I. *Ueber die Diffusion der Wärmestrahlen;*
von H. Knoblauch.

Zweite Abhandlung.

Die unlängst in diesen Annalen, Bd. CXXIII, S. 148 erschienene Abhandlung des Hrn. Dr. Jungk zur Erklärung der Erscheinungen beim Durchgange der Wärmestrahlen durch raue und trübe diathermane Körper, welche durch die Güte des Hrn. Verfassers mir vor ihrer Veröffentlichung bekannt wurde, hat mir Anlaß gegeben, meine, im Bande CXX, S. 177 mitgetheilten Versuche über jenen Gegenstand in einzelnen Theilen zu erweitern; und hat Hr. Dr. Jungk zur Bestätigung der von ihm aufgestellten theoretischen Sätze bereits auf das Ergebniss einiger dieser neuen Beobachtungen sich berufen. Es ist jetzt meine Absicht, diese Versuche selbst mitzutheilen und denen, auf welche dort hingewiesen ist, einige andere hinzuzufügen, welche sich mir bei dieser Gelegenheit darbieten.

1. Bekanntlich gehen Strahlen desto weniger durch eine Platte hindurch, je rauher deren Oberfläche ist. Meine frühere Untersuchung hat ergeben, daß diese Verminderung des Durchgangs mit zunehmender Rauheit einer diathermanen Platte für Wärmestrahlen, welche von vielen Punkten nach allen Seiten hin ausgehen, weniger beträgt als für parallele Sonnenstrahlen¹⁾. Dies führt auf den Gedanken, daß die Entfernung und GröÙe der Wärmequelle, oder

1) Pogg. Ann. Bd. XX, S. 261.

Poggendorff's Annal. Bd. CXXV.

wenn ein von der Sonne beschienener, die Strahlen zerstreuer Schirm die Stelle derselben vertritt, der Abstand und die Größe dieses von bestimmendem *Einfluss auf jenen Durchgang der Wärme durch die ungleich rauhen Platten* sey.

Der directe Nachweis einer Abhängigkeit der Durchstrahlung durch ein- und zweiseitig matte Platten von der Entfernung der Wärmequelle ¹⁾ machte dieß auch in dem vorliegenden Falle um so wahrscheinlicher; auch sprach der Umstand, daß bei einer früheren Beobachtung die Verschiebung eines ersten rauhen Schirms gegen einen zweiten und die Ausdehnung der bestrahlten Fläche des ersteren die Durchstrahlung durch den letzteren, ein- oder zweiseitig matten, nicht merklich verändert hatten ²⁾, nicht dagegen, weil anderweitige Bedingungen diesen Versuch beschränkt hatten ³⁾.

Bei der Wahl der Wärmequelle zwischen Lampen, erhitzten Metallcylindern oder anderen unmittelbar ausstrahlenden Körpern einerseits und in den Gang der Sonnenstrahlen eingeschalteten diffundirenden Schirmen andererseits, entschied ich mich bald für die letzteren. Jene führen so viele Uebelstände durch die steigende und sich ungleichmäßig vertheilende Temperatur im Experimentirzimmer, die damit zusammenhängende Ungleichheit in der eigenen Wärme der Thermosäule und der vor ihr in wechselnden Entfernungen aufgestellten diathermanen Platten, die an den letzteren (Steinsalz ausgenommen) neuen Wärmequellen gegenüber stattfindende auswählende Absorption usw. herbei, daß man sie gern vermeidet. Die den Sonnenstrahlen ausgesetzten diffundirenden Schirme ersparen der Beobachtung nicht allein jene störende Nebenwirkungen fast ganz, sondern gewähren ihr auch (wie sich im weiteren Verlaufe näher herausstellen wird); B. in der Unterscheidung verschiedener Diffusionsgrade der Wärme ver-

1) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 246 ff.

2) Ebendasselbst S. 220, 221.

3) Ebendasselbst S. 252.

breitenden Flächen Vortheile, welche bei den gewöhnlichen irdischen Wärmequellen zum Theil völlig ausgeschlossen sind.

Mit Lampen, erhitzten Metallcylindern, offenen Gasflammen verschiedener Form und Größe usw. habe ich mich daher nur so weit beschäftigt, um in Verbindung mit früheren Erfahrungen die Ueberzeugung zu gewinnen, daß mit ihnen kein Versuch anzustellen, welcher nicht in den mitzutheilenden enthalten war, bei denen die von der Sonne beschienenen und ihre Strahlen zerstreuenen Schirme die Stelle der Wärmequelle vertreten, und welche demnach als nicht minder allgemein zu betrachten sind.

Zu den zweiten diathermanen Schirmen schien sich aus bekannten Gründen Steinsalz zu empfehlen. Der Umstand indeß, daß diese Substanz unter dem Einfluß der Feuchtigkeit ihren Hauptvorzug, „athermochroisch“ zu seyn, verlieren kann¹⁾ und somit ein und dasselbe Exemplar während eines längeren Zeitraums ein identisches Verhalten nicht sicher darbietet, es auch nicht immer möglich ist, sich Stücke von gewünschter Ausdehnung zu verschaffen, ließ mich Platten farblosen Glases von verschiedener Rauheit vorziehen; zumal auch bei diesem die einfallenden Strahlen so gewählt werden können, daß die, verschiedenartiger Wärme gegenüber vorhandene, auswählende Absorption seiner Masse sich nicht auf eine störende Weise geltend macht.

a) Zunächst wurden die von einem Heliostaten reflectirten, unter sich als parallel zu betrachtenden Sonnenstrahlen direct zur Thermosäule gelassen, welche durch einen vor ihr aufgestellten, in ihrer Höhe mit einer kreisrunden Oeffnung von 27 Millimetern Durchmesser versehenen, Metallschirm gegen Nebenstrahlen geschützt war, und so eine Ablenkung z. B. von 20 Graden an dem mit ihr verbundenen Multiplicator hervorgebracht. In den Gang dieser Strahlen schaltete ich der Reihe nach *farblose Gläser*

1) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 282.

von gleicher Masse ein, deren eines seine *polirten* Flächen behalten hatte, das andere auf *einer Seite fein matt*, ein drittes *matt* aber weniger fein, ein viertes auf einer Seite *rauh* geschliffen war, beobachtete den jedesmaligen Rückgang der Galvanometernadel und ermittelte daraus in bekannter Weise ¹⁾ die Wärmemenge, welche von der auf ein Glas auffallenden durch dasselbe hindurchging. Sodann verschaffte ich mir Strahlen, welche, wie bei einer nahen irdischen Wärmequelle, von vielen Punkten sich ausbreiteten, indem ich ein *Milchglas*, dasselbe, welches in der vorigen Abhandlung ²⁾ mit I bezeichnet worden ist, von den Sonnenstrahlen bescheinen ließ. Wieder wurde durch diese divergenten Strahlen eine Abweichung am Thermomultiplicator von 20° bewirkt ³⁾ und die Glasschirme an der nämlichen Stelle wie vorher nach einander vor der Thermosäule aufgestellt.

Um die *Einflüsse der Entfernung und der Gröfse einer und derselben Wärmequelle*, um deren Ermittlung es sich handelte, von einander zu trennen, wurde zuerst, bei constanter beschienener Fläche des Milchglases, der Abstand desselben von der Thermosäule gewechselt; darauf dieser unverändert gelassen und dem bestrahlten Felde eine verschiedene Ausdehnung gegeben. Schliesslich wurde zur Steigerung der Wirkung das Milchglas sowohl näher gerückt, als seine strahlende Fläche erweitert; überdies der Metallschirm mit runder Oeffnung entfernt, damit alle Strahlen sich geltend machen könnten. Jene, vor dem Einschalten der Gläser bei beliebiger Annäherung oder Vergrößerung der Wärmequelle constante Ablenkung am Multipliator wurde durch einen, in dem stromleitenden Draht angebrachten Reostat erreicht; die wechselnde Gröfse der beschienenen Fläche durch einen Spalt mit Mikrometerschraube, durch welchen die Sonnenstrahlen hindurchgehen mußten, bestimmt.

1) Pogg. Ann. Bd. LXXXV, S. 170; Bd. XCIII, S. 163, 166.

2) Ebendasselbst Bd. CXX, S. 201 ff.

3) Ebendasselbst Bd. CI, S. 186.

Die folgende Tabelle stellt die Wärmeeinheiten dar, welche unter den geschilderten Umständen durch die Gläser hindurchstrahlten, sofern die zu ihnen gelangende Menge mit 100 bezeichnet wird.

