

Resultate der Tageslichtmessungen in Kiel 1905—1908.

Von **L. Weber.**

Die Messungen, über welche im folgenden berichtet wird, beziehen sich 1. auf die regelmäßigen Beobachtungen der mittäglichen Ortshelligkeit am physikalischen Institute in den Jahren 1905—1908, 2. auf die Untersuchung der Tageslichtverhältnisse in den städtischen Schulen, wie sie in dem Jahre 1907 im Auftrage des Magistrates ausgeführt sind, 3. auf die im April 1908 vorgenommene Untersuchung des Tageslichtes in der Königlichen Universitätsbibliothek.

Über die für die zweite Untersuchung erforderlich gewesenene Berechnungen der Flächenhelligkeitsverteilung am Himmel wird in einer besonderen Abhandlung von Herrn Dr. H. Borchardt berichtet werden.

1. Die mittägliche Ortshelligkeit am physikalischen Institut 1905—1908.

Die Resultate der hier von 1890 an bis 1904 einschließlich gemachten Messungen sind in diesen Schriften Band X, S. 77—94, Band XI, S. 48, und Band XIII, S. 97—114, mitgeteilt.

Die Beobachtungen sind bis Ende 1908 unverändert nach der früher beschriebenen Methode ausgeführt, so daß in bezug auf die instrumentelle Anordnung auf die früheren Mitteilungen, insbesondere auf Band X, S. 77—94, und Band XIII, S. 97—102, verwiesen werden kann.

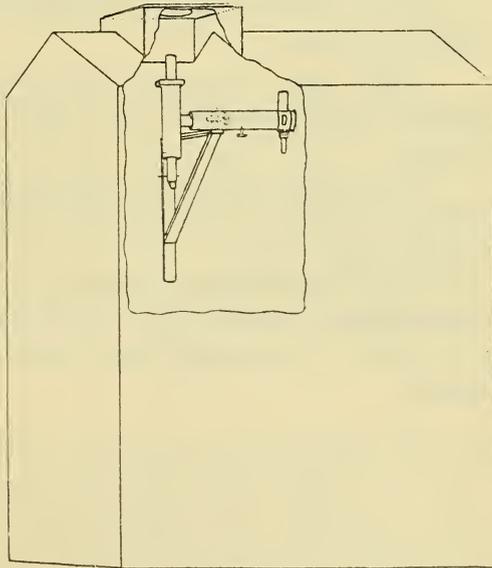
An letztgenannter Stelle, S. 101, war eine Ausdehnung der täglichen Beobachtungszeit auf einen längeren Zeitraum nach veränderter Methode in Aussicht genommen. Diese Absicht hat sich wegen der Belastung durch andere Aufgaben leider noch nicht ausführen lassen. Es ist das um so mehr zu bedauern, als die geplante photographische Methode inzwischen von Herrn Dr. Helmuth König¹⁾ mit bestem Erfolg in Neubrandenburg fortgesetzt ist.

¹⁾ Helmuth König: Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg. 61. Jahrg. 1907.

Ein inzwischen in anderer Veranlassung von Herrn Dr. K. Möller¹⁾ angestellter Versuch, mit Hilfe der Selenzelle eine fortlaufende Registrierung zu ermöglichen, hat noch nicht zu einem unmittelbar praktisch verwertbaren Resultate geführt.

Dagegen ist zuletzt noch möglich geworden, den in der vorigen Mitteilung (Band XIII, S. 98) geschilderten Übelständen abzuhelpfen. Auf der höchsten Plattform des Institutes ist nämlich ein besonderes kleines Photometerhäuschen errichtet. Die unbequeme frühere Vorrichtung konnte nach Beendigung von Vergleichsbeobachtungen an beiden Stellen mit dem Ende des Jahres 1908 verlassen werden. Obwohl die folgenden Beobachtungen noch an dem alten Orte gewonnen sind, mag doch schon eine kurze Beschreibung der neuen Einrichtung hier gegeben werden, zumal dieselbe in allen wesentlichen Abmessungen ebenso beschaffen ist, wie die von Herrn Dr. Dorno²⁾ in Davos angewandte.

