V.

*Auszug aus einem Briefe des Professor Brandes
an den Herausgeber.*

(über Böckmann's Untersuchungen der Wärmeleitung,
Parrot's Theorie der Beugung des Lichtes und der farbigen
Ringe, und von Sternschnuppen).

Breslau im Januar 1814.

Ich habe in diesen Tagen Hrn. Hofrath Böckmann's *Untersuchungen über die Wärmeleitung* gelesen. Es ist beinahe abschreckend zu sehen, in welches endlose Feld von Beobachtungen man hier geführt wird; man möchte fast wünschen, Hr. Böckmann möchte, ohne seine Zeit an eine zu große Mannigfaltigkeit von Körpern zu verwenden, nur einzelne Zweige dieser Materie verfolgen, da die ganze Untersuchung vielleicht für einen Beobachter allzu unendlich ist. Eine der merkwürdigsten Fragen scheint mir die zu seyn, warum die Reihenfolge der Körper in Hinsicht auf ihre Erwärmung und Abkühlung im Wasser und im Quecksilber so gänzlich verschieden ist, von der Reihenfolge bei der Erwärmung und Abkühlung derselben in der Luft. Kleine Unterschiede in ihnen wollte ich nicht achten; denn diese könnten aller Vorsicht ungeachtet von Kleinigkeiten, vielleicht von einer mehr oder minder fest anliegenden Thermometerkugel innerhalb der festen Kugeln u. dergl. herrühren. In dieser Hinsicht würde ich nicht verlangen, daß vielerlei Hölzer und andere ähnliche Körper durchgegangen würden, sondern nur so viele, als zur *Hauptangabe* nöthig ist. Aber woher rührt jene gänzliche Umkehrung der Reihenfolge in dem einen und dem andern Falle?

So wenig ich geneigt bin, eine Beantwortung dieser Frage wagen zu wollen, so möchte ich doch fast vermuthen, in dem einen Falle sey die Wärme, welche den Körper verläßt, mehr strahlende, im andern Falle wirklich fortgeleitete. Der Uebersprung von dem dichten Quecksilber und dem Wasser zur Luft ist so groß, daß diese vielleicht als leitend wenig in Betrachtung kömmt, und daß bloß strahlende Wärme entweicht. Dieses durch Versuche geradezu auszumachen, scheint sehr schwierig; denn wenn wir auch die Abkühlung in andern Gasarten oder im Vacuo untersuchten, so würde das Schwerlich etwas besonders Merkwürdiges lehren*). Aber sollte nicht die Untersuchung über die gleichartigen Körper, deren Oberfläche verschieden an Politur, Farbe etc. sind, hier etwas ergeben? Ich bin geneigt zu glauben, daß die durch Fortleitung entweichende Wärme ganz oder beinahe dieselbe bleibt, die Oberfläche mag glatt oder rauh, gefärbt oder ungefärbt seyn, sobald nur die Farbenhülle nicht als ein neuer Körper, als eine Hülle wirksam oder hindernd ist; diese Unterschiede wirken aber bei der strahlenden Wärme mächtig ein. Hätte ich hierin Recht, so würde schnellere Abkühlung bei dem mit Tusche geschwärtzten Wismuth nicht Statt finden, wenn man ihn im Quecksilber abkühlen liesse. Versuche der Art ließen sich nun eine hübsche Reihe vorschlagen, da hier Politur, Farbe, Unterschied einer

*) Versuche im wahren Vacuo möchten doch nicht uninteressant seyn. Soviel ich einsehe, könnte hier von Ableitung im eingeschränkten Sinne gar nicht die Rede seyn, sondern bloß von ausstrahlender Wärme, und so wäre wenigstens das, was wir zu trennen wünschen, hier so rein als möglich getrennt. Versuche im Vacuo wären etwas schwierig; aber wenn man Körper erhitzen will, wenigstens nicht unmöglich, da man in einem Recipienten den zu erhitzenen Körper einschließen, die Luft möglichst rein auspumpen, und dann den Recipienten, der nicht groß seyn müßte, ablösen und erhitzen könnte. Bei der Abkühlung möchte es schwerer gehn, wenn man nämlich einen erhitzten Körper für sich allein ins Vacuum bringen wollte. Wiefern die Abkühlung des ganzen eben angedeuteten Apparats brauchbare Resultate geben könnte, kann ich nicht überlehn. Br.