Gläser.	directen	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den aus dem <i>Milchglase I</i> bei				
		33mm Höhe, 7mm Breite, 70cm : 15cm Entfernung,	34cm Entfernung, 34mm Höhe, 10mm Breite,	55mm Höhe, 50mm Breite,	11cm Entfernung, 55mm Höhe, 60mm Breite,	
		austretenden				
		Sonnenstrahlen.				
klar.	100 : 76	76	76	76,0	76	76
einseitig fein matt.	100 : 64	66	66	66,0	70	73
einseitig matt.	100 : 39	42	44	43,0	46	55
einseitig rauh.	100 : 29	32	34	33,5	39	54

Aus dem Verhalten der directen und der vom Milchglase austretenden Sonnenstrahlen gegen das klare Glas ergiebt sich, daß beide in gleichem Grade fähig waren, die Masse desselben zu durchdringen. Treten also bei den matten und rauben Platten Unterschiede auf, so ist dieß nur dem Einfluß der veränderten Oberfläche zuzuschreiben. Eben dieß erkennen zu können, ist immer das klare Glas mit polirter Oberfläche den übrigen hinzugefügt worden.

Die Unterschiede, auf welche es hier ankommt, treten zum Theil noch deutlicher bei einer Reduction hervor, in welcher die für die directen parallelen Sonnenstrahlen gefundenen Werthe gleich 100 gesetzt worden sind.

Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den						
aus dem <i>Milchglase I</i> bei						
Gläser.	directen	austretenden Sonnenstrahlen.				
		33mm Höhe, 7mm Breite, 70cm 15cm Entfernung,	34cm Entfernung, 34mm Höhe, 10mm Breite,	55mm Höhe, 50mm Breite,	14cm Entfernung, 55mm Höhe, 60mm Breite,	
klar.	100	100	100	100	100	100
einseitig fein matt.	100	103	103	103	109	114
einseitig matt.	100	108	113	110	118	141
einseitig rauh.	100	110	117	116	134	186

Es geht aus diesen und den vorigen Zahlen unverkennbar hervor, daß die *Annäherung wie die Vergrößerung eines von der Sonne beschienenen diffundirenden Schirms einen verhältnißmäßig reichlicheren Durchgang der Wärmestrahlen durch matte diathermane Körper bedingt und zwar um so mehr, je rauher die Oberfläche der durchstrahlten Platte ist; womit es zusammenhängt, daß die Verminderung des Durchlasses, welche die zunehmende Rauheit einer Platte bewirkt, desto geringer, je näher und ausgedehnter der erste diffundirende Schirm ist*¹⁾.

Unter übrigens gleichen Umständen hat auch die *Beschaffenheit dieses ersten Schirms* an der besprochenen Erscheinung wesentlichen Antheil. Ein in der ersten Abhandlung mit II bezeichnetes Milchglas²⁾ unterschied sich, einer besonderen Ermittlung zufolge³⁾, von dem vorigen No. I dadurch, daß es weniger diffundirend wirkt als dieses. Wurden beide nacheinander als erste Schirme in wech-

1) Vergl. Dr. Jungk's Abhandlung, Pogg. Ann. Bd. CXXIII, S. 155.

2) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 201 ff.

3) Ebendasselbst S. 202 bis 204, (208, 209).

selnder Entfernung: 24^{cm} und 8^{cm} von der Säule, und Größe: 27^{mm} Höhe, 27^{mm} Breite und 35^{mm} Höhe, 68^{mm} Breite angewandt, so wurden von Glasplatten, deren Oberflächen ebenfalls große Unterschiede darboten, die nachstehenden Mengen hindurchgelassen, wenn, wie in dem vorigen Falle, die zu ihnen gelangende Wärme jedesmal gleich 100 angenommen wird.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Thermo- säule gelangten, bei den					Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den				
	aus dem <i>Milchglase</i>					aus dem <i>Milchglase</i>				
	di- rec- ten	No. II		No. I		di- rec- ten	No. II		No. I	
		fern und klein,	nah und groß,	fern und klein,	nah und groß,		fern und klein,	nah und groß,	fern und klein,	nah und groß,
		austretenden Sonnenstrahlen.					austretenden Sonnenstrahlen.			
klar.	100 : 72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	100	100	100	100	100
einseitig sehr fein matt.	100 : 59,8	65,5	66,4	65,5	67,3	100	110	111	110	113
einseitig grob rauh.	100 : 34,5	41,6	46,9	42,5	52,2	100	121	136	123	151

Aus dem Vergleich der den beiden *Milchgläsern* zugehörigen Werthe erhellt, daß bei gleicher Annäherung und gleicher Vergrößerung das diffundirendere (No. I) den Wärmedurchgang durch die matten diathermanen Platten mehr steigert, als das minder zerstreuende (No. II).

Wurden an erster Stelle: das *Milchglas II* und geöltes Papier und an zweiter: *zweiseitig mattes* und *zweiseitig rauhes Glas* gewählt, so ergaben sich für 25^{cm} Abstand, bei 27^{mm} Höhe, 27^{mm} Breite und 8^{cm} Entfernung, bei 35^{mm} Höhe, 65^{mm} Breite jener als Wärmequellen dienender Schirme folgende Durchstrahlungen durch die zweiten:

Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Thermo- säule gelangten, bei den						Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den					
Gläser.	aus dem					aus dem					
	di- rec- ten	Milchglase No. II		geölten Papier		di- rec- ten	Milchglase No. II		geölten Papier		
		fern und klein,	nah und groß,	fern und klein,	nah und groß,		fern und klein,	nah und groß,			
		austretenden					austretenden				
		Sonnenstrahlen.					Sonnenstrahlen.				
klar.	100: 71,5	71,5	71,5	71,5	71,5	100	100	100	100	100	
zweiseitig matt.	100: 44,5	47,5	51,0	50,0	53,5	100	107	115	112	120	
zweiseitig rauh.	100: 36,5	40,0	46,5	41,0	48,0	100	110	127	112	132	

Nach dieser Bestätigung unterliegt es nicht dem geringsten Zweifel, daß ganz allgemein die Verminderung der Entfernung wie die Vermehrung der Oberfläche einer Wärmequelle die Durchstrahlung durch rauhe diathermane Körper, bei gleicher zu ihrer Vorderfläche gelangender Wärme, begünstigt und daß der, diese Durchstrahlung beeinträchtigende Einfluß zunehmender Rauheit desto weniger sich geltend macht, je näher und größer die Wärmequelle¹⁾. Eine Steigerung des Zerstreungsvermögens vertritt bei einer diffundirenden Fläche die Stelle der Annäherung²⁾.

b) Werden die Sonnenstrahlen, anstatt von einem diathermanen diffundirenden Schirm hindurchgelassen, von einem adiathermanen zurückgeworfen, so würden die entsprechenden Fragen sich auf Abstand und Ausdehnung der diffus reflectirenden Fläche beziehen. Den Vergleich mit den parallelen Strahlen erhält man alsdann am besten, wenn man die von einer polirten Oberfläche zurückgeworfenen

1) Vergl. Dr. Jungk's Abhandlung, Pogg. Ann. Bd. CXXIII, S. 153.

2) Eine milchige Bedeckung des Himmels würde für die Durchstrahlungserscheinungen die Wirkung eines Näherrückens der Sonne haben.

untersucht, in welchem Falle die Anordnung der Apparate unverändert bleibt und daher sichrere Resultate liefert als die, eine Umstellung derselben bedingende, Beobachtung der directen, d. h. der vom Heliostaten in das finstere Zimmer eintretenden Sonnenstrahlen.

Zunächst wurde die Gröfse einer beschienenen rauhen Goldfläche constant gelassen und nur die Entfernung derselben von der Thermosäule geändert ¹⁾. Es zeigten sich alsdann folgende, auf eine gleiche einfallende Wärmemenge bezogene Durchgänge durch klares, *einseitig mattes* und *einseitig rauhes Glas*, welches letztere jedoch dünner und von hellerer Glassorte war, als das andere:

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von Gold bei				Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, nach der Reflexion von Gold bei			
	polirter	rauh. Oberfläche, 50 ^{mm} Höhe, 45 ^{mm} Breite 45 ^{cm} 15 ^{cm} 10 ^{cm} Entfernung.			polirter	rauh. Oberfläche, 50 ^{mm} Höhe, 45 ^{mm} Breite, 45 ^{cm} 15 ^{cm} 10 ^{cm} Entfernung.		
klar.	100 : 74	74	74	74	100	100	100	100
einseitig matt.	100 : 50	56	65	69	100	112	130	138
einseitig rauh.	100 : 56	65	79	87	100	116	141	155

Bei gleichbleibender Entfernung und wechselnder Gröfse der reflectirenden Fläche ergab sich für *einseitig mattes* und *zweiseitig rauhes Glas* von gleicher Dicke und Masse:

