©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Über die Absorption des Lichtes in trüben Medien

von

Anton Lampa.

Mit 1 Tafel.)

1.

Das optisch eigenthümliche Verhalten der trüben Medien ist von Clausius[1] und in jüngerer Zeit von Lord Rayleigh[2] benützt worden, um die Farbenerscheinungen der Atmosphäre zu erklären. Die diesen Erklärungsversuchen zu Grunde liegende Thatsache, dass trübe Medien blaues Licht in bedeutend höherem Maasse reflectiren als rothes, war lange bekannt. Schon Leonardo da Vinci benützte sie zur Erklärung der blauen Farbe des Himmels; später wurde ihr von Göthe als „Urphänomen" in der Farbenlehre fundamentale Bedeutung beigelegt; wissenschaftlich aber wurde sie zuerst von Brücke[3] behandelt.

Letzterer zeigt an der Hand der Fresnel'schen Formel für die Intensität des reflectirten Lichtes, dass bei jeder Reflexion Licht kürzerer Wellenlänge stärker zurückgeworfen wird, als Licht grösserer Wellenlänge; während nun bei einmaliger Reflexion dieser Umstand wenig ins Gewicht fällt, wird er sich bei oftmaliger Reflexion, wie sie in einem trüben Medium stattfindet, so stark geltend machen, dass das zurückgeworfene Licht zum grössten Theil Licht kurzer Wellenlänge enthalten, d. h. blau erscheinen muss.

---

[1] Clausius, Pogg. Ann., 72, S. 294 (1847); 76, S. 161 und 188 (1849); 88, S. 543 (1853).

[2] Damals noch Hon. J. W. Strutt, Phil. Mag., 41, p. 107, 274 und 447 (1871).

[3] Brücke, Diese Berichte. 9, S. 530 (1852).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Das Licht grösserer Wellenlänge dagegen geht durch das Medium ungehindert hindurch.

Eine Absorption im gewöhnlichen Sinne des Wortes findet also in einem trüben Medium nicht statt; jedoch soll diese Benennung beibehalten werden zur Bezeichnung der Thatsache, dass die trüben Medien Licht verschiedener Wellenlänge in verschiedenem Maasse durchlassen.

Sowohl Clausius als Rayleigh haben auf Grundlage theoretischer Betrachtungen (l. c.) Formeln für die Intensität des durchgelassenen Lichtes aufgestellt. Clausius, ausgehend von Brechung und Reflexion als Grund der in dem trüben Medium stattfindenden Diffusion des Lichtes, gibt die Formel

$$I = I_0 \cdot e^{-\varkappa\lambda^{-2} l},$$

während Rayleigh's Theorie, welche annimmt, dass die gewöhnlichen Gesetze der Brechung und Reflexion für den Fall, dass die diffundirenden Partikeln klein im Verhältniss zur Wellenlänge sind, nicht mehr gelten, und die diffundirenden Partikeln daher als Störungscentra der einfallenden Wellenbewegung auffasst, die Beziehung

$$I = I_0 \cdot e^{-\varkappa_1\lambda^{-4} l}$$

ergibt. I ist dabei die Intensität des durchgelassenen, I_0 die des einfallenden Lichtes, λ seine Wellenlänge, $\varkappa$ und $\varkappa_1$ Constanten, l die Dicke der absorbirenden Schicht.

Es bleibt Sache des Experiments, diese Formeln zu prüfen und für die eine oder andere der beiden Theorien zu entscheiden. Es liegen zwar Untersuchungen, welche sowohl das sichtbare, als auch das Wärmespectrum betreffen, vor;[1] ein entscheidendes Urtheil ist aber auf Grundlage derselben nicht möglich, so dass eine Wiederaufnahme dieser Frage wünschenswerth erschien. Im Folgenden sollen die Resultate meiner diesbezüglich angestellten Untersuchung mitgetheilt werden.

---

[1] Dr. E. L. Nichols, Trans. Kansas Acad. of Science, 10, 1886. — Dr. N. Mänz, Spectrophotometrische Untersuchungen an trüben Medien. Inaug.-Diss. Marburg 1885. — Abney und Festing, Proc. Roy. Soc., London, 40, p. 378, 1886. — Knut Ångström, Wied. Ann., 36, p. 715, 1889.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

2.

