VI.
 FORTGESETZTE VERSUCHE
 über die Wärmestrahlen der Sonne und
 irdischer Gegenstände,

von
 WILL. HERSCHEL,
 L. L. D., F. R. S. zu Slough bei Windfor.

Diese Versuche sind eine Fortsetzung der Herschelschen Untersuchungen über die wärmende und die erleuchtende Kraft der farbigen Sonnenstrahlen, und über die nicht-sichtbaren Strahlen der Sonne und deren Brechbarkeit, woraus die *Annalen*, B. VII, S. 137 — 156, den Lesern einen vollständigen Auszug vorgelegt haben. Herschel hatte sie in zwei Aufsätzen des ersten Bandes der *Philosophical Transactions of the Roy. Soc. of London for the Y. 1800*, (Aufsatz 13 und 14,) vorgetragen. Zwei fernere hierher gehörige Abhandlungen, welche als Fortsetzungen dieser erstern zu betrachten sind, finden sich im zweiten und dritten Bande desselben Jahrganges der *Transactions* 15, p. 293, und 19, p. 437. Von diesen letztern habe ich für die *Annalen* noch keinen Gebrauch gemacht, und ziehe auch jetzt aus ihnen lediglich die Versuche Herschel's über die Wärme im Zustande der Strahlung aus, ohne mich auf die weitläufigen, nur wenig genügenden Versuche in der vierten Abhandlung, über die Licht- und die Wärmemenge, welche durch gefärbte Gläser hindurch geht, einzulassen. Herschel will in diesen beiden spätern Aufsätzen

eine Parallele zwischen den Gesetzen der Wärme leuchtender, farbiger und unsichtbarer Strahlungen, mit den längst bekannten und bewährten Gesetzen des Lichts unter den Umständen der Zurückwerfung, der Brechung, des Durchganges durch durchsichtige Körper und der Zerstreuung ziehen, um danach zu beurtheilen, in wie weit Licht und Wärme einerlei oder verschieden sind. Allein sowohl seine Entdeckung nicht-sichtbarer Sonnenstrahlen, welche wärmen, und was damit in Verbindung stand, als auch diese fernere Untersuchung über die Wärme im Zustande der Strahlung, haben in England einen, wie es scheint, siegreichen Gegner gefunden, (darf man dieses anders daraus schliessen, daß bis jetzt weder Herschel selbst, noch ein anderer Physiker, die neuen Entdeckungen im Felde der Optik gegen dessen strenge und bittere Kritik, die ich den Lesern in dem auf diesen folgenden Aufsätze, (VII,) vorlege, gerechtfertigt hat,) daher es mit dem wissenschaftlichen Gewinne, den sich Herschel aus dieser Parallele versprach, etwas zweifelhaft ausieht. Um indeß doch den Leser in den Stand zu setzen, Herschel's Versuche und die Kritik über diese selbst beurtheilen und würdigen zu können, theile ich hier die neuen Versuche Herschel's über die strahlende Wärme in einem vollständigen Auszuge mit. In der Erwartung fernerer Verhandlungen über die streitigen Punkte, verschob ich dieses bis jetzt; doch ist mir nichts weiter darüber bekannt geworden.

d. H.

Licht, sagt Herschel, (Sonnenlicht sowohl als irdisches,) ist eine Sensation, welche 1. durch Strahlen bewirkt wird, die von leuchtenden, (*luminous*),

Körpern emaniren, welche das Vermögen haben, Gegenstände zu erleuchten und sie nach Umständen unter verschiedenen Farben erscheinen zu machen. Diese Strahlen sind 2. den Gesetzen der Zurückwerfung, und 3. den Gesetzen der Brechung unterworfen. Sie haben 4. eine verschiedene Brechbarkeit, sind 5. geneigt nach gewissen Verhältnissen in durchsichtigen Körpern, beim Durchgange durch dieselben, aufgehalten; und 6. an rauhen Oberflächen umher zerstreut zu werden. Endlich schrieb man ihnen bisher 7. das Vermögen zu Körper zu erwärmen, welches aber erst durch diese Untersuchung näher auszumitteln ist.

Wärme, (Sonnenwärme sowohl als irdische,) ist dagegen eine Sensation, welche 1. durch Strahlen bewirkt wird, die von glühenden, (*candent*,) Körpern, welche das Vermögen haben, Gegenstände zu erwärmen, emaniren. Auch diese Strahlen haben alle unter 2 bis 7 erwähnten Eigenschaften. Man kann annehmen, daß sie in einem gewissen Zustande von Energie, das Vermögen besitzen, Gegenstände zu erleuchten; doch ist dieses ein Umstand, der ebenfalls noch einer genauern Untersuchung bedarf.