Das in der untenstehenden Skizze gezeichnete Holzhäuschen ist 1,60 m lang, 1,03 m tief und 2,15 m hoch. Es steht auf Rollen, so daß eine eventuell erwünschte Veränderung des Platzes auf der Plattform oder sogar ein weiterer Transport möglich ist. In der Dachfläche erkennt man den kurzen quadratischen Lichtschacht, welcher oben mit einer mattgeschliffenen, kreisförmigen Milchglasscheibe von 25 cm Durchmesser abgeschlossen ist. Ein in der Figur nicht gezeichneter Deckel wird nach beendeter Beobachtung zum Schutze gegen Regen und Staub über den Lichtschacht geklappt. Das Photometer kann in der aus der Figur leicht erkenntlichen Weise nunmehr so nahe an die Milchglasscheibe herangebracht werden, daß deren Größe erheblich gegen früher eingeschränkt werden konnte



¹⁾ Karl Möller: Über eine Verwendung der Selenzelle zur Tageslichtmessung. Diss. Kiel. 1909.

²⁾ Vgl. oben S. 276.

und eine ängstlich genaue Kontrolle des Abstandes zwischen Milchglasplatte und Photometer nicht mehr erforderlich ist. Da das ganze Häuschen und die Eingangstür desselben lichtdicht gemacht werden können, so entstehen keine Fehlerquellen aus etwaigem diffusen Lichte, und das Auge des Beobachters wird in kurzer Zeit für die Einstellung adaptiert. Zur Ablesung kann Licht aus einem verhängten Fenster durch Fortziehen des Vorhanges geholt werden. Die Außenwände sind mit Dachpappe abgedichtet, so daß störende Zugluft ausgeschlossen ist.

Die größere Nähe des Photometers unter der Mattscheibe hat es nun auch ferner ermöglicht, die Abschwächung des Tageslichtes im Photometer selbst nicht bloß durch Vermehrung der eingeschobenen Milchglasplatten, sondern auch durch gleichzeitige Anwendung von Blenden zu bewirken, welche als oberster Abschluß des in der Zeichnung erkennbaren sog. Abblendungstubus des Photometers eingesetzt werden können. Die Konstanten des Apparates werden nunmehr sowohl durch die Übergänge von n auf $n + 1$ Platten als auch durch die Übergänge von einer größeren Blende auf die nächst kleinere bestimmt.

Durch diese neuen Einrichtungen ist die Bequemlichkeit und in gewissem Sinne auch die Sicherheit der Messungen nicht unerheblich gefördert.

Nach dem Fortgange Dr. Kählers 1906 sind die regelmäßigen Beobachtungen von Herrn Dr. H. Borchardt übernommen.

Die folgende Tabelle I enthält die Monatsübersichten, während in Tabelle II die an den einzelnen Tagen beobachteten Äquivalenzwerte mitgeteilt sind.

Eine eingehendere Erörterung der in den Mittelwerten der Ortshelligkeit auftretenden Periodizitäten und ihre Vergleichung mit anderen meteorologischen Elementen muß noch vorbehalten bleiben.

Tabelle I.

Monatsübersichten der mittäglichen Ortshelligkeit
in Kiel 1905—1908 in 1000 Meterkerzen.

Januar.

Jahr	Monatsmittel					Maximum		Minimum	
	Rot h _r	Grün h _g	h _g /h _r	k	Äquiv- Wert	Tag	Äquiv- Wert	Tag	Äquiv- Wert
1905	5.5	15.1	2.86	1.98	10.7	26.	20.0	3.	1.3
1906	3.4	10.0	2.98	2.02	7.0	30.	16.9	5.	1.3
1907	5.3	15.1	2.89	1.99	10.5	23.	21.3	9.	2.1
1908	2.4	11.6	3.05	2.10	7.9	28.	24.8	8.	2.1
Mittel 1905—1908	4.2	13.0	2.95	2.02	9.1		20.8		1.7
Normale			3.38	2.13	9.7	Mittl. Absol.	24.6 33.6	Mittl. Absol.	1.9 0.7

Februar.

1905	6.8	18.4	2.91	2.00	13.0	21.	32.0	17.	1.5
1906	6.6	18.5	2.82	1.97	12.6	24.	30.9	1.	1.8
1907	8.8	25.3	2.90	1.99	17.5	28.	38.7	14.	4.0
1908	8.5	23.5	2.89	1.99	16.3	24.	38.9	18.	3.4
Mittel 1905—1908	7.7	21.4	2.88	1.99	14.9		35.1		2.7
Normale			3.37	2.13	18.9	Mittl. Absol.	49.6 90.6	Mittl. Absol.	3.4 0.7

März.