Das bei meiner Untersuchung verwendete Instrument war Glan's Spectrophotometer;[1] als Lichtquelle diente ein Argandbrenner, welcher, um paralleles Licht zu erhalten, in den Brennpunkt einer Sammellinse gestellt war. Obzwar ich mich bemühte, die Intensität der Lichtquelle so viel als möglich constant zu halten, war dies in vollem Maasse selbstverständlich nicht möglich. Jedoch überzeugte ich mich, dass das Intensitätsverhältniss des einfallenden zum durchgelassenen Lichte von der absoluten Intensität des einfallenden Lichtes unabhängig ist, so dass die Helligkeitsschwankungen der Lampe auf die Messungen ohne Einfluss blieben. Die Lampe war bis auf einen rechteckigen Ausschnitt abgeblendet, das Arbeitszimmer abgedunkelt, der Apparat vor dem Eindringen fremden Lichtes ausserdem sorgfältig geschützt.

Die absorbirenden Medien brachte ich in planparallelen Glaströgen in der Weise vor der Collimatorspalte an, dass das Vergleichslicht ebenfalls die Wände des nur zur Hälfte gefüllten Troges zu durchsetzen hatte, wodurch die durch Reflexion an den Wänden des Troges hervorgerufene Lichtschwächung für die beiden zu vergleichenden Spectra gleich wurde. Die durch das Wasser, in welchem die diffundirenden Partikeln vertheilt waren, hervorgerufene Absorption war bei den angewendeten Trogdicken überhaupt nicht wahrnehmbar.

Zur Messung selbst musste das Spectrum in Bezirke getheilt werden. Ich wählte dieselben so, dass jeder dem Auge möglichst homogen gefärbt erschien. In Fig. 1 ist diese Eintheilung angegeben.

Was nun das trübe Medium anbelangt, so erschien von allen, welche ich mir herstellte, alkoholische Mastixlösung in Wasser emulgirt, als das geeignetste. Es zeigt dieses trübe Medium die bekannten optischen Eigenthümlichkeiten in hohem Grade; der Bedingung, dass die diffundirenden Partikeln klein im Vergleich zur Wellenlänge sein sollen, genügt es auf das vollkommenste; konnten ja die Partikeln keiner der benützten Emulsionen unter dem Mikroskope wahrgenommen werden, obzwar sie sich bei

[1] P. Glan, Wied. Ann., 1, S. 351, 1877.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

einem Durchmesser von $0 \cdot 2\,\mu$ der Beobachtung nicht hätten entziehen können; endlich zeigen die Absorptionscurven, welche Mänz (l. c.) bei seinen Untersuchungen gewonnen hat, bei diesem trüben Medium den regelmässigsten Verlauf, so dass die Aussicht auf die Möglichkeit eines zahlenmässigen Vergleiches mit den Formeln bei Benützung dieses trüben Mediums am grössten war.[1]

Brücke gibt als die zur Herstellung dieses trüben Mediums geeignetste Lösung 1 *g* Mastix auf 87 *g* Alkohol an. Ich benützte folgende Lösungen: Zu den Versuchsreihen

I—XXI, Lösung *A*: 100 *g* absoluten Alkohols, 4·062 *g* Mastix;

XXII—XXV, Lösung *B*: 100 *g* absoluten Alkohols, 5·562 *g* Mastix.

Die Lösung wurde tropfenweise in das ruhig gehaltene Wasser eingeführt, hierauf das Ganze so rasch als möglich verschüttelt. Einzelne der angewendeten Emulsionen stellte ich durch Verdünnung der concentrirteren dar. Durch Vergleichung einer derselben mit einer direct hergestellten überzeugte ich mich, dass das Verdünnen auf die Beschaffenheit des trüben Mediums ohne Einfluss bleibt. Mit der Zeit ändern sich die Emulsionen jedenfalls nur sehr wenig. Ich war nicht im Stande, an einer sechs Wochen aufbewahrten weder mit dem Mikroskop, noch mit dem Spectrophotometer eine Veränderung wahrzunehmen.