Diese kurze vergleichende Uebersicht der Erfahrungen über Licht und Wärme bestimmt die Ordnung in dieser Untersuchung über die Wärme im Zustande der Strahlung. Die dritte Abhandlung, (*Transact.*, No. 15,) beschäftigt sich mit den drei

ersten Vergleichpunkten, die vierte u. s. w., (*Try.* No. 19,) mit den übrigen.

Versuch 1. Zurückwerfung der Sonnenwärme. Ein 10füßiges Newtonsches Spiegelteleskop, mit einem Okulareinfatze nach Art der Camera clara, (*with a camera eye piece,*) ohne Okularglas, wurde nach der Sonne gerichtet, und so adjustirt, daß der Focus auf ein kleines Thermometer fiel. Dieses stieg um 58° Fahrenh. Sonnenstrahlen, sie mögen nun Licht seyn oder nicht, erzeugen folglich nach dreimaliger regelmäßiger Reflexion noch Wärme.

Versuch 2. Zurückwerfung der Wärme eines Lichts. Ein kleiner stählerner Hohlspiegel von 5,4 Zoll Oeffnung und 2,75 Zoll Brennweite, wurde 29 Zoll von einem Lichte gestellt. Genau im Vereinigungspunkte der Strahlen, (*secondary focus,*) wurde ein Thermometer, und ein zweites sehr nahe dabei, doch außerhalb des Ganges des reflectirten Lichts gebracht. Innerhalb 5 Minuten stieg das Thermometer im Vereinigungspunkte um $3\frac{1}{4}^{\circ}$ F.; sank, als der Spiegel bedeckt wurde, binnen 6 Minuten wieder zum vorigen Stande zurück, und stieg, wenn man den Spiegel aufdeckte, binnen 5 Minuten wieder um eben so viel, indess das zweite Thermometer die ganze Zeit über unverändert blieb.

Versuch 3. Zurückwerfung der Wärme, welche die farbigen Sonnenstrahlen begleitet. Herschel liefs durch einen Einschnitt in Pappe, den das Farbenspectrum gerade ausfüllte, die farbigen Strahlen auf den Stahlspiegel fallen. Das Thermometer im

Brennpunkte desselben stieg binnen 2 Minuten um 35° Fahrenh.

Versuch 4. Zurückwerfung der Wärme eines roth glühenden Eisenstabes. Der kleine stählerne Hohlspiegel wurde 12 Zoll vom roth glühenden Eisenstabe, und wiederum ein Thermometer in den Vereinigungspunkt der Strahlen gesetzt. Ein Schirm aus Pappe diente, die directen Wärmestrahlen vom Thermometer abzuhalten. Es stieg in $1\frac{1}{2}$ Minuten um $38\frac{1}{2}^{\circ}$, und fiel, als der Spiegel bedeckt wurde, in $1\frac{1}{2}$ Minuten wieder um 28° .

Versuch 5. Zurückwerfung der Wärme eines Kohlenfeuers durch einen Planspiegel. Herschel stellte einen kleinen Planspiegel *D*, dergleichen er sich in seinen 7füßigen Reflectoren bedient, (Taf. II, Fig. 5,) auf ein Gestell, auf das zugleich ein Rost für das Kohlenfeuer angebracht war, und zwischen beide ein $1\frac{1}{2}$ Zoll dickes Eichenbrett *AB*, in welches ein rundes Loch *C*, $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, eingeschnitten war. Bloß durch dieses fiel Wärme auf den unter 45° gegen die Achse des Strahlenkegels geneigten Spiegel. Der zurückgeworfne Strahlenkegel ging aufs neue durch ein Loch *E*, das in ein zweites Brett eingeschnitten war, und fiel auf ein dahinter stehendes, $3\frac{1}{2}$ Zoll vom Spiegel entferntes Thermometer *F*. Ein zweites Thermometer befand sich dicht neben diesem. Ersteres stieg in 5 Minuten um 7° , während das zweite seinen Stand nur um $\frac{1}{2}^{\circ}$ änderte.