glänzenden oder nicht glänzenden Farbendecke u. s. w. berücksichtigt werden, und man die verschiedenen Kugeln in Luft, Wasser und Quecksilber erhitzen und erkälten muß. Hieher gehört auch ein ganz dünnes Bestreichen mit Fett oder ähnlichen Dingen, die nicht durch Verdampfung oder bekannte physische Einwirkung eine Aenderung hervorbringen könnten.

Die Versuche mit wirklichen Hüllen von Wolle, Leder etc. scheinen mir eine ganz eigene Reihe zu bilden, die ich nicht mit jenen unter eine Rubrik bringen würde; hier ist offenbar die Dicke der Hülle und ihr größeres oder geringeres Vermögen, die Wärme schnell durch zu lassen, in Betrachtung zu ziehen, und wenn man hier Vergleichen bei der Eintauchung in Flüssigkeiten machen wollte, müßten dieses nur Flüssigkeiten seyn, welche jene Hülle nicht durchdrängten:

Die Versuche über das Erkalten gleichartiger Körper von ungleicher Figur scheinen mir einer besonders vorsichtigen Anordnung zu bedürfen, wenn man hier nicht sich in unendliche Mannigfaltigkeit verlieren soll. Zuerst würde ich nun freilich, meinen vorigen Ideen getreu, fragen: ob der Unterschied der Gestalt bei der abgeleiteten Wärme eben so stark wirksam ist, als bei der strahlenden, und zu diesem Ende ganz gleichartige Körper, den einen kugelförmig, den andern etwa tetraëdrisch, in Luft, Wasser und Quecksilber erhitzen und erkälten. Das Tetraëdron hat unter allen regulären Körpern die schärfste Spitze. Hier ist nun die Frage, wie soll man die Masse oder Größe der verglichenen, ungleich geformten Körper bestimmen? Man könnte 1. die Massen gleich nehmen, also gleich viel Materie in eine Kugel und in ein Tetraëder formen; man könnte 2. die Abstände der Thermometerkugel von der nächsten äußern Wand gleich nehmen (dann ist das Tetraëder das um die Kugel construirte); man könnte 3. (wohl mit dem wenigsten Rechte) die Oberfläche gleich nehmen. Besser würde es wohl seyn, aus Versuchen mit einer vollständigen Reihenfolge ungleich großer Kugeln eine *Berechnung* (wo möglich!) herzuleiten, wie die Abkühlung seyn

sollte, in einem anders geformten Körper. Es ist zwar wahr, daß man nicht wagen darf das Tetraëder anzusehn, als ob es aus unendlich vielen Kugelausschnitten, deren Halbmesser ungleich wären, bestände, und als ob jeder dieser Ausschnitte für sich erkaltete. Denn offenbar theilen die benachbarten, ungleich erkaltenden Ausschnitte sich einander Wärme mit. Aber es ließe sich doch vielleicht so irgend eine Idee fassen, die leitend zur Vergleichung dienen könnte. Wichtig möchte es hierbei seyn zu untersuchen, ob das Abstumpfen der Spitzen, wenn dabei die Masse nicht erheblich vermindert wird, der Wärmeleitung hinderlich oder förderlich ist? eine Frage, die wenigstens durch Vergleichung mit electricischen Phänomenen nicht als ganz unzulässig erscheint.