1) Gemessen wurde der Abstand der Mitte des von der Sonne bestrahlten Feldes bis zur Vorderfläche der Thermosäule.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von Gold bei			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, nach der Reflexion von Gold bei		
	polirter	rauh. Oberfläche, 12 ^{cm} Entfernung, 33 ^{mm} Höhe, 12 ^{mm} Breite.	33 ^{mm} Höhe, 70 ^{mm} Breite.	polirter	rauh. Oberfläche, 12 ^{cm} Entfernung, 33 ^{mm} Höhe, 12 ^{mm} Breite.	33 ^{mm} Höhe, 70 ^{mm} Breite.
klar.	100 : 74	74	74	100	100	100
einseitig matt.	100 : 56	58	64	100	104	114
zweiseitig rauh.	100 : 32	42	49	100	131	153

Wurden *gleichzeitig* der *Abstand* und die *Ausdehnung* des zurückstrahlenden Feldes in sich unterstützender Weise geändert, so gingen durch die nämlichen rauen Gläser die nachstehenden Wärmeantheile hindurch.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, nach der Reflexion von Gold bei			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, nach der Reflexion von Gold bei		
	polirter	rauh. Oberfläche, 45 ^{cm} Entfernung, 33 ^{mm} Höhe, 35 ^{mm} Breite.	10 ^{cm} Entfernung, 33 ^{mm} Höhe, 70 ^{mm} Breite.	polirter	rauh. Oberfläche, 45 ^{cm} Entfernung, 33 ^{mm} Höhe, 35 ^{mm} Breite.	10 ^{cm} Entfernung, 33 ^{mm} Höhe, 70 ^{mm} Breite.
klar.	100 : 74,0	74,0	74	100	100	100
einseitig matt.	100 : 49,5	62,5	64	100	126	129
zweiseitig rauh.	100 : 23,5	40,5	43	100	172	183

Aus diesen Resultaten ist unmittelbar ersichtlich, wie das *Nähern und Vergrößern der diffus reflectirenden Fläche, ohne Einfluß auf die Durchstrahlung der klaren Platte, eine*

Steigerung des Wärmedurchgangs durch die rauhen diathermanen Schirme zur Folge hat¹⁾ und wie diese Steigerung mit der Rauheit der letzteren zunimmt.

2. In einer früheren Untersuchung²⁾ ist der Einfluss ermittelt worden, welchen bei verschiedenen rauhen diathermanen Schirmen die *Neigung* derselben auf den Grad der Zerstreuung der durch sie hindurchgehenden Strahlen ausübt und hat sich bei dieser Gelegenheit, als die Durchstrahlung der Wärme durch eine zweite raue Platte der Beantwortung jener Frage zu Grunde gelegt wurde, gezeigt, dass eine *Verkleinerung des Winkels, welchen der Schirm mit den parallelen Sonnenstrahlen bildet*, wenn die Neigung überhaupt einen Einfluss hat, stets den *Durchgang der Strahlen durch die zweite raue Platte verbessert*.

Verfolgt man diesen Vorgang, namentlich von dem Gesichtspunkte der sinnreichen Erklärungsweise des Hrn. Dr. Jungk weiter, so bietet sich die Frage dar, ob jene *Verbesserung ein Maximum* erreicht und ob der *Winkel*, bei dem dasselbe auftritt, in nachweisbarem *Zusammenhange mit der Rauheit des geneigten Schirmes* steht.

Die Versuche wurden mit *polirtem* und vier einseitig rauhen *Gläsern*, von denen das eine *sehr fein matt*, das andere *weniger fein*, das dritte gewöhnlich *matt*, das vierte *rauh geschliffen* war, als ersten und *klarem, einseitig mattem* und *zweiseitig mattem Glase* als zweiten Schirmen angestellt. Geht man in allmähigem Uebergange durch wenig von einander abstehende Neigungswinkel hindurch, so lassen sich nicht alle Beobachtungen an einem Tage beenden und sind daher häufige Wiederholungen zur Zusammenstellung einer Reihe mit der andern erforderlich. Aus allen diesen Ergebnissen sind in der folgenden Tafel diejenigen hervorgehoben, welche für die vorliegende Aufgabe als charakteristisch und theils durch unmittelbaren Anschluss der Beobachtungen, theils durch Reduction der gefundenen Werthe auf einander als vergleichbar erscheinen.

1) Vergl. Dr. Jungk's Abhandlung, Pogg. Ann. Bd. CXXIII, S. 155.

2) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 264 bis 267.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den aus austretenden Sonnenstrahlen.					Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den aus austretenden Sonnenstrahlen.				
	Klarem 90°	90°	50°	30°	10°	Klarem 90°	90°	50°	30°	10°
klar.	100 : 73,5	73,5	73,5	73,5	73,5	100	100	100	100	100
einseitig matt.	100 : 37,5	50,0	52,5	53,0	54,0	100	133	140	141	144
zweiseitig matt.	100 : 24,5	33,5	38,3	39,0	41,0	100	137	156	159	167

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den aus austretenden Sonnenstrahlen.					Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den aus austretenden Sonnenstrahlen.				
	Klarem 90°	90°	50°	30°	10°	Klarem 90°	90°	50°	30°	10°
klar.	100 : 73,5	73,5	73,5	73,5	73,5	100	100	100	100	100
einseitig matt.	100 : 37,5	54,0	55,0	56,0	56,0	100	144	147	149	149
zweiseitig matt.	100 : 24,5	39,0	41,5	42,5	42,5	100	159	169	173	173

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den aus				Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den aus			
	klarem 90°	mattem Glase unter 90° 80° 40° 30° aus tretenden Sonnenstrahlen.			klarem 90°	mattem Glase unter 90° 80° 40° 30° aus tretenden Sonnenstrahlen.		
klar.	100 : 73,5	73,5	73,5	73,5	100	100	100	100
einseitig matt.	100 : 37,5	56,0	56,0	56,0	100	149	149	149
zweiseitig matt.	100 : 24,5	46,0	46,0	46,0	100	188	188	188

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den aus				Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den aus			
	klarem 90°	rauhem Glase unter 90° 70° 50° 30° aus tretenden Sonnenstrahlen.			klarem 90°	rauhem Glase unter 90° 70° 50° 30° aus tretenden Sonnenstrahlen.		
klar.	100 : 73,5	73,5	73,5	73,5	100	100	100	100
einseitig matt.	100 : 37,5	57,5	57,5	57,5	100	153	153	153
zweiseitig matt.	100 : 24,5	49,0	49,0	49,0	100	200	200	200

Hiernach setzt sich die Steigerung der Durchstrahlung durch das einseitig und das zweiseitig matte Glas, bei stets gleicher zu ihnen gelangender Wärmemenge, unter Anwendung des sehr fein matten Glases so weit fort, als die Beobachtung reicht und bei 10° Neigung desselben gegen die einfallenden Sonnenstrahlen ist sie noch nicht in ihr Maximum getreten, für das weniger fein matte findet bei einer Verkleinerung dieses Winkels unter 30° keine weitere Erhöhung des Durchgangs statt, bei dem gewöhnlich matten und rauhen Glase ist das Maximum bei 90° bereits erreicht.

Beim Neigen einer, zuerst senkrecht gegen die Wärmestrahlen gerichteten, rauhen diathermanen Platte ist demnach der Winkel, welchen die letztere mit den Strahlen in dem Augenblick einschließt, da das Maximum der Durchstrahlung durch einen zweiten rauhen Schirm eintritt, desto kleiner, je geringer die Rauheit der ersten Platte ist. Der absolute Werth jenes Maximums nimmt bei einseitig rauhen Platten mit der Rauheit derselben zu¹⁾.

3. Schaltet man zwei matte Flächen in den Gang der Wärmestrahlen ein, so entsteht die Frage, wie ihr wechselseitiger Abstand auf die Durchstrahlungsverhältnisse einwirkt. Es sind hier drei Fälle zu unterscheiden, indem entweder die der Säule oder die der Wärmequelle zunächst befindliche Fläche ihre Stelle behalten und die andere verschoben werden kann, oder indem beide der Art gerückt werden, daß nur die Mitte zwischen ihnen einen unveränderten Ort behauptet. Zwei identische Glasplatten wurden auf einer Seite auf gleiche Weise matt geschliffen und zwischen dem, die Menge der Sonnenstrahlen regelnden, Spalt und der Thermosäule so eingeschaltet, daß ihre Entfernung von einander der Reihe nach 10, 110 und 210^{mm} betrug. Die Beobachtung erfordert die äußerste Vorsicht, indem z. B. die eigene Wärme der Schirme bei deren wechselndem Abstände von der Säule in ungleicher Weise sich geltend macht und, zur Ermittlung der hindurchgestrahlten, in möglichster Genauigkeit von der Gesamtwirkung

1) Vergl. Dr. Jungk's Abhandlung, Pogg. Ann. Bd. CXXIII, S. 156.

in Abzug zu bringen ist. Jede Versäumnifs führt unfehlbar zu Irrthümern und bedurfte ich einer längeren Versuchsreihe, um mir hinreichende Sicherheit zu verschaffen. Die Durchgänge durch beide Platten sind wieder auf eine gleich 100 gesetzte, zur ersten gelangende Wärmemenge bezogen worden.