Versuch 6. Zurückwerfung der Wärme eines Feuers mittelst eines Prisma. Wurde im vorigen Versuche statt des Planspiegels ein gleichschenkliges rechtwinkliges Prisma genommen, durch dessen Schenkel die Strahlen senkrecht durchgingen, so daß die Hypothenuse sie reflectirte, so stieg das erste Thermometer zwar in 11 Minuten um $4\frac{1}{2}^{\circ}$; da zugleich aber das zweite seinen Stand um $1\frac{3}{4}^{\circ}$ änderte, so war die Temperatur des ganzen Raums um eben so viel erhöht, mithin die Wirkung der Reflexion lediglich von $2\frac{3}{4}^{\circ}$.

Versuch 7. Zurückwerfung der nicht-sichtbaren Wärme der Sonne. Herschel setzte an das eine Ende eines $4\frac{1}{2}$ Fuß langen Bretts einen kleinen Planspiegel, der gegen das einfallende prismatische Licht unter 45° geneigt war, und es auf ein Thermometer warf, das am andern Ende des Bretts, 3 Fuß $9\frac{1}{2}$ Zoll vom Spiegel stand, und neben welches, außerhalb des zurückgeworfnen Strahlenkegels, ein zweites Thermometer gestellt war, (Taf. II, Fig. 4.) Dieses Brett ließ sich in den farbigen Strahlen verschieben, und der Spiegel mittelst Parallellinien, die im Abstände $\frac{1}{2}$ Zolles von einander auf das Brett gezogen waren, in jede beliebige Entfernung von der Grenze des Roths des Farbenspectrums bringen. Nachdem die Thermometer, während der Spiegel verdeckt blieb, die Temperatur ihres Standorts angenommen hatten, wurde der Apparat so weit aus dem Farbenspectrum gerückt, daß nun die nicht-sichtbaren Wärmestrahlen der

Sonne allein auf den Spiegel fielen. Binnen 10 Minuten erhielt das erste Thermometer 4° F. Wärme, welche ganz den Gesetzen der Katoptrik gemäß auf dasselbe reflectirt wurden, und zwar mit solcher Präcision, daß das nur 1 Zoll davon entfernte zweite Thermometer seinen Stand dabei nicht im mindesten änderte. Als man darauf den Spiegel wegnahm, verlor das erste Thermometer die erhaltenen 4° Wärme in 10 Minuten wieder gänzlich. *Ein, wie Herschel bemerkt, sehr entscheidender Versuch für die Wirklichkeit nicht-sichtbarer Sonnenstrahlen, ihrer Reflectibilität nach den Gesetzen der Katoptrik, und ihres Vermögens, zu erwärmen.*

Versuch 8. Zurückwerfung und Condensirung der nicht-sichtbaren Sonnenstrahlen. Man richtete den kleinen, oben beschriebenen Hohlspiegel aus Stahl so vor, daß die prismatischen Strahlen eines Farbenspectrums senkrecht auf ihn einfielen. Die eine Hälfte des Spiegels war mit einem Stücke Pappe bedeckt. Mittelft einer Menge darauf gezogener Parallellinien ließ sich das letzte sichtbare Roth bis auf jede beliebige Weite von der nicht bekleideten Hälfte des Spiegels entfernen. Im Brennpunkte stand wiederum ein Thermometer, das man bei verdecktem Spiegel zur Temperatur seines Standorts kommen ließ. Dann wurde der Apparat so gestellt, daß die Grenze des Roths $\frac{1}{16}$ Zoll von der Schneide der Pappe, die sich im Durchmesser befand, abwärts, und mithin lediglich die nicht-sichtbaren Sonnenstrahlen auf die

unbekleidete Hälfte des Spiegels fielen. Das Thermometer stieg binnen 1 Minute um 19° . Als man den Spiegel wieder bedeckte, sank das Thermometer in 3 Minuten um 16° , stieg, als man ihn aufs neue enthüllte, in 2 Minuten um 24° , und fiel dann bei bedecktem Spiegel in 1 Minute wieder um 19° . Wiederum, nach Herschel, ein Beweis der Wirklichkeit nicht - sichtbarer Sonnenstrahlen, die in der Reflexion den Gesetzen der Katoptrik aufs genaueste folgen, und im Verhältnisse, in welchem sie condensirt werden, stärker erhitzen.