Doch ich will Sie mit diesen Fragen und Vermuthungen nicht länger aufhalten. Die Sache scheint mir vieler Aufmerksamkeit werth, aber ich wünschte, daß Hr. Hofrath Böckmann sich nicht durch eine Wiederholung an allzu vielerlei Körpern zerstreute, ehe nicht noch einige Hauptgesetze aufgefunden sind.

Ueber einen andern Gegenstand habe ich schon lange den Voratz gehabt, Ihnen einige Bemerkungen mitzutheilen, nämlich über die *Theorie der Biegung* des Lichts, welche Hr. Hofr. Parrot in Dorpat in seinem Lehrbuche der Physik vorgetragen hat. Ich verehere Hrn. Parrot's Verdienste gewiß recht sehr, aber in dieser Lehre muß ich ihm geradezu widersprechen, und werde suchen meinen Widerspruch mit Gründen zu belegen. Hr. Parrot setzt mit vieler Wahrscheinlichkeit voraus, daß die Körper, in deren Nähe die Biegung des Lichtes vorgeht, erwärmt und folglich mit einer verdünnten Luft umgeben sind, daß die nächsten Schichten an dem Körper am meisten verdünnt sind, und daß in der Entfernung die Dichtigkeit nach einem hier weiter nicht in Betrachtung kommenden Gesetze zunehmen. Stellt also in der beiliegenden (mit Hrn. Parrots Fig. 38. correspondirenden) Figur 1. Taf. II. A den Querschnitt des Haares in dem bekannten Versuche vor, so bezeichnen die concentrischen Kreise jene Schichten, die desto dünner sind, je näher sie

der Oberfläche des Haares liegen. Unter den in diese Atmosphäre an verschiedenen Stellen parallel einfallenden Lichtstrahlen fa , ge , hi , dringe fa am tiefsten in die verdünnten Schichten ein; er wird am meisten gebrochen, bildet eine gegen das Haar convexe Krümmung, verläßt diese Atmosphäre bei b , und geht nun geradelinigt nach bB fort. Ein andrer Strahl ge , der dem Haare nicht so nahe kömmt, leidet eine schwächere Brechung, und geht nach kD fort, so daß er in D näher zum Schatten des Haares hinfällt, als der erstere, der nach der Stelle des Einfallens zu urtheilen, dem Schatten näher liegen sollte. Ein dritter hi geht fast ganz ungebrochen, fast geradelinigt nach E , und liegt nun dem Schatten näher als irgend einer der vorigen. Der Schatten also, der bei geradelinigtem Fortgang der Lichtstrahlen sich nur bis F erstrecken würde, erscheint als breiter und reicht bis an E .

Dieses alles ist ganz richtig, und so wäre eine Erscheinung, die bei der sogenannten Beugung vorkömmt, richtig erklärt. Aber nun geht Hr. Parrot weiter und sagt: zwischen E und D und zwischen D und B liegen auch Schattenstellen; und hieraus soll das Erscheinen von Lichtringen um den Schatten erklärt werden. Dieses ist nun gewiß unrichtig. Denn es sind nicht jene drei Strahlen allein, welche auf den Gegenstand einfallen, sondern der ganze Raum $fa i h$ ist ja mit unzähligen parallelen Strahlen gleichsam erfüllt, und es werden also schon wegen dieser Strahlen, die nun in umgekehrter Ordnung zwischen BDE ihr Licht hinbringen, hier keine Schattenstellen vorkommen. Ist das, was Hr. Parrot als Ursache des breiteren Schattens annimmt, wirklich die Ursache, so läßt sich wohl einsehen, daß irgendwo zwischen E und B ein Lichtring erscheinen kann, aber zu mehreren ist kein Grund vorhanden. Einer entsteht deswegen, weil nach D nicht bloß der vorhin betrachtete Strahl gelangt; sondern zugleich der gerade fortgehende pD ; nach B auch der gerade fortgehende qB ; nach E hingegen der einzige erste neben der Atmosphäre hin gerade fortgehende hE . Von E an muß also ein Wachsen der Erlenchung Statt finden,

und zwar ein allmähliges und fortgehendes Wachsen, weil die gekrümmten Strahlen sich desto näher an einander drängen, je mehr sie gebrochen worden sind; und es scheint daher, daß die stärkste Erleuchtung bei *B* seyn und dort ein plötzlicher Abfall des Lichtes merklich werden müsse. Ich sehe also nicht ein, wie wir mehr als einen Lichtring bekommen sollten.