1905	12.6	35.6	2.88	1.98	24.7	24.	63.6	9.	2.7
1906	13.5	38.5	2.86	1.98	26.6	30.	56.0	8.	2.9
1907	11.9	33.5	2.81	1.92	23.4	23.	55.5	8.	4.9
1908	12.8	33.0	2.91	1.99	25.4	27.	54.7	12.	4.5
Mittel 1905—1908	12.7	32.7	2.87	1.97	25.0		57.5		3.8
Normale			3.39	2.11	31.8	Mittl. Absol.	72.1 98.3	Mittl. Absol.	6.1 2.7

April.

Jahr	Monatsmittel					Maximum		Minimum	
	Rot h _r	Grün h _g	h _g /h _r	k	Äquiv.- Wert	Tag	Äquiv.- Wert	Tag	Äquiv.- Wert
1905	14.2	40.5	2.85	1.97	28.2	27.	71.9	18.	7.1
1906	23.1	64.8	2.82	1.97	45.5	24.	79.5	19.	6.6
1907	21.1	58.0	2.76	1.94	40.5	27.	87.2	23.	12.2
1908	18.0	51.1	2.89	1.98	35.7	25.	64.6	4.	6.6
Mittel 1905—1908	19.1	53.6	2.83	1.77	37.5		75.8		8.1
Normale			3.19	2.08	46.8	Mittl. Absol.	104.0 165.1	Mittl. Absol.	8.7 4.4

Mai.

1905	29.5	83.0	2.81	1.96	57.9	31.	97.7	22.	9.2
1906	26.7	76.2	2.82	1.97	52.7	15.	95.6	30.	4.9
1907	29.7	73.5	2.72	1.93	52.7	13.	88.9	21.	12.0
1908	18.3	52.2	2.89	1.98	36.0	19.	77.3	2.	3.9
Mittel 1905—1908	26.1	71.2	2.81	1.96	49.8		89.9		7.5
Normale			3.17	2.07	59.1	Mittl. Absol.	110.9 137.4	Mittl. Absol.	9.7 2.1

Juni.

1905	42.5	120.3	2.83	1.97	81.5	19.	116.4	6.	24.6
1906	33.6	94.4	2.81	1.97	66.0	30.	112.5	25.	6.5
1907	22.7	61.3	2.70	1.94	43.3	14.	94.9	20.	8.1
1908	34.2	93.0	2.78	1.94	65.7	25.	97.5	19.	14.5
Mittel 1905—1908	33.3	92.3	2.78	1.96	64.1		105.3		13.4
Normale			3.27	2.11	66.1	Mittl. Absol.	130.3 193.9	Mittl. Absol.	11.5 6.0

Juli.

1905	29.8	83.7	2.81	1.96	57.8	1.	123.4	18.	17.4
1906	30.4	87.0	2.86	1.98	60.1	24.	111.0	12.	8.4
1907	31.2	79.0	2.66	1.90	47.6	11.	141.6	6.	8.0
1908	25.3	81.3	2.79	1.95	57.3	21.	98.0	17.	20.8
Mittel 1905—1908	29.2	82.8	2.78	1.95	55.7		118.5		13.7
Normale			3.24	2.09	59.9	Mittl. Absol.	112.4 154.3	Mittl. Absol.	10.6 3.4

August.

Jahr	Monatsmittel					Maximum		Minimum	
	Rot h _r	Grün h _g	h _g /h _r	k	Äquiv.- Wert	Tag	Äquiv.- Wert	Tag	Äquiv.- Wert
1905	26.4	73.3	2.77	1.95	51.3	31.	89.1	23.	13.7
1906	27.2	77.3	2.89	1.99	54.2	7.	116.8	22.	8.5
1907	21.5	60.7	2.80	1.95	41.1	26.	89.3	9.	13.6
1908	20.6	59.6	2.76	1.99	40.6	28.	93.0	27.	12.7
Mittel 1905—1908	23.9	67.7	2.81	1.97	46.8		97.1		12.1
Normale			3.21	2.07	50.7	Mittl. Absol.	106.0 138.3	Mittl. Absol.	7.2 3.3

September.