Versuch 9. Zurückwerfung der nicht - sichtbaren Ofenwärme. Der stählerne Hohlspiegel wurde auf ein schmales Brett befestigt, und davor ein hölzerner $\frac{1}{2}$ Zoll dicker Schirm, der gerade so hoch war, daß er die Strahlen, die sonst auf die untere Hälfte des Spiegels gefallen seyn würden, auffing. Hinter diesen Schirm wurden zwei Thermometer, das eine genau in die Achse des Hohlspiegels, das andere, von welchem durch ein an die Scale gebundnes Pappstückchen alle vom Spiegel reflectirten Strahlen abgehalten wurden, dicht daneben gestellt. Als man diesen Apparat einem wohl geheizten ringsum verschlossnen Ofen gehörig gegenüber setzte, trieben die nicht - sichtbaren, vom Spiegel reflectirten Wärmestrahlen, das in der Achse stehende Thermometer in 1 Minute um 39° in die Höhe, indess das zweite, gegen die reflectirten Strahlengeschützte Thermometer, das genau dieselbe Stellung gegen den Ofen hatte, nur um 1° stieg.

Versuch 10. *Zurückwerfung der nicht-sichtbaren Wärmestrahlen eines heißen Eisenstabes, der nach dem Rothglühen so weit erkältet war, daß er im Dunkeln keinen Schein mehr verbreitete.* Als man diesen Eisenstab 12 Zoll weit vom stählernen Hohlspiegel befestigte, und nun den Spiegel abwechselnd enthüllte und wieder verdeckte, und ihn so jedes Mal eine Minute lang liess, stieg und fiel das Thermometer im Brennpunkte des Spiegels abwechselnd folgendermaßen: $+ 7^{\circ}$, $- 7^{\circ}$; $+ 3^{\circ}$, $- 5\frac{1}{2}^{\circ}$; $+ 2\frac{1}{2}^{\circ}$, $- 6\frac{1}{2}^{\circ}$.

Diesen Versuchen über die Zurückwerfung der Wärme fügt Herschel folgende Bemerkungen bei: „Wir haben unter allen verschiedenen Umständen, unter welchen in ihnen Sonnenwärme und irdische Wärme wirkte, Strahlen aufgefunden, welche den bekannten Gesetzen der Zurückwerfung gehorchen, und unabhängig von Licht das Vermögen besitzen, Körper zu erwärmen. Denn hatten wir es gleich in den 6 ersten Fällen sowohl mit erleuchtenden als mit wärmenden Strahlen zu thun; so kam doch in unsern Versuchen lediglich das Vermögen, Wärme hervorzubringen, in Anschlag, welches sich durch das Thermometer genau auswies. Die 4 letzten Versuche, welche mit nicht-sichtbaren Strahlen angestellt wurden, beweisen offenbar, daß aus dem Vermögen von Strahlen, Wärme zu erzeugen, sich keinesweges schliessen lässe, daß ihnen auch das Vermögen, zu erleuchten, zukommen müsse. Vielmehr sind wir berechtigt, nach Bewei-

fen zu fragen, daß Strahlen, welche erwärmen, je sichtbar zu werden vermögen. Doch wir werden weiterhin auf diese Materie noch einmahl zurück kommen, daher ich jetzt zu der Brechung der wärmezeugenden Strahlen fortgehe.“

Versuch 11. Brechung der Sonnenwärme. Ein neuer 10füßiger Newtonscher Reflector, dessen Spiegel, so weit er polirt war, 24 Zoll Oeffnung hatte, wurde nach der Sonne gerichtet, und ein terrestrischer Okulareinsatz mit 4 Linsengläsern eingekraubt, durch welchen man die Sonnenstrahlen auf ein Thermometer in ihrem Focus fallen ließ. Dieses stieg fast augenblicklich um 70° F., und das Teleskop mußte sogleich weggedrehet werden, damit die Gläser nicht zerprängen. Hier hatten die Strahlen, welche diese plötzliche Vermehrung von Wärme bewirkten, hinter einander 8 Brechungen erlitten; weshalb sich nicht zweifeln läßt, daß auch sie den Gesetzen der Brechung unterworfen sind.