3.

Die folgenden Tabellen enthalten die Beobachtungsresultate. Die erste Abtheilung der Tabellen enthält in der ersten Columne den Spectralbezirk, in der zweiten die beobachteten Intensitäten des durchgelassenen Lichtes, die des einfallenden = 100 gesetzt.

Die Beobachtungen wurden hierauf durch empirische Formeln dargestellt, welche zur Berechnung der den Wellenlängen

$$\lambda_1 = 0 \cdot 6708\ \mu$$
$$\lambda_2 = 0 \cdot 6563$$
$$\lambda_3 = 0 \cdot 5892$$
$$\lambda_4 = 0 \cdot 5349$$
$$\lambda_5 = 0 \cdot 4861$$

[1] Erst nach Vollendung dieser Arbeit lernte ich die gleichfalls sehr schöne Kreolinemulsion kennen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

zukommenden Intensitäten des absorbirten Lichtes angewendet wurden. Neben diesen Werthen habe ich mit Hilfe der für eine Wellenlänge (λ_1) gefundenen Intensität die den übrigen zugehörigen sowohl nach der Rayleigh'schen, als nach der Clausius'schen Formel berechnet, um einen zahlenmässigen Vergleich zu ermöglichen. Die Resultate dieser Berechnungen sind in der zweiten Abtheilung der Tabellen enthalten.

Die Versuchsreihen I, II, V—VII, IX, XI—XIII, XVII, XXI bis XXIII, XXV mussten wegen allzugrosser Unregelmässigkeit von vornherein von den Vergleichsrechnungen ausgeschlossen werden.

Im Allgemeinen wurden für jeden Spectralbezirk vier Ablesungen gemacht, bei XIII und XV sechzehn, bei XXII—XXV zwanzig, ohne, wie die Resultate zeigen, eine grössere Genauigkeit zu erreichen.

Erste Abtheilung.

Emulsion: H_2O 100 cm^3, Lösung A 1·5 cm^3.

I. $l = 2·56$ *mm.*		II. $l = 3·98$ *mm.*		III. $l = 16·14$ *mm.*		IV. $l = 30·1$ *mm.*	
1	98·98	1	92·40	1	47·40	1	28·23
2	95·75	2	93·88	2	44·49	2	24·30
3	93·21	3	91·69	3	43·79	3	23·27
4	92·66	4	80·19	4	40·4	4	20·02
5	89·2	5	79·32	5	36·69	5	17·93
6	88·03	6	78·68	6	34·09	6	15·83
7	90·01	7	75·96	7	34·48	7	14·19
8	87·79	8	77·16	8	32·85	8	11·72
9	80·96	9	74·43	9	31·04	9	11·41
10	82·25	10	73·69	10	29·74	10	9·77
11	83·83	11	74·30	11	27·05	11	8·35
12	84·04	12	73·30	12	23·77	12	6·88
13	82·33	13	73·96	13	21·31	13	5·63
14	82·60	14	69·34	14	18·93	14	4·5
15	80·63	15	69	15	15·74	15	2·85
16	76·66	16	62·61	16	13·46	16	2·43
17	69·40	17	60·79	17	12·98	17	1·89
18	71·21	18	53·34	18	11·58	18	1·42
19	71·12	19	53·78	19	9·06	19	0·91
20	67·19	20	52·02	20	7·03	20	0·33

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Emulsion: H_2O 91·5 *cm³*, Lösung *A* 0·9 *cm³*.