Zwei matte Glas- flächen, von ein- ander entfernt	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Thermo- säule gelangten, wenn von den matten Flächen			Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durch- strahlen, wenn von den matten Flächen		
	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche
	unverrückt gelassen wird.			unverrückt gelassen wird.		
10 ^{mm}	100 : 25,0	6,5	1,76	385	100	27
110 ^{mm}	100 : 12,0	6,5	3,10	185	100	48
210 ^{mm}	100 : 6,5	6,5	6,50	100	100	100

Das Entfernen zweier diathermaner matter Flächen von einander bewirkt also eine Verminderung der Durchstrahlung, wenn bei constantem Abstände der einen, die andere von der Thermosäule abgerückt wird¹⁾; dasselbe übt keinen Einfluß, wenn dabei die eine um ebenso viel genähert, wie die andere entfernt wird; es hat endlich eine Erhöhung des Wärmedurchlasses zur Folge, wenn diese unverändert stehen bleibt, während jene der Thermosäule näher rückt.

Daß die matten Flächen in der That als gleichartig zu betrachten waren, geht daraus hervor, daß ein Vertauschen der beiden Glasplatten (deren raue Seiten stets von einander abgewandt waren) keine Aenderung in der Angabe des Thermoskops herbeiführte. Wurden sie einzeln an verschiedenen Stellen der Bahn eingeschaltet, so erhielt man bei demselben Abstände von der Säule für jeden Schirm stets die nämliche (im Vergleich mit der vorigen erhöhte) Durchstrahlung der Wärme.

1) Vergl. Dr. Jungk's Abhandlung, Pogg. Ann. Bd. CXXIII, S. 152.

Die Constanz der Wirkung bei unveränderter Mitte der von einander sich entfernenden Gläser wurde auch dadurch im Einzelnen erläutert, daß, bei feststehendem einen Glase, das Weiterrücken des andern den Durchgang in demselben Verhältniß verminderte, wie, bei ungeänderter Stellung des letzteren, das entsprechende Annähern des ersten ihn vermehrte. Innerhalb der Gränzen der angestellten Versuche wenigstens war kein über die Beobachtungsfehler hinausgehender Unterschied festzustellen¹⁾.

Gegenversuche, welche zur Controle der Abwesenheit aller störenden Nebenwirkungen mit *zwei klaren farblosen Glasplatten* angestellt wurden, bestätigten die Erwartung, daß ihr *wechselseitiger Abstand ohne allen Einfluß auf die durch sie hindurchgehende Wärmemenge* war.

Es war von Interesse, den obigen Vorgang wie bei parallelen, so auch bei *zerstreuten Wärmestrahlen* kennen zu lernen. Diese Zerstreuung wurde durch das *Milchglas No. I* bewirkt, nach dessen Durchstrahlung die Wärme dieselbe Ablenkung am Thermomultiplicator hervorbrachte, wie vorher durch die parallelen Sonnenstrahlen, ehe die beiden einseitig matten Glasplatten an den nämlichen Stellen wie zuvor eingeschaltet wurden. Die Beobachtung ergab:

Zwei matte Glas- flächen, von ein- ander entfernt	Verhältniß der Wärmemengen, welche aus dem <i>Milchglase I</i> austretend vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, wenn von den matten Flächen			Verhältniß der Wärmemengen, welche aus dem <i>Milchglase I</i> austretend die Gläser durch- strahlen, wenn von den matten Flächen		
	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche
	unverrückt gelassen wird.			unverrückt gelassen wird.		
10 ^{mm}	100 : 37,5	19,5	10,0	192	100	51
110 ^{mm}	100 : 23,0	19,5	12,5	118	100	64
210 ^{mm}	100 : 19,5	19,5	19,5	100	100	100

1) Daß eine solche Compensation bei feststehender Mitte streng genommen ganz allgemein sich vollziehen sollte, ist nicht anzunehmen.

Es erhellt hieraus 1) *dafs sämtliche entsprechende Durchgänge der von vielen Punkten aus zerstreuten Wärmestrahlen durch die nämlichen beiden matten Schirme reichlicher sind als die der parallelen*; 2) *dafs die mit zunehmendem Abstände der matten Flächen in der ersten Gruppe auftretende Verminderung, wie die in der letzten wahrgenommene Steigerung weniger beträgt als bei den directen Sonnenstrahlen.*

Dort liegen die Werthe zwischen 1,76 und 25, hier zwischen 10 und 37,5; dort ändern sie sich in der ersten und letzten Rubrik in dem Verhältnifs von etwa 4 : 1, hier von 2 : 1.

Werden die *Entfernung* und *Gröfse der Wärmequelle* (z. B. des ihre Stelle vertretenden diffundirenden Milchglases) einzeln oder beide gleichzeitig geändert, so zeigen sich beim *Annähern* wie beim *Vergröfsern derselben Uebergänge, welche ganz denen entsprechen, die so eben bei dem Vergleich der parallelen und der zerstreuten Wärmestrahlen sich herausgestellt haben.*

4. Treten an Stelle der zwei gleichen, *zwei ungleiche matte Flächen*, so gestalten sich die Verhältnisse viel mannigfaltiger. Ich combinirte zunächst zwei *Gläser*, deren eines auf einer Seite *fein matt*, das andere, wie die vorigen, gewöhnlich *matt* geschliffen war, schaltete sie, in denselben Abständen wie zuvor, in den Gang der directen Sonnenstrahlen ein und vertauschte sie sodann mit einander. Darauf verband ich in gleicher Weise das *fein matt* geschliffene mit einem einseitig *rauen* und liefs auch diese ihre Stellen wechseln. Die Ergebnisse waren:

Zwei un- gleich matte Glasflä- chen, von einander entfernt	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, die Gläser durchstrahlen, sofern von den matten Flächen					
	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche
	unverrückt gelassen wird,					
	wenn die <i>fein matte Fläche der Säule, die matte der Wärmequelle zunächst stand:</i>					
10mm	100 : 34,9	11,3	5,7	529	171	86
110mm	100 : 12,3	9,4	6,0	186	142	91
210mm	100 : 6,6	6,6	6,6	100	100	100
	wenn die <i>matte Fläche der Säule, die fein matte der Wärmequelle zunächst stand:</i>					
10mm	100 : 39,6	12,1	6,0	190	58	29
110mm	100 : 28,3	16,0	9,8	136	77	47
210mm	100 : 20,8	20,8	20,8	100	100	100
	wenn die <i>fein matte Fläche der Säule, die rauhe der Wärmequelle zunächst stand:</i>					
10mm	100 : 28,3	7,5	2,8	745	197	74
110mm	100 : 9,4	5,7	3,2	247	150	84
210mm	100 : 3,8	3,8	3,8	100	100	100
	wenn die <i>rauhe Fläche der Säule, die fein matte der Wärmequelle zunächst stand:</i>					
10mm	100 : 36,8	8,5	3,2	195	45	17
110mm	100 : 26,4	11,7	6,8	140	62	36
210mm	100 : 18,9	18,9	18,9	100	100	100

1) Innerhalb jeder dieser Gruppen führt, wie vorher bei den gleichartig matten Schirmen, das *Entfernen der zweiten von der feststehenden ersten rauhen Fläche eine Verminderung*, das, mit einer Annäherung an das Thermoskop verbundene, *Entfernen der ersten von der feststehenden zweiten eine Vermehrung des Wärmedurchgangs* herbei. Das *Festhalten der Mitte* beim Auseinanderrücken der beiden

verschiedenen Platten hat aber, wie vorherzusehen, nicht, wie dort, einen constanten, sondern *bald einen geringeren, bald einen gröfseren Durchlaß* zur Folge, je nachdem dabei die *weniger matte Fläche* der Säule zu- und die *rauhere* abgerückt wird oder umgekehrt.

2) Beim *Vertauschen der ungleich matten Schirme* findet in *sämmtlichen einander entsprechenden Fällen eine reichlichere Durchstrahlung durch beide* statt, wenn der *rauhere* der Säule *zunächst* steht.

3) In *einer und derselben Versuchsreihe* entsprechen sich die *Verminderung und Vermehrung nicht*. Gleichwerthige *Ab- und Zunahmen* sind jetzt in *verschiedenen Gruppen* zu erwarten, z. B. in der ersten Rubrik der ersten und in der dritten der zweiten Gruppe, in der dritten Rubrik der ersten und in der ersten der zweiten Gruppe oder in der ersten Columne der dritten und der dritten der vierten Gruppe, in der dritten Columne der dritten und der ersten der vierten Gruppe, wie sie dem Entfernen und Annähern eines und desselben Schirmes zugehören.

4) Die *geringsten Unterschiede* treten in den Fällen auf, in denen der *weniger matte* Schirm, die *größten*, in denen die *rauhere Platte* gerückt wird.