Versuch 12. Brechung der Wärme eines Lichts. Eine biconvexe Glaslinse von 1,4 Zoll Brennweite und 1,1 Zoll Oeffnung, die auf einem kleinen Fuße stand, wurde 2,8 Zoll weit von der Flamme eines Lichts, und hinter die Linse, in den Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen, mit vieler Sorgfalt ein Thermometer gesetzt. Vor der Linse befand sich ein Schirm aus Pappe, mit einer kreisrunden Oeffnung von der Größe der Linse, und der Fuß, der die Linse trug, ließ sich excentrisch drehen, so daß

diese sich nach Willkühr vor die Oeffnung oder von ihr ab stellen liefs. Nachdem man die directen Strahlen des Lichts einige Augenblicke lang auf das Thermometer hatte fallen lassen, um dieses zur Temperatur seines Standpunkts zu bringen, wurde die Linse vor die Oeffnung gedreht, und nun stieg das Thermometer vermöge der durch die Linse zusammen gebrochnen Wärme des Lichts um $2\frac{1}{8}^{\circ}$ in 3 Minuten; eine Wärme, die es wieder verlor, wenn man die Linse wegdrehte, und drehte man die Linse in die erste Lage zurück, in 3 Minuten wieder gewann. — In andern Entfernungen liefs sich ein noch grösseres Ansteigen bewirken. Wurde z. B. die Linse $5\frac{1}{8}$ Zoll von der Flamme eines Wachslights gestellt, so stieg das Thermometer im Vereinigungspunkte der Strahlen um 5 bis 8° , je nachdem das Licht heller brannte und die ganze Vorrichtung genauer abgemessen war.

Versuch 13. Brechung der Wärme, welche die farbigen Sonnenstrahlen begleitet. Als man das farbige Licht des prismatischen Farbenspectrums durch eine Oeffnung eines Pappenschirms auf ein Brennglas von 9 Zoll Oeffnung fallen liefs, stieg ein Thermometer im Brennpunkte innerhalb 1 Minute um 112° F.

Versuch 14. Brechung der Wärme eines roth glühenden Eisenstabes. Ein aus einer Eisenluppe geschmiedeter Cylinder, $2\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser und eben so hoch, wurde roth glühend auf eine eiserne Handhabe, die einen hölzernen Fuß hatte, gesteckt,

und 2,8 Z. von der Linse, die in Versuch 12 gebraucht wurde, entfernt. Nicht weit vor der Linse stand wiederum ein hölzerner Schirm, in den ein rundes Loch, 1 Zoll im Durchmesser, eingeschnitten war, und in den Vereinigungspunkt der Strahlen hinter der Linse ein Thermometer; ein zweites dicht daneben, nur 0,3 Zoll vom Vereinigungspunkte, in gleichem Abstände von der Linse, und noch dazu einer dünnern Stelle des Glases gegenüber. Nun wurden die Thermometer abwechselnd gleiche Zeiten, (2 Minuten,) hindurch der Wirkung der Linse ausgesetzt, und davor geschützt. Dabei veränderten zwar beide ihre Temperatur, allein das im Focus viel stärker, nämlich um $+ 6^{\circ}$, $- 3^{\circ}$, $+ 2^{\circ}$, $- 2\frac{3}{4}^{\circ}$, $+ 1\frac{1}{4}^{\circ}$, indest das zweite daneben stehende sich nur änderte um $+ 4^{\circ}$, $- 2^{\circ}$, $+ 1^{\circ}$, $- 1\frac{1}{4}^{\circ}$, $+ \frac{1}{2}^{\circ}$. Um vollends alle Zweifel zu heben, wurde bei übrigen veränderten Apparate, statt der Glaslinse ein ebnes Glas angebracht, und dieses abwechselnd bedeckt und aufgedeckt; da denn beide Thermometer sich ganz gleichmäfsig veränderten.

Versuch 15. Brechung der Wärme eines Küchenfeuers. Das Brennglas aus Versuch 15 wurde 3 Fuß von dem auf einem breiten Roste hell lodernen Feuer gesetzt, und in den Vereinigungspunkt der Strahlen dahinter ein Thermometer. Ein zweites Thermometer stellte man in gleicher Entfernung vom Feuer hinter einen hölzernen Schirm. Nachdem beide Thermometer fortgenommen, zur Temperatur der Luft gebracht, und dann wieder hinge-

fetzt waren, stieg das letztere in den ersten 7 Minuten um $3\frac{3}{4}^{\circ}$, und blieb dann während der 32 folgenden Minuten, die der Versuch dauerte, in dieser Höhe unverändert stehn. Vor das erste Thermometer wurde das Brennglas, wie die Linse in Versuch 12, abwechselnd vorgedreht und davon weggedreht, und dieses veränderte sich dabei folgendermaßen: es stieg in 9 Minuten um $9\frac{3}{4}^{\circ}$; fiel in 5 Minuten in den nicht condensirten Strahlen des Feuers um $2\frac{1}{4}^{\circ}$; stieg dann in 10 Minuten um $1\frac{3}{4}^{\circ}$; fiel in den folgenden $5\frac{1}{2}$ Minute um 5° ; und stieg dann in $4\frac{1}{2}$ Minute wieder um $1\frac{1}{2}^{\circ}$. So war dieses Thermometer in 55 Minuten 5mahl durch Strahlen in die Höhe getrieben worden, welche vom Küchenfeuer ausgingen und denselben Gesetzen der Brechung wie die Lichtstrahlen unterworfen sind.

