieder, und werden, da sie Schichten von immer geringerer Brechbarkeit erreichen, so abgelenkt, dass sie eine Bahn verfolgen, deren konkave Krümmung nach unten gerichtet ist (Fig. 4 und 5, Strahl F). Die Ablenkung kann so stark sein, dass die Strahlen die höchsten Bergspitzen nochmals erreichen.

Betrachtet man ein kurzes Stück der Strahlenbahn als Kreisbogen, und befinde sich dieses in einer Luftschicht, deren Brechungscoefficient auf eine Höhe h von n auf n' abnimmt; sei ferner ϱ der Krümmungsradius des Bahnstückes, so ist, wie man leicht nachweist,

$$\frac{h}{\varrho} = \frac{n-n'}{n} \quad 1)$$

1) Seien s und s' als einander parallel anzusehende Bogenelemente der Bahnen zweier Strahlen, welche in der nämlichen Vertikalebene liegen und h^m von einander entfernt sind. Die Normalen in den Endpunkten von s schneiden sich im Krümmungscentrum, s' sei von den nämlichen Normalen begrenzt.

Nimmt man an, die Luftschicht sei von Feuchtigkeit gesättigt, und die Temperatur nehme auf die Strecke $h = 110$ m von unten nach oben von 0° auf t° zu (das labile Gleichgewicht sei also gebrochen, und die wärmern, leichtern Luftschichten seien in die Höhe gestiegen), so ist

für $t = 0^\circ \text{C.}$	5°C.	$7^\circ, 7 \text{C.}$	8°C.
$\varrho = 27500$	10000	6366	5800 Kilometer.

Nähme also auf eine Höhe von 110 m die Lufttemperatur um $7^\circ, 7 \text{C.}$ zu, so wäre der Krümmungsradius des Lichtstrahles = 6366 Kilometer, also gleich dem Erdradius. So weit die angenommenen Verhältnisse bestehen, würde alsdann der einmal der Erdoberfläche parallel gewordene Strahl in gleicher Höhe weiter gehen; erreicht er eine Bergspitze, so würde also die Erleuchtung sehr lange andauern, bis seine Intensität auf dem langen Weg durch feuchte Luft verschwindet. Für $\varrho = 10,000$ km würde der Strahl bei $93^\circ 55'$ Zenithdistanz der Sonne schon circa 800 m über die Spitze der Jungfrau hinweggehen; bei $\varrho = 5800$ könnte diese noch ziemlich tief hinunter beleuchtet werden.

Aus atmosphärischen Zuständen der letzt bezeichneten Art dürften auch Erscheinungen anderer Art zu

Dann ist

$$\frac{s' - s}{s'} = \frac{h}{\varrho}$$

s und s' werden vom Lichte in der gleichen Zeit durchlaufen, mit den Geschwindigkeiten v und v' , und es ist daher $v : v' = s : s'$.

Allein es ist auch

$$v : v' = \frac{1}{n} : \frac{1}{n'}$$

also

$$s : s' = \frac{1}{n} : \frac{1}{n'}, \quad \frac{s' - s}{s'} = \frac{\frac{1'}{n'} - \frac{1}{n}}{\frac{1}{n'}} = \frac{n - n'}{n} = \frac{h}{\varrho}$$

erklären sein, z. B. die Sichtbarkeit des Wetterleuchtens bei sehr entfernten Gewittern.

Sollen die drei Glühen am nämlichen Abend eintreten, müssen die sie bedingenden atmosphärischen Verhältnisse scharf ausgeprägt sein; ist das nicht der Fall, so kann das zweite Glühen sich ans erste oder dritte anschliessen, oder auch an beide, und es wird dann nur ein zweimaliges oder einmaliges Glühen beobachtet. Die verschiedenen Uebergänge sind in vorstehenden Figuren angedeutet. Das dritte Glühen ist meist nur schwach, weil die Lichtstrahlen auf ihrem langen Weg durch feuchte Luft sehr an Intensität verlieren.

Dass bei Sonnenaufgang nichts dem Alpenglühen ähnliches beobachtet wird, also keine Beleuchtung vor Aufgang der Sonne, erklärt sich aus der oben gemachten Bemerkung, dass bei Sonnenaufgang die Dichtigkeit und Brechkraft der Luft von der Erdoberfläche aus mit zunehmender Höhe beständig abnimmt; dass also dann die konkave Seite der Strahlenbahn beständig nach unten gekehrt ist.

Bei Vergleichung der in der Tabelle zusammengestellten Beobachtungen von Prof. Wolf und Pfr. Dumermuth fällt zunächst auf, dass Prof. Wolf innerhalb beinahe eines Jahres nur ein einziges Mal (1. Jan. 1851) ein entschiedenes zweites Glühen aufführt, wogegen Pfr. Dumermuth in einem Zeitraum von nicht ganz zwei Monaten dasselbe sechszehn Mal wahrnahm. Wahrscheinlich ist Bern für diese Beobachtungen ungünstig gelegen, nämlich zu weit entfernt von den Berner Hochalpen, so dass dort die roten Strahlen nicht mehr zur Geltung kommen; da sie von den erleuchteten Bergspitzen diffus nach allen Richtungen ausgesandt werden,

nimmt ihre Intensität mit wachsender Entfernung des Beobachters rasch ab und wird von der Dämmerungsbeleuchtung übertönt. In Bern können also die Hochalpen erblasst erscheinen, während das nähere Beatenberg sie noch gerötet sieht.