1905	19.0	51.9	2.79	1.96	36.4	7.	82.6	28.	7.8
1906	20.3	66.5	2.87	1.98	43.7	7.	93.2	17.	7.7
1907	23.9	59.6	3.05	2.03	41.0	6.	103.0	10.	11.6
1908	31.4	88.6	2.83	1.96	61.7	4.	146.8	6.	27.6
Mittel 1905—1908	23.7	66.7	2.89	1.98	45.7		106.4		13.7
Normale			3.16	2.07	41.8	Mittl. Absol.	82.2 97.5	Mittl. Absol.	8.9 2.2

Oktober.

1905	10.0	27.8	2.79	1.96	19.4	3.	54.8	5.	1.9
1906	11.0	30.7	2.82	1.96	21.5	10.	45.2	13.	6.3
1907	14.2	42.2	2.95	2.00	27.2	11.	52.2	31.	8.1
1908	14.4	46.1	2.73	1.93	33.2	2.	77.7	14.	8.8
Mittel 1905—1908	12.4	36.7	2.82	1.96	25.3		57.5		6.3
Normale			3.63	2.29	24.1	Mittl. Absol.	63.8 153.9	Mittl. Absol.	3.6 1.5

November.

1905	5.0	14.4	2.86	1.98	10.0	2.	25.2	3.	2.5
1906	4.8	13.9	2.93	2.00	9.4	10.	27.7	17.	1.4
1907	7.3	21.5	2.94	2.00	10.7	5.	27.3	23.	3.2
1908	8.6	23.8	2.79	1.95	16.7	7.	35.2	17.	3.1
Mittel 1905—1908	6.4	18.4	2.88	1.98	11.7		28.9		2.6
Normale			3.28	2.10	11.8	Mittl. Absol.	32.0 45.3	Mittl. Absol.	2.2- 1.3

Dezember.

Jahr	Monatsmittel					Maximum		Minimum	
	Rot h _r	Grün h _g	h _g /h _r	k	Äquiv.- Wert	Tag	Äquiv.- Wert	Tag	Äquiv.- Wert
1905	2.4	7.1	2.99	2.01	6.4	27.	14.0	28.	0.9
1906	3.5	10.3	2.99	2.02	7.1	8.	15.9	13.	1.5
1907	2.4	7.1	2.99	2.02	4.8	6.	11.1	16.	1.3
1908	4.6	11.0	2.54	1.84	8.6	2.	17.5	21.	1.4
Mittel 1905—1908	3.2	8.9	2.78	1.97	6.7		14.6		1.3
Normale			3.42	2.15	6.9	Mittl. Absol.	17.7 22.3	Mittl. Absol.	1.5 0.7

Jahr.

Jahr	Jahresmittel					Maximum		Minimum	
	Rot h _r	Grün h _g	h _g /h _r	k	Äquiv.- Wert	Tag	Äquiv.- Wert	Tag	Äquiv.- Wert
1905	17.0	47.6	2.85	1.98	33.0	1/VII	123.4	3/I	1.3
1906	17.0	49.0	2.87	1.98	33.9	7/VIII	116.8	5/I	1.3
1907	19.2	44.7	2.85	1.97	30.0	11/VII	141.6	16/XII	1.3
1908	16.6	47.9	2.82	1.97	33.8	4/IX	146.8	21/XII	1.4
Mittel 1905—1908	17.5	47.3	2.85	1.98	32.7		132.2		1.3
Normale			3.29	2.10	36.0	Mittl. Absol.	138.4 193.9	Mittl. Absol.	1.3 0.7

Tabelle II.

Äquivalenzwerte der mittäglichen Ortshelligkeit
an den einzelnen Tagen 1905—1908 in 1000 Meterkerzen.

Januar.