Versuch 16. Brechung und Zurückwerfung der Wärme eines Küchenfeuers. Ein Apparat mit einem Hohlspiegel, einem Planspiegel und einem Augenglase, einem Newtonschen Reflector ähnlich, wurde auf ein Küchenfeuer gerichtet, und ein Thermometer in den Focus der Linse, dicht daneben ein zweites, gesetzt. Als nun die Thermometer abwechselnd der Wirkung der Linse ausgesetzt, und durch einen Schirm davor geschützt wurden, stiegen und fielen sie abwechselnd, und zwar das im Focus immer mehr als das daneben stehende, gerade wie in Versuch 14.

Versuch 17. Brechung der nicht-sichtbaren Strahlen der Sonnenwärme. Die eine Hälfte des in Versuch

such

such 13 gebrauchten Brennglases wurde, wie der Hohlspiegel in Versuch 8. bedeckt, und das prismatische Farbenspectrum so auf diese Bedeckung aus Pappe geworfen, daß das äußerste rothe Licht noch um 0,1 Zoll von dem mitten über das Glas fortgehenden Rande der Pappe abwärts, und mithin die nicht-sichtbaren Strahlen außerhalb des Farbenspectrums auf den unbedeckten Theil der Linse fielen. Die Kugel des einen Thermometers wurde im Brennpunkte der rothen Strahlen, oder vielmehr ein klein wenig darüber hinaus, und die des zweiten dicht daneben gesetzt. Während dieses feinen Stand gar nicht änderte, stieg das im Brennpunkte um 45° F. binnen 1 Minute.

Versuch 18. Können die nicht-sichtbaren Strahlen der Sonne durch Condensirung sichtbar gemacht werden? Da sich im vorigen Versuche auf der Thermometerkugel ein wenig Roth zeigte, so verrückte Herschel den ganzen Apparat so, daß die äußerste Grenze des Roths 0,2 Zoll weit vom Rande der Pappe fiel. Nun zeigte sich auf der Thermometerkugel keine Spur weiter von farbigem Teint oder Licht; und doch stieg das Thermometer im Focus um 21° , indess das dicht daneben stehende unverändert blieb. Das röthliche Licht im vorigen Versuche scheint daher lediglich theils von der Abweichung wegen der Kugelgestalt, die bei einer Linse von so großer Oeffnung beträchtlich ist, theils von der Schwierigkeit, in einer nicht-vollkommen dunkeln Stube die Grenze des prismatischen Farben-

spectrums zu bestimmen, und von der Verbreitung des farbigen Lichts wegen der Dicke des Prisma herzurühren.

Versuch 19 und 20. Brechung der nicht-sichtbaren Ofenwärme. Als in Versuch 14 der roth glühende Eifencylinder sich so weit abgekühlt hatte, daß er in einem verfinsterten Zimmer nicht den mindesten Schein mehr von sich gab, und die Glaslinse achtmahl abwechselnd vor die Oeffnung im Pappschirme gedreht, und wieder fortgedreht wurde, und in dieser Lage stets 2 Minuten lang blieb, veränderte das Thermometer im Focus der Linse seinen Stand regelmäsig, anfangs um 1° , zuletzt nur um $\frac{1}{2}^{\circ}$, und um so viel übertrafen die mittelst der Linse condensirten Strahlen, die von ihr aufgehaltenen an Wärme.