In der Tabelle ist ein Glühen nur als erstes bezeichnet, wenn es bei einer Zenithdistanz der Sonne $< 90^\circ$ eintrat; trat das Glühen später ein, wurde es als zweites aufgeführt.

Prof. Wolf beobachtete ein erstes Glühen nur am 1. Januar 1851, d. h. er notiert nur den Anfang des zweiten Glühens, und bemerkt, ein erstes sei vorhergegangen. Die Beobachtung entging ihm offenbar wegen des unerwartet frühen Eintrittes, indem es vor der gewöhnlichen Zeit des scheinbaren Sonnenunterganges stattfand. Prof. Wolf hebt hervor, dass das zweite beobachtete Glühen weit unterhalb der Bergspitze begonnen habe und nach oben fortrückte, in Uebereinstimmung mit der vorstehenden Theorie. Er vermutet, dass ein Beobachter zuweilen irrtümlich ein zweites Glühen zu beobachten glaube, weil das einmalige Glühen durch eine zwischen Sonne und Gebirg liegende Wolkenschwelle unterbrochen werde. Allein ebenso gut kann ein Beobachter eine Wolke zu sehen glauben, wo gar keine ist. Nämlich, wenn die Luft, welche die Lichtstrahlen durchschneiden, sehr feucht ist, absorbiert sie sehr viel Licht und sendet die Strahlen der roten Spektrumseite diffus aus, wie das helleuchtende Abendrot zeigt. Infolge davon kann, unmittelbar nach dem Aufhören des ersten Glühens, der westliche Horizont so aussehen, als läge eine dichte Dunstschichte oder durchscheinende Wolkenschichte darüber.

Am 5. Februar 1894 beobachtete Pfr. Dumermuth

das Ende des ersten und den Anfang des zweiten Glühens von unten her, bevor die Sonne den Horizont der Jungfrau erreicht hatte (wie die Zenithdistanz der Sonne von $90^{\circ} 23'$ zeigt). Sodann nochmals am 6. Febr. 1894, und zwar begann das zweite Glühfen ebenfalls von unten (wenn auch schwach) gleichzeitig, wie die Spitze der Jungfrau nach dem ersten Glühfen erlosch, allmählich lebhafter werdend, beides im Einklang mit der vorgelegten Theorie. Am 20. Januar 1894 hatte er offenbar noch das Ende eines ersten Glühens beobachtet.

Ich beobachtete seither gleichfalls ein von unten auf beginnendes zweites Glühfen in brillanten Farben am Uri-Rothstock, vom Stanserhorn aus am 8. August 1894, Anfang und Ende zu einer Zeit, als die Sonne noch über dem Horizont der Bergspitze stand.

Eine Stelle aus dem Briefe, welche die Beobachtungen des Herrn Pfr. Dumermuth begleitete, darf als Beweis angeführt werden, wie Männer, die lange Jahre hindurch die Erscheinung zu beobachten Gelegenheit hatten, charakteristische Momente übersehen können, wenn sie nicht ihre besondere Aufmerksamkeit darauf lenken. Er schrieb: »Ich bin so glücklich, Ihre Theorie stützen und bestätigen zu können: die charakteristische Alpenglühfen-Beobachtung war mir gestern vergönnt zu machen. Montag den 5. Februar (1894): scheinbarer Sonnenuntergang hinter der hohen Niesenkette um $4^h 39'$. Aufhören des ersten Glühens um $5^h 2'$. Plötzlich um $5^h 6'$ Beginn des zweiten Glühens viele hundert Meter unterhalb der Spitze, intensiv rot (auch der obere Rand der Faulhornkette erhielt noch auf einen Augenblick die rotgoldene Färbung). Langsam nahm der intensive Streifen nach oben hin zu bis er (nach etwas über $1'$) die Spitze er-

reichte. Ob dabei eine Wolkenschwelle mit schuld ist, kann ich nicht sagen, weil besagte Niesenkette den Blick des Abendhimmels raubt. Nach 4^h fing die glühende Erscheinung an sich aus den untern Regionen zurückzuziehen. Die leichten Wolkenschichten über der Alpenkette blieben blassgrau bis das Glühen nahe an die Spitzen beschränkt blieb, worauf auch sie eine purpurne Färbung annahm. 5^h 25' begann blassgelb und schwach ein drittes Glühen. Von einem Fortschreiten des Lichtes nach abwärts konnte ich aber nichts merken; gleichzeitig war die Helle über die ganze Kette bis tief hinab verbreitet, noch tiefer als beim zweiten Glühen. Das dritte Glühen dauerte sehr lange, bis wenigstens 6^h. — Könnte ich die Beobachtungen noch einmal machen, so würde ich vielleicht mitunter auch das zweite Glühen so scharf vom ersten oder dritten abgrenzen können. — Bis gestern habe ich — ehrlich gestanden — an solch ein mittleres Glühen nicht geglaubt; doch ist ein solches wahrscheinlich oft ans erste angeschlossen erfolgt.