5) Die *Verbindung der fein matten und der matten Fläche* ist in vergleichbaren Stellungen voraussichtlich *durchweg diathermaner als die der fein matten und rauhen*; aber die gedachten *Verringerungen und Steigerungen* sind bei diesen unter sich verschiedenartigeren *bedeutender*, als bei jenen. Die reducirten Werthe, denen die bei 210^{mm} Abstand beider Platten beobachtete Durchstrahlung als 100 zu Grunde gelegt worden ist, lassen die betreffenden Verhältnisse um so leichter überblicken.

Mit diesen Erscheinungen bei parallel einfallenden, directen Sonnenstrahlen wurden wieder die verglichen, welche bei, durch das *Milchglas I zerstreuten* sich darbieten. Hier führten die Versuche, unter übrigens gleichen Umständen, zu Folgendem:

Zwei un-
gleich
matte
Glasflä-
chen, von
einander
entfernt

Verhältniß der Wärmemengen, welche aus dem <i>Milchglase I</i> austretend						
vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten,			die Gläser durchstrahlen,			
sofern von den matten Flächen						
die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche	die auf Seiten der Thermo- säule be- findliche	die Mitte	die auf Seiten der Wärme- quelle be- findliche	
unverrückt gelassen wird,						
wenn die <i>fein matte Fläche der Säule</i> , die <i>matte der Wärmequelle</i> zunächst stand:						
10mm	100 : 56,6	32,1	23,6	231	131	96,0
110mm	100 : 37,8	26,4	23,8	154	108	97,1
210mm	100 : 24,5	24,5	24,5	100	100	100,0
wenn die <i>matte Fläche der Säule</i> , die <i>fein matte der Wärmequelle</i> zunächst stand:						
10mm	100 : 59,4	34,0	26,4	123	71	55,0
110mm	100 : 54,7	37,8	34,0	114	79	71,0
210mm	100 : 48,1	48,1	48,1	100	100	100,0
wenn die <i>fein matte Fläche der Säule</i> , die <i>rauhe der Wärmequelle</i> zunächst stand:						
10mm	100 : 50,0	26,4	15,8	294	155	93,0
110mm	100 : 28,3	21,3	16,6	166	125	97,6
210mm	100 : 17,0	17,0	17,0	100	100	100,0
wenn die <i>rauhe Fläche der Säule</i> , die <i>fein matte der Wärmequelle</i> zunächst stand:						
10mm	100 : 56,6	28,3	16,6	125	62	37,0
110mm	100 : 51,9	34,9	27,6	115	77	61,0
210mm	100 : 45,3	45,3	45,3	100	100	100,0

Diese Zahlen erweisen, daß alle in jenen fünf Sätzen dargestellten Erscheinungen hier sich vollständig wiederholen. Der Unterschied ist nur, daß einerseits die absoluten Mengen der durch die rauhen Schirme hindurchstrahlenden Wärme ausnahmslos größer sind, als in den entsprechenden Fällen zuvor; andererseits die Verhältnisse dieser, innerhalb einer und derselben Versuchsreihe ab- oder zu-

nehmenden, Werthe unter sich bei den diffusen Wärmestrahlen geringer sind, als die damit vergleichbaren der parallel einfallenden.

Für die Durchstrahlung durch mehrere diathermane Körper ist es bisher nicht bekannt gewesen, daß die Reihenfolge derselben von bestimmendem Einfluß auf die gesammte hindurchgehende Wärmemenge seyn könne. Aus dem Vorigen ist ersichtlich, wie der beim Vertauschen zweier ungleich rauher Platten auftretende Unterschied in den Wärmedurchgängen desto bedeutender ist, je verschiedenartiger ihre Oberflächen, je größer ihre Entfernung von einander und je geringer bei gleicher solcher Entfernung ihr Abstand von der Thermosäule, ferner daß derselbe bei parallelen Sonnenstrahlen mehr beträgt, als bei den durch das Milchglas zerstreuten. Der Vergleich je zweier entsprechender Zahlen der ersten und zweiten oder der dritten und vierten Gruppe in jeder der beiden Tabellen zeigt jenes, der Vergleich der Tabellen unter sich dieses so deutlich, daß es überflüssig erscheint, einzelne Beispiele besonders hervorzuheben.

Wie dabei die Entfernung und Größe der Wärmequelle sich geltend machen, geht aus nachstehender Versuchsreihe hervor, innerhalb welcher der Abstand der beiden Schirme von einander unverändert gleich 100^{mm} belassen und wie vorher (S. 4) dafür gesorgt wurde, daß trotz Annäherung und Vergrößerung des strahlenden Körpers die galvanometrische Ablenkung vor dem Einschalten der Gläser stets eine und dieselbe war. Wenn zwar die Durchgänge durch beide wieder auf eine gleich 100 gesetzte, vorn auffallende Wärmemenge bezogen sind, so schlossen sich doch die Zahlen den letzten nicht an, weil die Einschaltung an anderer Stelle vorgenommen, auch die Thermosäule mit einem längeren cylindrischen Ansatz nebst Blendung versehen war.

Zwei ungleich raue Glasflächen.		directen	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den aus dem <i>Milchglase II</i> bei			
			36 ^{mm} Höhe, 11 ^{mm} Breite, 65 ^{cm} Entfernung,	20 ^{cm} Entfernung, 36 ^{mm} Höhe, 11 ^{mm} Breite,	60 ^{mm} Höhe, 65 ^{mm} Breite,	
		austretenden Sonnenstrahlen.				
die fein matte der Säule, die raue der Wärmequelle zunächst.	100 : 5	7,0	9,5	9,5	12,5	
vertauscht.	100 : 17	20,5	26,5	26,5	27,0	

Bei einer Umstellung, welche die raue Fläche der Säule zunächst, die fein matte ihr ferner bringt, steigert sich demnach der zum Thermoskop gelangende Antheil um mehr als das Dreifache bei den directen Sonnenstrahlen, nicht um das Dreifache bei der fernen und kleinen Milchglasfläche, nur um etwa das Doppelte bei der nahen und größeren. *Der durch eine Vertauschung der ungleich zerstreuenden Schirme herbeigeführte Unterschied nimmt also von einem Maximum bei parallelen, gleichsam aus unendlicher Ferne kommenden, Strahlen mit der Annäherung und Vergrößerung der Wärmequelle ab.* Vertritt, wie hier, ein diffundirender Schirm (z. B. Milchglas) die Stelle derselben, so kann noch hinzugefügt werden, daß ein *höherer Grad von Diffusion* in seiner Wirkung der einer *Annäherung oder größeren Ausdehnung gleichkommt.*

Das Charakteristische dieses Vorgangs aber und wie derselbe an das Wesen der rauhen Oberfläche und die damit zusammenhängende Zerstreung der Wärmestrahlen geknüpft ist, wird erst aus dem Verhalten *klarer Platten mit glatter Oberfläche* ersichtlich. Je zwei solcher, deren jede wie bei den rauhen, *den Wärmestrahlen einen andern Durchgang gestattete*, wurden mit einander combinirt und unter

Umständen, unter denen jene so große Verschiedenheiten darbieten, dem Gegenversuch unterworfen. Es dienten dazu ein rothes Glas, welches 55,9 Proc.; ein blaues, das 36,8; ein grünes, welches 12,9 Proc. der auffallenden Sonnenstrahlen hindurchläßt. Gegenüber gestellt wurden sie dem einseitig fein matten und grob rauhen Glase, deren jenes bedeutend diathermaner ist als dieses.

Zwei Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den			
	directen		aus dem geölten Papier austretenden	
	Sonnenstrahlen.			
Entfernung derselben von einander:	10mm	200mm	10mm	200mm
das fein matte der Säule, das rauhe der Wärmequelle zunächst.	100 : 1,4	3,9	27,9	30,9
vertauscht.	100 : 5,0	23,1	29,4	47,1
das rothe der Säule, das blaue der Wärmequelle zunächst oder vertauscht.	100 : 22,2	22,2	22,2	22,2
das rothe der Säule, das grüne der Wärmequelle zunächst oder vertauscht.	100 : 5,7	5,6	5,6	5,7
das blaue der Säule, das grüne der Wärmequelle zunächst oder vertauscht.	100 : 4,9	4,3	4,6	4,6

Wie zu erwarten, hat das Vertauschen klarer verschiedenartiger diathermaner Körper mit polirter Oberfläche auf die gesammte, durch sie hindurchstrahlende Wärme nicht den geringsten Einfluss, dieselben mögen in den Gang paralleler oder zerstreuter Wärmestralen und in beliebiger Entfernung von einander eingeschaltet werden. Dasselbe gilt für jeden Abstand und jede Größe der Wärmequelle.