V. $l = 2·56$ *mm.*

1	100
2	100
3	99·76
4	97·91
5	99·62
6	97·90
7	93·42
8	97·17
9	96·45
10	96·33
11	96·77
12	96·60
13	96·09
14	94·52
15	91·77
16	91·35
17	83·31
18	85·60
19	85·24
20	89·06

VI. $l = 3·98$ *mm.*

1	96·37
2	98·83
3	94·52
4	95·30
5	88·38
6	86·10
7	84·99
8	86·72
9	84·79
10	85·90
11	81·91
12	82·89
13	85·55
14	84·29
15	80·18
16	78·37
17	75·51
18	77·53
19	76·56
20	71·22

VII. $l = 16·14$ *mm.*

1	63·92
2	58·12
3	58·45
4	60·65
5	58·23
6	56·29
7	55·02
8	54·12
9	50·09
10	49·54
11	45
12	42·98
13	40·62
14	37·95
15	36·43
16	31·98
17	28·66
18	27·14
19	25·79
20	22·78

VIII. $l = 30·1$ *mm.*

1	40·70
2	37·90
3	36·64
4	32·47
5	30·79
6	27·95
7	26·87
8	24·55
9	23·80
10	22·39
11	19·75
12	17·26
13	15·93
14	13·32
15	12·10
16	9·70
17	7·76
18	6·81
19	6·54
20	5·18

Emulsion: H_2O 73·85 *cm³*, Lösung *A* 0·39 *cm³*.

IX. $l = 16·14$ *mm.*

1	79·79
2	77·44
3	74·25
4	74·07
5	69·13
6	64·63
7	65·66
8	66·15
9	66·72
10	65·43
11	67·37
12	67·46
13	67·36
14	65·59
15	62·67
16	56·79
17	58·30
18	59·26
19	53 57
20	48·90

X. $l = 30·1$ *mm.*

1	61·08
2	60·38
3	59·04
4	56·29
5	54·88
6	51·69
7	49·41
8	46·95
9	44·08
10	44·91
11	43·14
12	38·99
13	37·46
14	34
15	30·54
16	28·31
17	27·14
18	25·83
19	24·23
20	20·72

Emulsion: H_2O 100 *cm³*, Lösung *A* 1 *cm³*.

XII. $l = 10$ *mm.*

1	82·60
2	81·14
3	82·79
4	78
5	71
6	70·40
7	68·54
8	67·71
9	69·80
10	67·71
11	66·40
12	59·26
13	59·63
14	57·05
15	52·63
16	48·90
17	46·97
18	45·33
19	43·56
20	39·10

XIII. $l = 10$ *mm.*

λ_1	69·8
λ_2	68·79
λ_3	58·96
λ_4	49·98
λ_5	35·87

Anmerkung. XI, eine Wiederholung von I, wurde mit diesem vereinigt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Emulsion wie bei XII und XIII.

XIV. $l = 30 \cdot 1\,mm.$

1	35·82
2	34·73
3	31 68
4	31·09
5	27·64
6	25·39
7	24·15
8	22·76
9	21·03
10	19·80
11	16·51
12	14·49
13	13·25
14	11·80
15	10·42
16	9·66
17	6·02
18	5·18
19	3·98
20	3·15

XV. $l = 30 \cdot 1\,mm.$

λ_1	34·24
λ_2	30·55
λ_3	20·72
λ_4	12·47
λ_5	5·32

Emulsion: H_2O 50 cm^3, Lös. A 1 cm^3.

XVI. $l = 16 \cdot 14\,mm.$

1	38·03
2	37·72
3	34·88
4	34·24
5	34·48
6	32·57
7	27·39
8	28·14
9	28·96
10	24·84
11	23·73
12	20·75
13	18·06
14	15·75
15	11·83
16	9·92
17	7·72
18	5·92
19	6·07
20	4·30

Emulsion: H_2O 93·24 cm^3, Lös. A 1 cm^3.

XVIII. $l = 30 \cdot 1\,mm.$

1	28·23
2	26·24
3	25·75
4	24·03
5	21·53
6	18·90
7	16·64
8	14·57
9	14·21
10	12·98
11	10·79
12	9·31
13	7·68
14	6·59
15	5·29
16	4·31
17	3·29
18	2·50
19	1·83
20	1·30

Emulsion: H_2O 50 cm^3, Lösung A 1 cm^3.

XIX. $l = 10 \cdot mm.$

1	59·41
2	56·29
3	53·85
4	52·42
5	50·06
6	45·03
7	42·58
8	40·45
9	40·01
10	36·58
11	34·34
12	30·64
13	25·67
14	24
15	20·51
16	19
17	15·40
18	12·93
19	11·33
20	9·64

Emulsion: H_2O 75 cm^3, Lösung A 1 cm^3.