Dieser Versuch wurde darauf so wiederholt, daß man die Linse während 3 Minuten abwechselnd 1 Minute unbedeckt liefs, dann wieder 1 Minute lang bedeckte, und so ferner, wobei das Thermometer im Vereinigungspunkte der Strahlen, allmählig, durch abwechselndes größeres Steigen und geringeres Fallen, zu seinem höchsten Stande gelangte, und dann bei geringerem Steigen und größerm Fallen wieder von dieser größten Höhe herabsank. Ein zweites Thermometer wurde in einem Abstände von $\frac{3}{4}$ Zoll seitwärts von diesem gestellt, so daß es der directen Wirkung des erhitzten Eifencylinders ausgesetzt war, indem der Pappschirm nicht bis dahin reichte; hier stieg es ununterbrochen, bis es den

höchsten Stand erreichte, und sank dann eben so ununterbrochen. — Nach 8 Minuten wurde dieses Thermometer dem im Vereinigungspunkte der Strahlen näher gerückt, so daß es einen kleinen Antheil des nicht-sichtbaren Wärmebildes, das dort entstehn mußte, auffing. Nun wurde es gleichfalls durch das abwechselnde Enthüllen und Bedecken der Linse afficirt, doch weniger, als das Thermometer in der Achse. Während 10 Minuten veränderte sich das Thermometer in der Achse, wie folgt: $-\frac{3}{4}$, $+\frac{1}{2}$, $-1\frac{1}{4}$, $+\frac{3}{4}$, -1 , $+1$; dagegen das daneben stehende zweite Thermometer $-\frac{1}{4}$, $+\frac{1}{4}$, $-\frac{3}{4}$, $+\frac{1}{4}$, $-\frac{1}{2}$, $+\frac{3}{4}$. Alles dieses, bemerkt Herschel, bestätigt die Brechung der Wärme mittelst der Linse so unläugbar, daß man offenbar annehmen muß, daß vom heißen Eisen gänzlich unsichtbare Strahlen ausgehn, die mit dem Vermögen zu wärmen begabt, und bestimmten Gesetzen der Brechung unterworfen sind, welche mit denen des Lichts sehr nahe zusammen stimmen.

Und so glaubt Herschel die ersten drei Sätze seiner allgemeinen Uebersicht hinreichend bewiesen zu haben.

Die Aehnlichkeit zwischen Licht und Wärme in den bisher untersuchten Punkten, der Strahlung, der Zurückwerfung und der Brechung, springt in die Augen. Bei den folgenden zeigen dagegen die Lichtstrahlen und die Wärmestrahlen eine so auffallende und wesentliche Verschiedenheit, daß es die

Frage seyn wird, ob sich beide in der That als Wirkungen einer und derselben Ursache denken lassen.

Was zuerst die *verschiedne Brechbarkeit* beider Strahlenarten betrifft, so zeigen die Versuche mit dem Prisma in ihnen zwar eine große Uebereinstimmung, zugleich aber doch auch eine wesentliche Verschiedenheit, da die Wärmestrahlen über einen weit größern Raum als die Lichtstrahlen zerstreut werden. Um sich dieses desto besser zu veranschaulichen, sey GQ , (Taf. II, Fig. 4,) die Länge eines *Lichtspectrum*s, nach dem Verhältnisse der Farben, wie Newton ihre Ausdehnung angiebt, eingetheilt. Die senkrechten Ordinaten sind im Verhältnisse der erleuchtenden Kraft der einzelnen farbigen Strahlen genommen, wie ich sie aus meinen Versuchen, (*Annalen*, VII, 141,) gefunden habe, wobei ich die größte Ordinate LR , die zwischen Gelb und Grün liegt, willkürlich zu $\frac{27}{32}$ der Länge des *Lichtspectrum*s GQ genommen habe. — Nun finde ich aus meinen Versuchen, daß nach der Brechung, die Länge welche die nicht-sichtbaren Sonnenstrahlen einnehmen, zur Länge des sichtbaren prismatischen Spectrum, sich wie $2 : 3$, oder besser wie $2\frac{1}{4} : 3$ verhält. Folglich verhält sich der ganze Raum, den die gebrochenen Wärmestrahlen einnehmen, den wir das *Wärmespectrum* nennen können, zur Ausdehnung des *Lichtspectrum*s, wie $5\frac{1}{4} : 3$, in welchem Verhältnisse $AQ : GQ$ genommen ist. Bezeichnet man nun das Maximum der Wärme durch eine eben so große rechtwinklige

Ordinate GS , als zuvor das Maximum der Erleuchtung, und nimmt die übrigen Ordinaten im Verhältnisse der Thermometerstände an den verschiedenen Stellen des Wärmespectrums, (*Ann.*, VII, 140;) so erhält man eine Curve ASQ , welche die Wärme-Intensitäten gerade so, wie die Curve GRQ die Licht-Intensitäten im prismatischen Spectrum vorstellt. Aus der Ansicht beider wird man am besten gewahr, wie sehr verschieden das Prisma die Wärmestrahlen und die erleuchtenden Strahlen zerstreut. Weder die mittlere Brechbarkeit, noch die größte, fällt in beiden zusammen, und in R , wo die größte Erleuchtung ist, ist nur wenig Wärme, so wie in S , an den Ort der größten Wärme, gar kein Licht hinfällt.