Kann aber dieser einzige Ring farbigt erscheinen? Diese Frage ist etwas schwieriger als die vorige; ich will über sie nicht entscheiden, sondern nur meine Gedanken zur Prüfung vorlegen. Der bei *a* eintretende Strahl wird in farbige Strahlen zerlegt, und zwar nähert sich der rothe dem Haare am meisten; aber nun entsteht erstlich die Frage: ob nicht des zunächst an *fa* liegenden Strahls (nämlich desjenigen Strahls, der dem Haare näher ist,) violetter Theil noch bei dem Haare vorbei gebrochen und folglich mit dem roth des vorigen vermischt wird? Ich sehe keinen Grund, warum das nicht seyn sollte, und schon deshalb würden, glaube ich, die Farben nicht deutlich werden, da eben dieß Vermischen nun für alle folgende Strahlen Statt findet. Aber selbst davon abgesehen zweifle ich, daß der Strahl *fa* in *B* ein farbiges Bild liefert. Die verschiedenen Farbestrahlen, die bei *a* anfangend innerhalb der Atmosphäre des Haars fortgehen, durchlaufen eine Curve, deren beide Hälften von dem Punkte an, wo sie dem Haare am nächsten sind, symmetrisch seyn werden. Soviel ich einsehe, wird der Punkt jener nächsten Conjunction für alle aus demselben Strahle *fa* herrührenden Farbestrahlen auf einerlei Radius liegen, d. i. die Scheitel der verschiedenen Trajectorien liegen alle auf demselben Radio; und wenn das ist, so kann der Durchschnitt der Farbestrahlen nicht, wie Hr. Parrot zeichnet, in *d* fallen, sondern er fällt in *b*. Ist nun in diesen Schlüssen kein Irrthum, so werden alle jene Trajectorien, weil sie in *a* eine gemeinschaftliche Tangente hatten, auch in *b* eine gemeinschaftliche Tangente haben, und also die getrennten Strahlen hier wieder vereint, als weißer Strahl erscheinen.

Ich überlasse Ihnen und recht gern auch Hrn. Hofr. Parrot selbst die Prüfung dieser Schlüsse, und werde mich gern von meinem Unrecht überzeugen lassen, wenn ich Fehlschlüsse gemacht habe. Die Sache ließe sich einer mathematischen Berechnung unterwerfen, wenn man irgend ein Gesetz der Dichtigkeiten als Hypothese annähme; aber ich glaube, es bedarf der Mühe nicht, da mir meine geometrischen Schlüsse, obgleich sie der geometrischen Eleganz entbehren, doch hinreichend scheinen.

Hr. Parrot hat auch versucht, ein andres, noch schwierigeres Problem zu lösen, nämlich, woher die *Farbenringe zwischen Glaslinsen* rühren? die Erscheinung, welche Newton aus abwechselnden Anwendungen des Lichtes, leichter hindurch zu gehen und leichter zurückgeworfen zu werden, erklärt *). Auch hier bin ich nicht ganz mit ihm einstimmig. Der einfallende Strahl ab , Fig. 2, mag allerdings, weil die Ebne CB erwärmt ist, in Farbestrahlen gebrochen werden, wie bc , be ; aber bei der Reflexion geht der rothe Strahl nach cdr fort, und dr macht mit der Ebne BC einen eben so großen Winkel als ab , weil wieder die Trajectorie abc der cdr symmetrisch ist. Aus eben dem Grunde ist ev eben so geneigt gegen die Ebne wie ab , und folglich sind dr , ev parallel. Dieses läßt sich völlig Euklidisch beweisen. Hieraus aber folgt, daß dr , ev sich gar nicht so schneiden können, wie Hr. Parrot annimmt, und daß also selbst beim völlig isolirten Strahle hier keine Farben entstehen. Eben so leicht läßt sich zeigen, daß die Strahlen bc , be , wenn sie durch die Platte CB durchgehen und dort gleich erwärmte Luftschichten finden, nach allen Brechungen wieder parallel jenseits fortgehen müssen, und auch isolirt keine Farben geben können.