XX. $l = 10\,mm.$

1	66·56
2	66·40
3	65·91
4	62·9
5	60·45
6	58·74
7	57·50
8	54·47
9	53·24
10	50·71
11	47·71
12	45·93
13	42·58
14	39·09
15	34·78
16	32·9
17	30·37
18	28·91
19	23·88
20	21·99

Emulsion: H_2O 100 cm^2, Lösung A 1 cm.

XXI. $l = 10\,mm.$

1	82·50
2	77·35
3	76·98
4	74·34
5	71·35
6	71
7	70·74
8	66·56
9	63·6
10	64·23
11	64·07
12	62·51
13	59·56
14	54·81
15	56·57
16	46·72
17	42·86
18	44·91
19	35·32
20	31·91

Anmerkung. XVII war eine Wiederholung von XVI.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Emulsion: H_2O 50 cm^2, Lösung B 0·8 cm.

XXII. l=2·56 mm.

1	100
7	83·29
13	70·57
17	56·79
20	45·69

XXIII. l=3·98 mm.

1	78·28
7	65·19
13	52·16
17	41·11
20	31·23

XXIV. l=16·14 mm.

1	25·12
7	11·55
13	4·35
17	1·04
20	0·13

XXV. l=30·1 mm.

1	5·13
7	0·83
13	0·04
17	0·008
20	0

Zweite Abtheilung.

III.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	46·9	46·9	46·9
λ_2	44·4	43·8	45·4
λ_3	33·7	28·1	37·5
λ_4	21·9	15·4	30·4
λ_5	12·1	6·4	23·7

IV.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	28·7	28·7	28·7
λ_2	25·5	25·6	27·1
λ_3	13·2	12·3	19·8
λ_4	4·5	4·5	14
λ_5	1·6	1·9	9·3

VIII.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	41·2	41·2	41·2
λ_2	38·3	38	39·6
λ_3	26·6	22·6	31·7
λ_4	16·2	11·2	24·8
λ_5	8·1	4	18·5

X.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	61·4	61·4	61·4
λ_2	58·9	58·8	60·1
λ_3	48·3	44·1	53·2
λ_4	37·8	30	46·5
λ_5	27·5	17·1	39·6

XIV.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	36·2	36·2	36·2
λ_2	33·7	33	34·6
λ_3	23·2	18·2	26·8
λ_4	14·1	8·1	20·21
λ_5	6·8	2·5	14·4

XV.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	34·2	34·2	34·2
λ_2	30·6	31	32·6
λ_3	20·7	16·5	24·9
λ_4	12·5	7·1	18·5
λ_5	5·3	2·1	13

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

XVI.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	39·3	39.3	39·3
λ_2	37·2	36·1	37·7
λ_3	28·3	20·8	29·8
λ_4	19·1	9·9	23
λ_5	9·5	3·4	16·9

XVIII.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	28·6	28·6	28·6
λ_2	26·3	25·5	27
λ_3	17·2	12·2	19·7
λ_4	9·1	4·5	14
λ_5	3·1	1·1	9·2

XIX.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	59·9	59·9	59·9
λ_2	56·6	57·1	58·5
λ_3	42·4	42·3	51·5
λ_4	28·5	28·2	44·7
λ_5	15	15·5	37·7

XX.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	70·4	70·4	70·4
λ_2	67·6	68	69·3
λ_3	55·8	55·5	63·5
λ_4	42·6	41·9	57·6
λ_5	28·8	28	51·3

XXIV.

Well. l.	Beob.	Rayleigh	Clausius
λ_1	25·1	25·1	25·1
λ_2	22·4	22·1	23·6
λ_3	10·5	9·8	16·7
λ_4	4·2	3·3	11·4
λ_5	0·9	0·7	7·2

Ein Überblick über diese zweite Abtheilung der Tabellen zeigt, dass die Beobachtungsresultate den nach Rayleigh's Formel berechneten Werthen näher kommen als den nach der Formel von Clausius bestimmten; jedenfalls entspricht der allgemeine Gang der Beobachtungen insoferne der Rayleigh'schen Theorie besser als der Clausius'schen, als die Differenzen der den aufeinanderfolgenden λ entsprechenden Intensitäten des durchgelassenen Lichtes stets den entsprechenden nach Rayleigh's Formel näher kommen, als denselben nach der Formel

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 1.