Tag	1905	1906	1907	1908	Tag	1905	1906	1907	1908
1.	—	—	—	—	10.	15.0	4.8	3.4	—
2.	7.1	11.5	11.9	—	11.	1.5	16.5	8.4	10.5
3.	1.3	12.0	14.4	8.3	12.	8.5	1.4	2.3	—
4.	9.8	4.8	14.4	—	13.	7.9	2.5	—	9.3
5.	2.4	1.3	14.4	—	14.	17.3	—	3.2	11.2
6.	7.5	2.3	—	—	15.	18.5	16.3	16.6	3.8
7.	13.3	—	17.3	2.9	16.	—	5.1	3.5	4.4
8.	—	4.7	10.4	2.1	17.	18.1	7.5	6.5	4.7
9.	3.0	4.9	2.1	4.6	18.	13.0	7.8	4.8	—

Januar.

Tag	1905	1906	1907	1908	Tag	1905	1906	1907	1908
19.	12.1	3.8	7.3	—	26.	20.0	7.3	17.7	—
20.	18.5	5.3	—	3.5	27.	5.5	2.2	—	3.6
21.	11.7	—	13.0	11.6	28.	3.4	—	20.9	24.8
22.	—	6.6	19.1	—	29.	—	2.0	8.3	19.4
23.	18.1	5.2	21.3	3.1	30.	15.0	16.9	3.0	8.2
24.	16.0	15.7	15.6	3.9	31.	11.2	7.0	7.9	8.4
25.	1.4	5.5	5.1	2.9					

Februar.

1.	6.0	1.8	8.4	26.3	16.	5.2	30.2	11.2	—
2.	8.5	3.2	8.2	—	17.	1.5	6.7	—	10.5
3.	18.0	8.7	—	22.4	18.	9.4	—	17.9	3.6
4.	4.0	—	7.1	4.1	19.	—	6.3	9.7	16.1
5.	—	3.4	9.4	20.5	20.	30.1	6.6	—	7.9
6.	3.5	4.2	16.6	19.2	21.	32.0	15.8	15.1	6.6
7.	24.7	8.8	22.1	11.4	22.	12.0	13.7	26.6	16.1
8.	24.8	4.7	26.5	10.1	23.	11.0	3.8	26.6	—
9.	21.8	23.3	11.3	—	24.	4.6	30.9	—	38.9
10.	3.3	13.1	—	13.1	25.	9.7	—	32.3	25.5
11.	31.6	—	21.4	3.7	26.	—	10.9	7.9	17.3
12.	—	17.5	8.2	6.1	27.	10.1	24.4	32.3	11.7
13.	21.5	16.9	15.2	18.9	28.	7.3	21.5	38.7	24.1
14.	5.9	22.3	4.0	22.5	29.	×	×	×	36.1
15.	5.2	2.7	26.5	14.7					

März.

1.	12.7	42.0	10.5	—	17.	23.9	5.4	—	42.7
2.	15.3	17.1	9.4	31.4	18.	40.7	—	8.8	28.2
3.	6.6	41.6	—	30.5	19.	—	15.6	17.8	19.0
4.	9.1	—	38.9	18.2	20.	25.1	31.5	33.8	8.5
5.	—	43.1	38.9	8.1	21.	58.5	14.0	54.9	38.1
6.	8.0	7.1	7.7	10.2	22.	54.5	17.1	14.8	53.8
7.	8.2	17.8	12.2	34.0	23.	56.7	22.8	55.5	—
8.	6.2	2.9	4.9	—	24.	63.6	10.5	—	20.9
9.	2.7	5.6	23.4	10.6	25.	16.7	—	34.2	49.1
10.	42.7	52.1	—	10.0	26.	—	12.6	—	52.3
11.	5.0	—	14.0	5.2	27.	8.9	54.2	41.5	54.7
12.	—	10.9	34.9	4.5	28.	17.8	45.2	—	44.7
13.	13.1	45.9	5.2	16.0	29.	26.7	53.6	—	—
14.	19.6	51.1	15.4	6.7	30.	19.7	56.0	—	10.3
15.	46.6	7.2	29.5	—	31.	10.2	20.0	—	15.0
16.	50.1	15.9	8.7	38.7					

April.