Es bestätigt dies aufs Neue, daß die bisher an den rauhen Schirmen beschriebenen Erscheinungen in etwas Anderem als einer auswählenden Absorption, die sicher bei jenen klaren stattfindet, ihren Grund haben müssen, so ähnl-

lich sie einer solchen bei einfachen und doppelten Durchstrahlungen und bei Anwendung verschiedener Wärmequellen auch äußerlich erscheinen mögen.

Wo eine auswählende Absorption bei zwei hinter einander aufgestellten Platten sich geltend macht, kann sie schrittweise verfolgt werden. Dieß in dem vorliegenden Falle näher zu analysiren, stellte ich die genannten fünf Gläser, der Reihe nach, als erste Schirme auf und prüfte die aus ihnen austretende Wärme hinsichtlich ihrer Fähigkeit, die übrigen Gläser zu durchstrahlen, wobei ich, um den jedesmaligen Einfluß jenes ersten Schirms vollständig beurtheilen zu können, die directen Sonnenstrahlen zum Vergleich daneben stellte.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten,	
	vor	nach
	dem Durchgange durch das <i>fein matte</i> Glas.	
rauhes Glas.	100 : 10,3	23,5
rothes Glas.	100 : 55,9	55,9
blaues Glas.	100 : 36,8	36,8
grünes Glas.	100 : 12,9	12,9
	vor	nach
	dem Durchgange durch das <i>rauhe</i> Glas.	
fein mattes Glas.	100 : 42,6	67,6
rothes Glas.	100 : 55,9	55,9
blaues Glas.	100 : 36,8	36,8
grünes Glas.	100 : 12,9	12,9
	vor	nach
	dem Durchgange durch das <i>rothe</i> Glas.	
fein mattes Glas.	100 : 42,6	42,6
rauhes Glas.	100 : 10,3	10,3
blaues Glas.	100 : 36,8	38,2
grünes Glas.	100 : 12,9	10,3
	vor	nach
	dem Durchgange durch das <i>blaue</i> Glas.	
fein mattes Glas.	100 : 42,6	42,6
rauhes Glas.	100 : 10,3	10,3
rothes Glas.	100 : 55,9	57,4
grünes Glas.	100 : 12,9	12,9
	vor	nach
	dem Durchgange durch das <i>grüne</i> Glas.	
fein mattes Glas.	100 : 42,6	42,6
rauhes Glas.	100 : 10,3	10,3
rothes Glas.	100 : 55,9	44,1
blaues Glas.	100 : 36,8	36,8

Aus diesen Zahlen ergibt sich, daß Sonnenstrahlen, welche durch die rauen farblosen Gläser gegangen sind, in gleichem Grade wie die directen ein rothes, blaues, grünes Glas durchdringen, während sie nach ihrem Durchgange durch rothes Glas ein blaues reichlicher, ein grünes weniger reichlich durchstrahlen, hinter dem blauen Glase ein rothes verhältnißmäfsig besser, hinter dem grünen ein rothes Glas schlechter als zuvor. Ferner besitzt die durch farbige Platten hindurchgelassene Wärme ganz dieselbe Fähigkeit, die matten Gläser zu durchstrahlen, wie die directe Sonnenwärme. Es ist daraus zu schliessen, daß jene rauen farblosen Glasplatten eine beim Durchstrahlen zweiter Glasschirme sich geltend machende auswählende Absorption auf die ihnen gebotenen Strahlen nicht ausüben, wie eine solche in auffälliger Weise nach dem Durchstrahlen genannter farbiger Gläser sich zeigt. Ebenso wenig wie, nach obigen Erfahrungen (S. 5 bis 8), Milchglas, geöltes Papier oder dergleichen die Durchgangsfähigkeit der Wärmestrahlen gegenüber der Glasmasse der betreffenden Schirme geändert hatten, war diess bei den rauen Gläsern der Fall. *Eine auswählende Absorption ist also in den besprochenen Versuchen auch nicht als eine Nebenwirkung hervorgetreten.*

Nach Ermittlung der Thermochrose eines ersten Schirms in Bezug auf die Eigenthümlichkeit eines zweiten ergibt sich die gesammte, durch beide hindurchgehende Strahlenmenge von selbst. Denn, gehen durch ein rothes Glas allein $\frac{55,9}{100}$ der auffallenden Sonnenstrahlen und von den aus diesem austretenden $\frac{38,2}{100}$ durch ein blaues Glas, so dringen durch beide Gläser zusammen $\frac{55,9}{100} \cdot \frac{38,2}{100} = \frac{21,4}{100}$ der einstrahlenden Wärmemenge. Beobachtet wurden $\frac{22,2}{100}$ Durchstrahlen nach dem Durchgange durch das rothe Glas 10,3 Proc. das grüne, so gehen durch beide $\frac{55,9}{100} \cdot \frac{10,3}{100} = \frac{5,76}{100}$; der Beobachtung nach, $\frac{5,65}{100}$. Läßt endlich das blaue Glas

$\frac{36,8}{100}$ hindurch und von diesen das grüne 12,9 Proc., so beträgt der Durchgang durch beide $\frac{36,8}{100} \cdot \frac{12,9}{100} = \frac{4,7}{100}$, was ebenfalls mit dem Resultat des Versuchs $\frac{4,6}{100}$ gut übereinstimmt. Nicht so ist es mit den *rauen Platten*, für welche ein *constantes Durchstrahlungsverhältniß* sich weder bei einer noch bei zweien feststellen läßt, indem dieses Verhältniß mit jeder Entfernung der Schirme von der Wärmequelle, von der Thermosäule; bei mehreren auch mit ihrem Abstände von einander, endlich bei verschiedenen noch mit ihrer Reihenfolge sich ändert.

5. Besonders bezeichnend hierfür, wie für die Gesamtheit der gewonnenen Resultate sind die Messungen der das Thermoskop treffenden Wärmemengen, wenn *rauhe Schirme* auf der Bahn zwischen Wärmequelle und Säule verschoben werden.

Den Einfluß der *Oberflächenbeschaffenheit der Schirme* und der *Natur der einfallenden Wärmestrahlen bei diesem Rücken* ermittelte die erste Versuchsreihe, deren Ergebnisse in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Ein- schalten der Gläser zur Thermo- säule gelangten, bei den				Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durch- strahlen, bei den			
	Bezeich- nung ihrer Entfer- nung von der Thermo- säule:	directen		aus dem <i>Milchglase I</i> austretenden	directen		aus dem <i>Milchglase I</i> austretenden	
		Sonnenstrahlen.						
		fern	nah		fern	nah		
klar.	100 : 76,0	76	76	76	100 : 100	100 : 100		
einseitig fein matt.	100 : 35,0	69	50	75	100 : 197	100 : 150		
einseitig matt.	100 : 15,0	58	17	63	100 : 387	100 : 371		
einseitig rauh.	100 : 8,0	55	13	60	100 : 687	100 : 462		
zweiseitig matt.	100 : 3,5	48	6	48	100 : 1371	100 : 800		

Bei einem Nähern um 180^{mm} hinter einem mit rundem Ausschnitt versehenen Metallschirm steigert sich demnach die zur Säule gelangende Wärmemenge bei der fein matten Glasplatte um etwa das Doppelte, bei der zweiseitig matten um fast das Vierzehnfache für directe Sonnenstrahlen, bei jener um das Anderthalbfache, bei dieser um das Achtfache für die aus dem Milchglase hervorgehenden, während das Rücken des klaren Glases keine Aenderung der Art herbeiführt. *Die auf die Thermosäule hindurchstrahlende Wärme wächst demnach mit der Nähe der rauhen Platte ¹⁾ und zwar in dem Maasse, als ihr Diffusionsvermögen zunimmt und bei den directen Sonnenstrahlen in höherem Grade als bei den zerstreuten.*

Nach einem, in meiner früheren Untersuchung aufgefundenen, in diesen Anualen, Bd. CXX, namentlich S. 259 und 285 dargestellten Verfahren ²⁾ untersucht, erwies sich *geöltes Papier diffundirender als Milchglas I.* In diesen beiden Schirmen bot sich demnach ein Mittel dar, auch die Wirkung des Grades der Zerstreuung, dem die betreffenden Wärmestrahlen ausgesetzt gewesen, kennen zu lernen. Von den aus ihnen austretenden Strahlen, sowie (des Vergleiches halber) den parallelen Sonnenstrahlen der Reihe nach in gleicher Menge beschienen, wurden das fein matte, das matte und das rauhe Glas der Thermosäule um gleiche Strecken genähert. Sie liefen dabei (unter Hinweglassung des ausgeschnittenen Metallschirms) folgende Wärmemengen zu derselben hindurch.

1) Vergl. Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 222, 257, 258, 280.

2) Ein Zahlenbeispiel zur Erläuterung dieser Methode enthält auch die gegenwärtige Abhandlung bereits in der Tabelle S. 8, welche durch matte Glasplatten einen reichlicheren Durchgang der aus geöltem Papier, als der aus dem Milchglase II austretenden Sonnenstrahlen angiebt, woraus in gleicher Weise, wie es hier vom Milchglase I behauptet wird, für das Milchglas II zu schließen wäre, daß es an diffundirender Wirkung dem geölten Papier nachstehe.