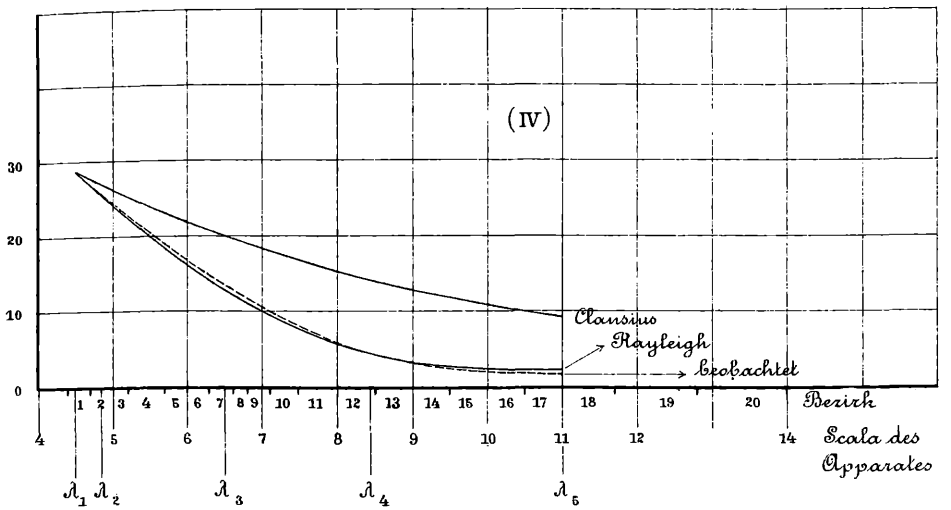


Fig. 2.

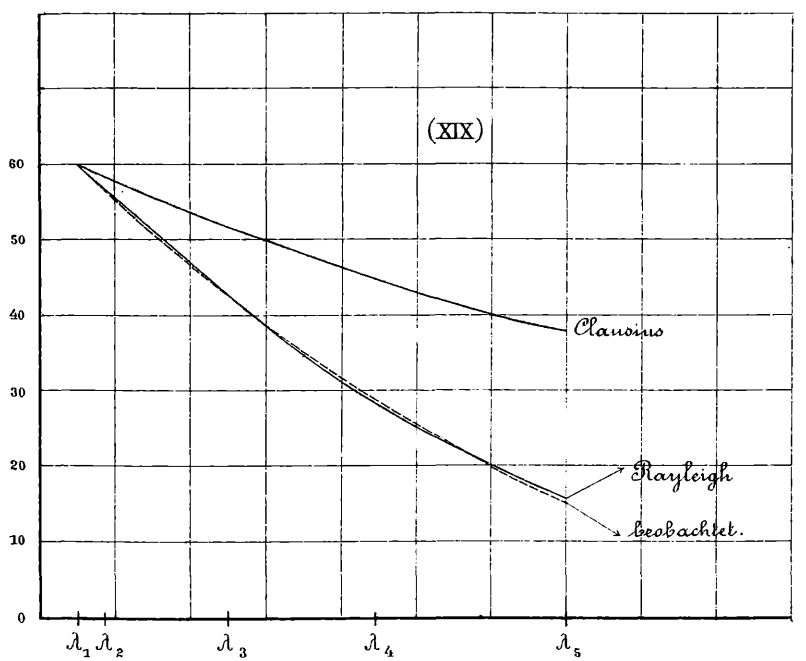


Fig. 3.