Tag	1905	1906	1907	1908	Tag	1905	1906	1907	1908
1.	62.9	—	—	59.8	16.	—	—	16.4	—
2.	—	54.6	47.7	22.6	17.	20.4	66.1	24.7	—
3.	21.8	56.5	58.2	14.7	18.	7.1	9.1	42.8	6.8
4.	34.7	56.6	56.7	6.6	19.	12.9	6.6	39.0	—
5.	15.7	58.5	30.1	—	20.	11.4	28.8	58.8	—
6.	21.0	55.1	57.2	20.1	21.	36.8	23.8	—	18.3
7.	44.2	28.0	—	57.0	22.	65.5	—	21.0	—
8.	25.6	45.0	24.2	—	23.	—	24.4	12.2	—
9.	—	—	67.5	13.8	24.	10.1	79.5	31.4	60.0
10.	57.1	52.1	56.4	15.3	25.	16.8	66.8	27.0	64.6
11.	14.8	61.1	64.8	56.0	26.	25.3	16.8	26.5	—
12.	7.9	61.7	41.3	—	27.	71.9	58.5	87.2	51.4
13.	12.2	—	45.9	56.2	28.	41.2	65.2	—	59.8
14.	11.7	12.9	—	9.6	29.	27.2	—	18.0	16.8
15.	28.2	—	41.7	57.0	30.	—	18.5	16.6	47.0

Mai.

1.	21.5	36.4	44.7	32.6	17.	87.8	51.3	38.2	—
2.	14.2	16.9	37.8	3.9	18.	95.1	20.6	24.9	57.6
3.	18.6	77.5	84.2	—	19.	—	76.0	—	75.3
4.	75.2	75.5	13.2	24.9	20.	84.3	—	—	19.7
5.	76.6	35.2	—	23.5	21.	—	31.1	12.0	66.5
6.	52.1	—	40.0	27.3	22.	9.2	70.4	—	16.5
7.	—	80.5	76.3	7.1	23.	44.5	77.3	69.7	23.9
8.	15.6	78.9	84.5	24.2	24.	16.7	—	72.3	32.6
9.	30.0	80.5	—	28.0	25.	90.0	8.5	77.2	—
10.	40.1	44.3	68.9	—	26.	25.5	78.1	—	42.7
11.	67.3	38.2	88.9	77.3	27.	92.6	—	71.8	71.9
12.	35.2	—	—	26.5	28.	—	32.2	74.5	—
13.	53.7	—	72.3	10.9	29.	92.3	65.2	70.3	71.9
14.	—	76.0	16.0	15.4	30.	97.1	4.9	25.6	72.6
15.	85.9	95.6	55.5	13.3	31.	97.7	50.0	28.7	—
16.	86.9	16.5	17.0	35.0					

Juni.

1.	87.9	18.8	16.6	77.2	16.	87.7	94.7	—	72.9
2.	—	18.8	—	69.1	17.	103.4	—	24.2	87.7
3.	33.7	—	26.0	64.3	18.	—	84.1	47.0	40.3
4.	—	—	55.3	80.6	19.	116.4	90.2	10.4	14.5
5.	105.2	—	64.8	20.0	20.	108.6	80.2	8.1	62.7
6.	24.6	—	44.1	—	21.	112.8	54.0	28.5	—
7.	112.7	—	28.8	—	22.	32.6	74.4	38.9	83.1
8.	55.3	—	70.3	—	23.	78.5	51.8	—	87.7
9.	87.9	—	—	17.8	24.	44.8	—	34.0	83.0
10.	99.6	—	84.0	29.2	25.	—	6.5	37.6	97.5
11.	—	—	—	79.3	26.	97.6	70.5	40.0	—
12.	—	—	90.5	51.9	27.	98.2	73.7	17.9	79.4
13.	—	93.3	44.9	74.1	28.	33.7	48.0	84.0	—
14.	71.8	82.6	94.9	—	29.	103.8	24.4	24.3	81.2
15.	85.3	100.7	24.5	84.5	30.	91.3	112.5	—	72.1

Juli.