Besagte (aus den reducirten Werthen am besten zu ersehende) *Steigerung nimmt hier für dieselbe Strahlengruppe mit der Rauheit des genäherten diathermanen Schirmes zu, für denselben Schirm von einem Maximum beim Parallelismus mit der Diffusion der Wärmestrahlen ab.*

Es verdient hierbei der Beachtung, dafs, *im Gegensatz zu den klaren Substanzen, eine Platte mit rauher Oberfläche so wenig ein constantes Durchstrahlungsvermögen besitzt, dafs sie in einem Falle, wo die Qualität der Wärmestrahlen gar nicht in Betracht kommt, von zwei Strahlengruppen fern von der Säule verschiedene, nahe derselben ganz gleiche Wärmemengen hindurchlassen kann, wie z. B. das zweiseitig matte Glas, welches von den aus dem Milchglas hervortretenden Strahlen in 200^{mm} Abstand fast doppelt so viel hindurchgehen läfst wie von den parallelen und in 20^{mm} Abstand beiden einen gleichen Durchgang gestattet.*

Ebendamt hängt es zusammen, dafs *zwei ungleich rauhe Platten in einer Entfernung mit einander verglichen ganz andere Durchstrahlungsverhältnisse darbieten als in einer andern.* So gelangt z. B. von parallelen Strahlen in 220^{mm} Entfernung durch das einseitig rauhe Glas etwa halb so viel Wärme als durch das matte zur Säule, in 20^{mm} Entfernung aber durch beide fast gleich viel. In dem Grade schneller wächst durch Annäherung die Wirkung auf die bestrahlte Fläche bei der rauheren Platte.

Ja, während *von zwei klaren Substanzen, wenigstens für gleichartige Strahlen, sie mögen parallel oder diffus seyn, stets eine die diathermanere bleibt, kann das Verhältnifs bei rauhen Platten sich geradezu umkehren.* In 20^{mm} Entfernung erscheint z. B. unter den parallelen Strahlen das einseitig matte Glas diathermaner als das rauhe, unter den vom geölten Papier zerstreuten dagegen an der nämlichen Stelle dieses diathermaner als jenes. Selbst *innerhalb einer und derselben Strahlengruppe: den aus dem Milchglase oder aus dem geölten Papier austretenden Wärmestrahlen vertauschen diese Gläser in der bezeichneten Art ihre Rollen.* Für die Ferne ist das matte, für die Nähe

das rauhe diathermaner ¹⁾). Es bietet dieser Fall auf dem Gebiete der Wärmelehre ein Analogon zu einem andern dar, den ich früher auf optischem Wege kennen lernte und bei dem von zwei Milchgläsern, je nachdem ich durch dieselben auf einen fernen oder einen nahen Gegenstand blickte, bald das eine, bald das andere durchsichtiger erschien ²⁾).

Die Durchstrahlungsverhältnisse rauher und trüber Medien erhalten auf diese Weise einen weiten Umfang, bestimmte Zahlenwerthe aber eine sehr enge Begrenzung.

Die vorliegende Versuchsreihe giebt noch zu einer weiteren Betrachtung Anlaß. Wollte man die *Frage* beantworten, ob eine *Strahlengruppe diffuser* ist als eine andere, z. B. die aus einem oder einem anderen rauhen oder trüben Schirm *austretende*, deren diffundirende Wirkung man nicht unmittelbar beurtheilen kann: matt geschliffenen Platten, Milchgläsern, durchscheinenden Papieren usw. oder die von diffus reflectirenden Flächen *zurückgeworfene*, so kann man irgend eine matte Platte in den Gang der zu vergleichenden Strahlen einschalten und sie um ein Gleiches längs derselben verschieben. *Je geringer die Steigerung ist, welche die Wärmewirkung beim Annähern dieser Platte an die Thermosäule erfährt, welche vor dem Einschalten von den unmittelbar eintreffenden Strahlen auf gleiche Weise afficirt wurde, desto mehr beträgt die fragliche Zerstreuung der Strahlen.* Eine Controle der Bestimmung wird man außerdem darin finden, daß die den diffuseren Strahlen angehörigen Durchgänge sämmtlich höher sind, als die der minder diffusen ³⁾).

Wenn es sich nur um die Entscheidung des *Zerstreuungsvermögens diathermaner Schirme* handelt, könnte man auch

1) Resultate, welche ich, ihren Eigenthümlichkeit halber, neuerdings oft controlirt und jedesmal bestätigt gefunden habe. Sie enthalten einen Grund mehr, weshalb Tabellen, die nicht ausdrücklich für einander bestimmt sind, nicht mit einander verglichen werden können.

2) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 201, 252.

3) Vergl. Ebendasselbst S. 258, 259, 285.

einfach diese, der Reihe nach, um dieselbe Strecke in dem Bereich irgend welcher Strahlen, am besten (wegen der größten Unterschiede) der directen Sonnenstrahlen, der *Thermosäule* nähern. Die größere Steigerung der nur auf dem Wege der Durchstrahlung zu dieser gelangenden Wärmemenge spräche für das höhere Diffusionsvermögen. Die letzte Tabelle liefert zu allem Diesem die erforderlichen Beläge.

Welchen Einfluß beim Rücken rauher Glasplatten die jedesmalige *Entfernung* und *Größe* der Wärmequelle haben, zeigen nachstehende Beobachtungen, bei denen zuerst die Größe des von der Sonne beschienenen Feldes des Milchglases II constant gelassen und sein Abstand geändert, sodann dieser beibehalten und jene gewechselt wurde. Die nähere Anordnung des Versuchs entsprach der S. 22 gedachten. Die aus der Sonnenferne kommenden Wärmestrahlen sind ebenfalls mit verglichen. Die Verschiebung der Glasplatten betrug 100^{mm}.

Gläser.	Verhältniß der Wärmemengen, welche vor und nach dem Einschalten der Gläser zur Thermosäule gelangten, bei den										Verhältniß der Wärmemengen, welche die Gläser durchstrahlen, bei den									
	aus dem <i>Milchglase II</i> , bei					aus dem <i>Milchglase II</i> , bei					aus dem <i>Milchglase II</i> , bei					aus dem <i>Milchglase II</i> , bei				
Bezeichnung ihrer Entfernung von der Thermosäule:	directen					directen					directen					directen				
	fern	nah	fern	nah	fern	fern	nah	fern	nah	fern	fern	nah	fern	nah	fern	fern	nah	fern	nah	fern
Sonnenstrahlen.																				
einsichtig fein matt.	100:22	58	52	71	56	72	56	72	41	17	41	25	41	73	62	72	56	72	41	17
einsichtig rauh.	100:9	32	16	40	17	41	17	41	25	41	100:356	100:250	100:241	100:241	100:129	100:129	100:129	100:118	100:241	100:164

Die zur Thermosäule hindurchstrahlende Wärme nimmt also bei gleicher Annäherung des rauhen diathermanen Schirmes desto weniger zu, je näher und gröfser die Wärmequelle.

Diese, für die einzelnen rauhen Platten gefundenen Data lassen nun die Erscheinungen vorhersehen, welche bei zwei mit einander verbundenen auftreten müssen.

Es ist danach klar, dafs jene *Steigerung* bei bestimmter *Annäherung zweier gleichartiger matter Flächen*, da sie zusammen jedenfalls diffundirender sind als einzeln, *mehr betragen mufs als bei einer*; ferner dafs dieselbe sich *bei parallelen Strahlen höher* belaufen wird *als bei diffusen*. Die Bestätigung hierfür ist auch in den bereits mitgetheilten Zahlen zu finden. In der Tabelle S. 26 ist eine einseitig matte Platte mit einer zweiseitig matten, 2^{mm} dicken verglichen, deren Rauigkeitsgrad der nämliche ist. Bei jener erreicht die Zunahme nicht das Vierfache, bei dieser fast das Vierzehnfache. In der ersten horizontalen Reihe der Tafeln S. 15 und 16 sind (von der Rechten zur Linken) die Wärmemengen verzeichnet, welche zwei, um 10^{mm} von einander entfernte, matte Glasflächen zur Thermosäule hindurchlassen, wenn sie dieser zwei Mal um je 100^{mm} genähert werden. Bei den parallelen Sonnenstrahlen übertrifft die Gesamtsteigerung hierbei das Vierzehnfache, bei den durch das Milchglas zerstreuten bleibt sie vor dem Vierfachen stehen. Entsprechendes zeigen die zweiten Reihen, welche einer Verschiebung der beiden, 110^{mm} von einander abstehenden Platten, um je 50^{mm} angehören.