Es ist nun zu untersuchen, was geschieht, wenn die Glasplatten schief gegen einander geneigt sind?

*) Und mit der Herschel's interessante Untersuchungen sich beschäftigen, deren ersten Theil ich den Lesern in St. 1 dieses Jahrgangs vorgelegt habe, und deren zweiten von jenem unabhängigen Theil eins der folgenden Stücke bringen wird. G.

Sind sie so weit von einander entfernt, daß jene erwärmten Schichten oder Atmosphären einander nicht erreichen, so werden die getrennten Farbestrahlen nach dem ersten Durchgange wieder parallel, folglich auch nach dem ersten Zurückprallen, und nach dem zweiten Durchgange abermals; es kann also nichts von Farbenringen erscheinen. Und das verhält sich auch wirklich so. Um zu überlegen, was sich da ereignet, wo die Atmosphären in einander greifen, muß ich, was dort in einem engen Raume vorgeht, ein wenig ins Große zeichnen, und es wird mir erlaubt seyn, um die Darstellung zu erleichtern, eine Hypothese anzunehmen, die freilich mit der Wahrheit nicht genau übereinkömmt, aber doch den Erfolg wohl eben so ergeben müßte, wie die Umstände, welche in der Natur da sind. Es sey nämlich in Fig. 3 *AB* die eine, *CD* die andre Glasplatte, so nehme ich an, die verdünnte Atmosphäre erstreckte sich in dem außerhalb liegenden Raume bis an *EF*, *GH*, und es sey das zwischen *EF*, *AB* und zwischen *CD*, *GH* befindliche Medium homogen, so daß die Brechung auf einmal in den Ebenen *EF*, *GH* geschehe. Für den innern Raum nehme ich, da wo die Platten noch weit von einander abstehen, eben solche homogene, verdünnte Media bis an *IK*, *LK* an; von *K* nach *BD* zu aber denke ich mir ein Medium, das desto dünner wird, je mehr man sich dem Durchschnittspuncte der Ebenen *AB*, *CD* nähert. Wenn nun *ab*, *lm* zwei parallel einfallende Strahlen sind, so wird der erstere in *b* in Farbestrahlen zerlegt; der violette *bd* gelangt bei *d* wieder in gewöhnlich dichte Luft, und ist daher in *df*, und endlich wieder in *gi* mit *ab* parallel, weil er in die wegen der Nähe der Platten ungewöhnlich verdünnte Luft gar nicht gelangt. Der andere Strahl *lm* wird in *m* ebenfalls zerlegt, und wenn wir blos seinen violetten Theil *mz* verfolgen, so ist dieser zuerst mit *bd* parallel; er leidet aber in *n* eine neue Brechung, weil der Raum *no* ein noch dünneres Medium erhält. Die Richtung von *no* wird divergirend von *bd*, also noch weit mehr divergirend von *df*; diese Divergenz kann durch die folgenden Brechungen gar nicht aufgehoben werden, und