Man kann sich nun fragen: was wird ein Beobachter auf der Spitze eines Berges sehen, wenn ein dreimaliges Glühen eintritt? Die Antwort ist aus der vorgelegten Theorie leicht abzuleiten. — Ich hatte im Oktober 1891 (lange bevor ich mich mit dem Gegenstand befasste) Gelegenheit, eine solche Beobachtung von Rigi-Scheideck aus zu machen. Nachdem die Sonne bei vollkommen klarem Horizonte untergegangen war, hatte ich mich kurze Zeit den Hochalpen zugewendet, blickte dann aber zufällig wieder nach Westen und war überrascht, die Sonnenscheibe wieder über dem Horizonte zu sehen, anfänglich sehr schwach leuchtend und von rotem Dunst begleitet, aber scharf begrenzt und rasch wieder intensiver

hell werdend. Bald war sie zum zweiten Male untergegangen. Nach einiger Zeit stieg sie scheinbar wieder in die Höhe, etwas über die Hälfte des scheinbaren Durchmessers, in sehr roter Färbung, um dann endlich zum dritten Male langsam definitiv unterzugehen. Der Horizont erschien nun wieder ganz klar im schönsten Abendrot und dunstfrei. — Die ganze Erscheinung verlief so klar, dass eine Täuschung nicht möglich war.

Nach der Tabelle der Beobachtungen kann der Mittelpunkt der Sonne circa 4° unter dem Horizont der Jungfrau liegen bei Beginn des dritten Glühens, und mehr als 9° beim Aufhören, oder resp. circa 2° bis 7° unter einer Ebene, welche durch die Spitze der Jungfrau geht, die Erdoberfläche im Westen berührt und senkrecht zur Vertikalebene des Strahles steht. Es müssen also die Lichtstrahlen im Verlauf des dritten Glühens eine Ablenkung von 2° bis 7° erfahren, und zwar in Luftregionen, die sehr weit von der Bergspitze entfernt liegen. Als Grund hiefür wurde oben bezeichnet die rasche Abnahme der Brechkraft der Luft mit zunehmender Höhe infolge der Verteilung der Temperatur und Feuchtigkeit. Das Auftreten und der Verlauf des Phänomens gestattet deshalb Schlüsse über den Temperatur- und Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre in Gegenden, die weit nach Westen hin, weit über die Jurakette hinaus tief in französischem Gebiete liegen, und kann für die Wetterprognose verwendet werden.

Das Material, worauf sich vorliegende Auseinandersetzungen stützen, ist noch ein sehr dürftiges, und es wäre wünschbar, dass weitere zahlreiche systematische Beobachtungen mit genauen Zeitangaben angestellt werden möchten, womöglich mit näherer Bezeichnung der tiefsten

Punkte, welche das zweite und dritte Glühen erreichen. Herr Pfarrer von Rüte, Nachfolger des Herrn Pfarrer Dumermuth auf St. Beatenberg, hatte die Gefälligkeit, die Fortsetzung der Beobachtungen zuzusagen.

Beobachtungen von Prof. Rud. Wolf, von Bern aus.

Datum	Zenithdistanzen der Sonne bei						Declination der Sonne
	Sonnenuntergang	I. Glühen Ende	II. Glühen Anfang Ende		III. Glühen Anfang Ende		
1850 Nov. 15	90° 13'	?	?	92° 21'			— 18° 47'
Dec. 2	89 19			91 28			— 22 08
1851 Jan. 1	?		90° 27'	91 18	91° 44'	94° 57'	— 23 01
„ 12	88 49		von unten	91 42			— 21 40
Feb. 15	90 15			92 02	93 40	95 10	— 12 42
März 1	90 10			92 11			— 7 38

Beobachtungen von Pfr. Dumermuth, von St. Beatenberg aus.

1893 Dez. 17	87° 21'			92° 19'	94° 04'	?	— 23° 24'
18	87 05			92 03	95 33	101° 15'	— 23 25
19	87 30			92 12	95 43	100 10	— 23 26
24	?			?	94 22	99 41	— 23 25
28	87 53			91 55	94 41	100 11	— 23 05
29	87 43			92 28	94 39	?	— 23 12
1894 Jan. 10	86 30			91 17	92 45	?	— 21 53
11	86 47			91 54	94 08	97 40	— 21 44
13	?			91 38	93 53	?	— 21 24
20	86 48	89° 24'		?	?	?	— 20 02
21	86 37			91 45	93 35	99 25	— 19 48
22	86 43			91 34	94 11	98 08	— 19 34
25	?			92 15	94 16	97 55	— 18 51
27	?			92 10	93 24	98 21	— 18 20
Feb. 2	?			91 41	93 16	98 07	
5	84 44	89 46	90° 23'	92 27	93 24	99 08	— 15 47
6	84 56	89 40	90 47	92 12	93 39	?	— 15 28
Mittel St. Beatenb.	89° 37'	90° 35'	92° 1'	99° 9'	99° 5'		