Bei *zwei ungleich rauhen Flächen* ist, wegen des überwiegenden Einflusses der rauheren, dann eine *größere Zunahme* der Wärmewirkung zu erwarten, wenn beim Heranrücken an die Säule *die rauhere vorangeht*. In der Tabelle S. 18 weist der Vergleich der ersten horizontalen Reihen der ersten und zweiten, so wie der dritten und vierten Gruppe, oder der zweiten Reihen dieser Abtheilungen unter sich diesen Vorgang aufs Einleuchtendste nach.

Von den Combinationen *einer fein matten Platte, einmal mit einer matten, das andere Mal mit einer gröberen* muß der *letzteren*, als dem stärker diffundirenden System, die *größere Steigerung* zukommen. Die in den ersten Zeilen der ersten und dritten, sowie der zweiten und vierten Gruppe derselben Tafel enthaltenen Wärmedurchgänge lassen darüber keinen Zweifel; ebensowenig die in den zweiten Zeilen dieser Gruppen aufgeführten Werthe. Was hier für die *parallelen Strahlen* sich ergibt, zeigt die Tafel S. 20 für die *zerstreuten*, auch sind hier die *Unterschiede* nach Erwarten *geringer*.

Alles aber, was sonst noch hinsichtlich der Verschiebung eines von zwei *rauen Schirmen*, von ihrem *wechselseitigen Abstände*, ihrer *Vertauschung* usw. gesagt worden ist, läßt sich jetzt mit derselben *Leichtigkeit* auf ihre *wechselnde Entfernung* von der *Thermosäule* zurückführen, bei welcher stets der *Einfluß* des *raueren* oder *diffundirenden* Schirms den *Ausschlag* giebt.

Es ist also auch in dem einfachsten dieser Fälle: demjenigen, in welchem wir die *Durchstrahlung der Wärme durch eine einseitig matte Platte* untersuchen, *nicht gleichgültig*, ob wir die *glatte* oder die *raue Seite* der *Thermosäule* zukehren. Der *letzteren* Stellung wird immer die *höhere Ablenkung* der *Galvanometernadel* angehören; die *Größe* des *Unterschiedes* aber, auch wohl die *Möglichkeit* ihn überhaupt wahrzunehmen, von dem *Grade* der *Rauheit*, der *Dicke* der *Platte* und ihrem *Abstände* von *Thermosäule* und *Wärmequelle* bedingt seyn. Die *Erfahrung* hat dies vielfach bestätigt. Bei *einem klaren, einseitig mit einem farbigen Ueberzuge überfangenen Glase* würde die *Umkehrung* ohne jeden *Einfluß* auf die zur *Thermosäule* hindurchstrahlende *Wärmemenge* seyn, wie aus den mit *klaren diathermanen Substanzen* angestellten *Gegenversuchen* hervorgeht.

Demnach haben sich wieder, wie früher, die mannigfaltigsten Erscheinungen der *Durchstrahlung* durch *raue Platten* aus dem gemeinsamen Gesichtspunkte einer *Diffusion*

der Strahlen betrachten lassen und die Beobachtung hat die Rollen ermittelt, welche dabei das Zerstreuungsvermögen der Schirme einerseits und der, mit Beschaffenheit, Entfernung und Gröfse der Wärmequelle zusammenhängende, Grad der Zerstreuung der Strahlen andererseits übernehmen. Zur näheren Erläuterung des dabei an rauhen Schirmen stattfindenden Vorgangs hat die eingehende Betrachtung des Hrn. Dr. Jungk einen wesentlichen Beitrag geliefert.

Die Hauptresultate der mitgetheilten Beobachtungen fasse ich in folgende Sätze zusammen:

1. Der Durchgang der strahlenden Wärme durch eine raue diathermane Platte ist für eine constante auffallende Wärmemenge desto reichlicher, je näher oder gröfser die unmittelbar ausstrahlende Wärmequelle oder an deren Stelle ein, die parallelen Sonnenstrahlen mittelst Durchstrahlung oder Reflexion zerstreuer Körper.

Dieser Einfluß macht sich desto mehr geltend, je rauher die Oberfläche jener diathermanen Platte, so dafs bei zunehmender Rauheit derselben ihr Wärmedurchlaß um so weniger beeinträchtigt wird, je gröfser die Annäherung oder die Ausdehnung jener.

Eine Steigerung der Zerstreuung der Wärmestrahlen hat dieselbe Wirkung wie diese Aenderung der Entfernung und Gröfse.

2. Beim Neigen einer, zuerst rechtwinklig gegen die Wärmestrahlen gerichteten, rauhen diathermanen Platte ist der Winkel, welchen die letztere mit den Strahlen in dem Augenblick einschließt, da das Maximum der Durchstrahlung durch einen zweiten rauhen Schirm eintritt, desto kleiner, je geringer die Rauheit jener ersten Platte ist. Der absolute Werth des bezeichneten Maximums nimmt mit dieser Rauheit zu.

3. Die Durchstrahlung durch zwei gleichartig matte Flächen wird beim Entfernen derselben von einander vermindert, wenn dabei die eine an ihrer Stelle vor der Thermo-

säule belassen, die andere von dieser abgerückt wird; vermehrt, wenn jene Fläche der Säule genähert wird, während diese, auf Seiten der Wärmequelle befindliche, ihre Stelle behauptet; dieselbe kann unverändert bleiben beim Nähern der einen und entsprechendem Entfernen der andern.

Die Unterschiede sind am beträchtlichsten bei parallelen Strahlen. Eine Zerstreuung derselben, gleichwie eine Annäherung oder Vergrößerung der Wärmequelle haben, mit einer Steigerung der Durchgänge selbst, eine Verminderung ihrer Unterschiede zur Folge.

4. Von der Durchstrahlung zweier ungleich matter Flächen gilt im Wesentlichen Dasselbe; doch wäre die bezeichnete Compensation nur bei erheblich ungleicher Verschiebung der einzelnen Flächen nach entgegengesetzten Seiten herbeizuführen.

Die bei wechselnder Entfernung auftretenden Unterschiede sind geringer oder größer, je nachdem die weniger rauhe oder die rauhere Fläche gerückt werden. Bei gleicher Verschiebung beider überwiegt der Einfluss der letzteren.

Von den Verbindungen einer und derselben matten Fläche mit einer rauheren oder einer noch gröberen gehören der ersteren die reichlicheren Durchstrahlungen, aber der letzteren die größeren Verschiedenheiten in diesen unter den gedachten Umständen an.

Werden die Flächen vertauscht, so findet ein erhöhter Durchgang der Wärmestrahlen durch beide jedesmal statt, wenn die rauhere der Thermosäule zunächst ist. Dieser durch die Vertauschung herbeigeführte Unterschied ist desto bedeutender, je größer die Rauigkeitsverschiedenheit der betreffenden Flächen, je entfernter sie von einander sind, je näher sie bei gleicher solcher Entfernung der Thermosäule, je entfernter und kleiner die Wärmequelle und je weniger zerstreut deren Strahlen. Das Maximum findet sich daher bei den parallel einfallenden.

5. Alle diese Erscheinungen lassen sich aus dem Ver-

halten einzelner rauher diathermaner Schirme ableiten, bei welchen die Steigerung des Wärmedurchlasses während ihrer Annäherung an die Säule mit ihrer Rauheit oder allgemeiner ihrem Diffusionsvermögen einerseits, mit der Abnahme der Diffusion der Wärmestrahlen oder ihrem Uebergange zum Parallelismus andererseits zunimmt.

Es ist hierin ein Mittel gegeben, aus dem Grade der Steigerung beim Näherrücken diffundirender Schirme an die Thermosäule sowohl auf ihr eigenes Zerstreuungsvermögen als auf das Maafs der Zerstreuung der zu ihnen gelangenden Wärmestrahlen zu schliessen.

Ein rauher oder trüber diathermaner Körper besitzt demnach für die nämliche Art strahlender Wärme nicht ein constantes Durchstrahlungs- und Absorptionsvermögen. Von zwei mit einander verglichenen kann selbst für eine und dieselbe Wärmequelle bald der eine, bald der andere diathermaner seyn.

In allen diesen mannigfaltigen Beziehungen der Durchstrahlung unterscheiden dieselben sich von den klaren diathermanen Körpern mit glatter Oberfläche, so eigenthümlich deren auswählende Absorption den Wärmestrahlen gegenüber auch seyn möge.

II. *Beiträge zur Kenntniss des Stickstoffeisens; von Dr. C. Stahlschmidt.*

Im Laufe der letzten Jahre ist von verschiedenen Chemikern dem Studium des Stahls und des Roheisens eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden, hauptsächlich wohl aus dem Grunde, weil von Fremy zuerst versucht wurde, die Entstehung und Constitution des Stahls auf eine Weise zu erklären, welche den bis jetzt herrschenden Ansichten ganz fremd und geradezu entgegengesetzt ist.