Versuch 21. Der Sinus des Brechungswinkels der Wärmestrahlen steht zum Sinus ihres Einfallswinkels in einem constanten Verhältnisse. Ich setzte zwei Thermometer, eins $\frac{1}{2}$, das andere 1 Zoll von der äußersten Grenze des rothen Lichts in das Wärmespectrum eines Prisma, ein drittes zur Seite ausserhalb des Spectrums. Die beiden ersten stiegen und zeigten dieselbe Temperatur-Verschiedenheit, als in meinen frühern Versuchen. (*Ann.*, VII, 141.) Dieses fand gleichmäfsig bei Prismen von verschiedenen brechenden Winkeln, aus verschiedenen Glasarten und aus Wasser statt. Da nun der nicht-sichtbare Theil des Spectrums immer einerlei Lage gegen den sichtbaren behielt, so muß er in seiner Brechung demselben wohlbekannten Gesetze wie der sichtbare Theil unterworfen seyn.

Versuch 22. Wiedervereinigung auseinander gebrochener Wärmestrahlen, durch entgegengesetzte Brechung in einem andern Mittel. Als zwischen zwei Prismen von Kronglas mit überwärts gekehrten brechenden Winkeln von 25° und 10° ein drittes Prisma aus Flintglas mit einem unterwärts gekehrten brechenden Winkel von 24° gelegt wurde, gaben alle 3 ein fast farbenloses Spectrum. Ein Thermometer stieg in der Mitte dieses Spectrums um 2° , dagegen an den Enden des Spectrums gar nicht; ein Zeichen, daß der verschiednen Brechbarkeit der Wärmestrahlen, gerade so wie der der farbigen Strahlen, durch Prismen abgeholfen werden kann, welches zur Bestätigung der Aussage in Verh. 21 dient.

Versuch 23. In Brenngläfern haben die Wärmestrahlen einen andern Focus als die Lichtstrahlen. Die Oeffnung eines Brennglases, worauf die Sonnenstrahlen senkrecht fielen, wurde bis auf 3 Zoll verringert, um die Abirrung wegen der Kugelgestalt unmerkbar zu machen. Der Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen wurde mittelst Haarpuders sichtbar gemacht, den man aus einem Puderquaste umher gestäubt hatte. Ein Stückchen Siegelack, das man 4 Schläge eines Chronometers über, oder $1\frac{1}{6}$ lang in den Strahlenkegel $\frac{1}{2}$ Zoll vom Focus ab nach der Linse zu hielt, zeigte keine Veränderung. Als ich es aber $\frac{1}{2}$ Zoll über den Focus hinaus in der Strahlenkegel hielt, war es nach 2 Chronometerschlägen, oder in 0,8 Sekunden schon an der Oberfläche sichtlich verbrannt. Im Lichtfocus selbst litt es in

gleicher Zeit dieselbe Veränderung. Der wenigen Genauigkeit eines solchen Versuchs ungeachtet, scheint er doch zu beweisen, daß der Wärmefocus weiter von der Linse abliegt, als der Lichtfocus, und zwar wohl nicht um weniger als $\frac{1}{4}$ Zoll, da die Wärme im Lichtfocus und $\frac{1}{2}$ Zoll darüber hinaus gleich ist. *)

*) Nun folgen die Versuche über den Licht- und Wärmeverlust beim Durchgange der Lichtstrahlen und der Wärmestrahlen durch allerlei gefärbte Gläser und andere durchsichtige Mittel, aus welchen Herschel schließt, daß, da in ihnen der Verlust an Licht und Wärme in keinem beständigen Verhältnisse zu einander stehn, beide Strahlenarten verschiednen Verwandtschaftsgesetzen unterworfen, und mithin beide ihrer Natur nach verschieden seyn müssen, so groß auch sonst ihre Aehnlichkeit beim Brechen und Zurückwerfen ist; Versuche, welche den größten Theil der vierten Abhandlung Herschel's, (*Philos. Transact.*, 1800, P. 3, No. 19, p. 437,) einnehmen, die ich aber übergehe, da man, (man sehe den nächsten Aufsatz,) ihren Werth für die Physik nicht mit Unrecht zu bezweifeln scheint. d. H.