pq divergirt also von gi . Dafs die Divergenz nicht aufgehoben wird, läfst sich so erweisen. Es heisse φ der Winkel, den ab , lm mit dem Einfallslot auf EF machen, und α der Winkel, den die beiden Glasplatten einschließen, so macht gi mit dem Einfallslot auf CD den Winkel $\varphi - \alpha$. Ist nun $mnA = 90^\circ - \omega$, und das Brechungsverhältnifs so, dafs $\sin. \omega = m. \sin. \varphi$ ist, ferner $onB = 90^\circ - \psi$, und bei der neuen Brechung das Verhältnifs so, dafs $\sin. \psi = n. \sin. \omega = m. n. \sin. \varphi$; so wird $\cos. poD = \frac{1}{n} \sin. (\psi - \alpha)$, und der Winkel, den pq mit dem Lothe auf CD macht, $= v$ gesetzt, $\sin. v = \frac{1}{m. n} \sin. (\psi - \alpha) = \frac{1}{m. n} (\sin. \psi \cos. \alpha - \cos. \psi \sin. \alpha) = \sin. \varphi \cos. \alpha - \frac{\cos. \psi \sin. \alpha}{m. n}$. Nun ist $\psi > \varphi$, also $\cos. \psi < \cos. \varphi$; $mn > 1$, also $\frac{\cos. \psi}{m. n} < \cos. \varphi$, folglich $\frac{\cos. \psi \sin. \alpha}{m. n} < \sin. \alpha \cos. \varphi$, folglich $\sin. v > \sin. (\varphi - \alpha)$; die Strahlen divergiren also.

Was nun hier geschieht, wenn der eine Strahl gar nicht in den Raum KBD gelangt, das wird, wenn auch in vermindertem Maafse, ebenfalls geschehn, wenn jener erste Strahl zwar in jenen Raum eindringt, aber näher bei K bleibt, wo die Erwärmung geringer, und die Brechung schwächer ist. Jenes Aufeinanderfallen der Farbenbilder, so wie Hr. Parrot es will, scheint mir also noch gar nicht erwiesen.

Es ist die Absicht dieser flüchtigen Bemerkungen, Hrn. Hofrath Parrot zu klareren Erörterungen zu veranlassen, deren diese Ansicht, wenn sie sich retten läfst, noch sehr zu bedürfen scheint *); ich glaube, dafs ich mich wenigstens deutlich erklärt habe, und das wird für den Zweck wohl hinreichend seyn.

*) Wobei die Herschel'schen Untersuchungen nicht zu übersehen dürfen, G.

Ich mache mir einige Hoffnung, vielleicht gegen den nächsten Herbst eine Gesellschaft von Personen zusammen zu bringen, die an vier oder fünf Orten einige Abende an die Beobachtung der Sternschnuppen wenden werden. Sollte es nicht möglich seyn, die Kette der Beobachtungspuncte bis nach Leipzig und Berlin auszudehnen? Ich bitte Sie, zur Theilnahme hieran aufzufordern. Da unsere Erkenntniß dieser Erscheinungen noch so höchst unvollkommen ist, so scheint es mir nicht unnütz, ihnen einige Zeit zu opfern; jedoch werde ich das nicht eher thun, und auch fremde Anerbietungen nicht eher annehmen, bis wenigstens an 5 oder 6 Orten, die in mäßigen Distanzen liegen, zugleich beobachtet werden kann. Wenn das geschieht, so darf man nicht fürchten, daß zu viel Zeit verloren werde. Sollte etwas der Art zu Stande kommen, so erlauben Sie mir, Vorschläge zur gemeinschaftlichen Anordnung der Beobachtungen zu thun, damit so wenig Zeit als möglich verloren, und auch die Berechnung auf eine gute Weise, ohne einen Einzelnen zu sehr zu belästigen, ausgetheilt werde *).

H. W. Brandes.

*) Freunde der Physik, welche häufigere Gelegenheit haben, Abende im Freien zuzubringen, als das in größern Städten der Fall zu seyn pflegt, und die an den zwar beschwerlichen, aber auch ergötzenden Beobachtungen der Sternschnuppen Antheil nehmen wollen, ersuche ich, Hrn. Prof. Brandes, oder mich davon zu benachrichtigen, damit gemeinschaftlich verfahren werden könne. G.