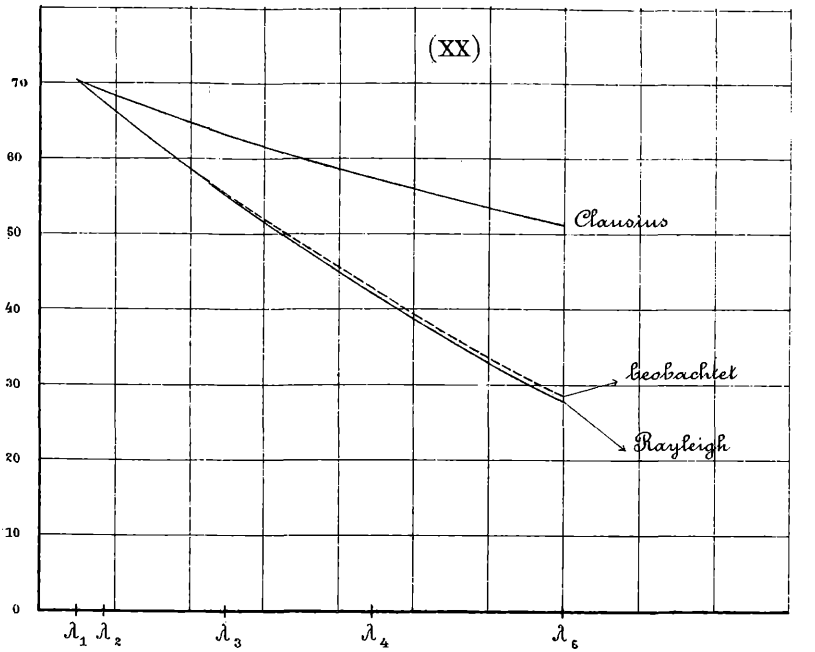
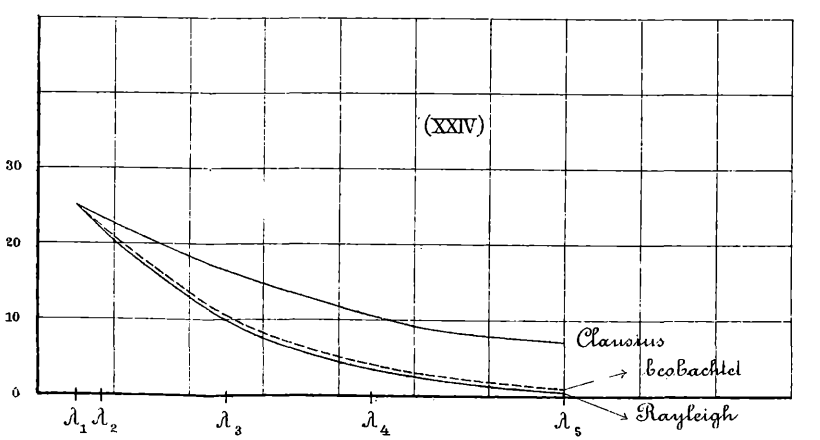


Fig. 4.



Lith. Anstalt v. J. Barth, Wien, Fünfhaus.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

von Clausius gefundenen. Die Resultate IV, XIX, XX und XXIV (welche in den Fig. 1, 2, 3 und 4 graphisch dargestellt sind), entscheiden aber die Frage vollkommen zu Gunsten der Rayleigh'schen Theorie.

4.

Ich habe im Verlaufe dieser Arbeit auch die Frage zu beantworten gesucht, ob die relative Dichtigkeit des trüben Mediums auf die Absorption einen Einfluss hat oder nicht. Ich habe mir zu diesem Zwecke Emulsionen hergestellt von der Art, dass ihre Concentrationen sich verhielten umgekehrt wie zwei Trogdicken; die zweite Emulsion enthielt dann auf eine grössere Strecke ebenso viele Partikeln, wie die erste auf eine kürzere. In dieser Beziehung zu einander stehen die Messungen VI und I, X und VII, XVIII und XVI.

Sie sprechen dafür, dass das verdünntere Medium stärker absorbirt als das dichtere. Ein bestimmtes Urtheil lässt sich aber auf Grundlage dieser bei so geringem Dickenunterschiede der Tröge durchgeführten Messungen über diesen Punkt nicht abgeben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: 100_2a

Autor(en)/Author(s): Lampa Anton

Artikel/Article: Über die Absorption des Lichtes in trüben Medien. 730-739