Tag	1905	1906	1907	1908	Tag	1905	1906	1907	1908
1.	123.4	—	19.1	79.4	17.	30.4	86.8	37.1	20.8
2.	—	79.4	75.7	76.0	18.	17.4	76.9	77.4	—
3.	78.3	44.7	17.6	27.5	19.	18.2	50.6	—	—
4.	27.7	18.2	114.6	—	20.	91.3	8.9	66.7	81.2
5.	18.2	—	8.0	—	21.	26.5	49.2	—	98.0
6.	19.1	85.0	87.1	45.8	22.	90.4	—	53.8	72.3
7.	18.4	8.8	—	39.8	23.	—	69.4	24.6	83.1
8.	102.3	—	99.5	24.3	24.	31.4	111.0	80.4	88.3
9.	—	48.8	12.7	23.8	25.	18.3	65.6	30.8	91.4
10.	45.7	98.0	18.7	21.1	26.	87.5	99.0	38.2	—
11.	21.6	86.3	141.6	27.6	27.	56.5	25.8	60.5	98.0
12.	86.0	8.4	8.4	—	28.	68.5	25.8	—	—
13.	94.2	25.5	—	91.5	29.	100.6	—	43.7	61.3
14.	42.0	75.0	—	38.3	30.	—	110.4	29.3	—
15.	94.2	—	91.7	31.4	31.	94.0	97.5	—	78.9
16.	—	48.2	106.2	19.1					

August.

1.	22.9	48.6	31.1	39.4	17.	82.5	88.3	40.3	41.3
2.	60.9	86.7	62.5	—	18.	40.0	88.3	—	65.8
3.	57.3	29.1	39.4	—	19.	88.1	—	71.4	36.3
4.	82.6	46.4	—	31.5	20.	—	78.5	89.0	—
5.	27.9	—	42.6	64.6	21.	82.6	88.6	32.5	—
6.	—	46.4	27.7	29.8	22.	45.3	8.5	37.4	55.5
7.	45.9	116.8	45.6	87.4	23.	13.7	19.7	17.0	—
8.	66.3	19.1	—	28.2	24.	46.3	56.2	—	19.2
9.	59.8	—	13.6	—	25.	48.9	11.7	—	13.9
10.	20.5	23.1	24.6	40.0	26.	52.1	—	89.3	—
11.	23.5	21.1	—	36.7	27.	—	—	48.8	12.7
12.	—	—	20.6	17.4	28.	16.9	77.5	48.8	93.0
13.	—	67.3	33.5	16.4	29.	37.6	29.1	72.6	44.4
14.	24.5	23.1	24.8	27.6	30.	—	86.5	17.5	—
15.	64.5	22.3	19.4	—	31.	89.1	77.5	39.7	50.3
16.	82.6	94.2	57.0	—					

September.

1.	50.7	79.3	—	55.0	16.	38.2	—	26.1	—
2.	17.8	—	47.5	38.3	17.	65.2	7.7	—	38.3
3.	—	87.3	47.3	40.7	18.	62.2	29.7	44.8	72.6
4.	46.8	80.5	59.8	146.8	19.	65.1	24.8	26.0	65.8
5.	32.3	90.8	64.6	80.6	20.	—	46.7	11.3	—
6.	28.9	27.7	52.3	—	21.	65.1	21.2	36.3	52.3
7.	82.6	93.2	—	27.6	22.	15.2	16.2	—	84.5
8.	54.1	18.4	16.3	65.2	23.	21.8	—	19.8	68.9
9.	22.4	—	11.6	77.2	24.	—	50.8	45.6	71.1
10.	—	81.0	38.5	34.1	25.	8.9	50.8	48.7	68.3
11.	16.0	76.3	52.4	—	26.	11.5	32.5	43.2	—
12.	11.7	13.4	52.9	64.0	27.	43.5	19.2	23.2	—
13.	—	9.2	20.8	—	28.	7.8	—	21.4	65.6
14.	—	9.2	—	31.4	29.	52.6	40.0	—	29.3
15.	—	—	68.1	71.1	30.	16.2	—	43.0	70.4

Oktober.

Tag	1905	1906	1907	1908	Tag	1905	1906	1907	1908
1.	—	40.0	41.9	70.0	17.	23.0	18.8	—	15.5
2.	13.1	6.2	40.4	77.7	18.	—	21.9	33.0	—
3.	54.8	7.7	35.8	57.1	19.	16.5	17.3	19.7	52.0
4.	4.4	8.3	31.2	—	20.	28.8	26.8	—	61.0
5.	1.9	36.7	38.7	44.9	21.	4.3	—	29.5	15.5
6.	20.1	23.4	—	46.0	22.	—	17.2	14.3	11.0
7.	16.2	—	12.8	44.3	23.	18.0	6.5	32.6	6.1
8.	—	25.5	15.2	44.1	24.	9.1	6.5	13.7	25.9
9.	16.9	20.3	34.0	44.1	25.	12.0	12.0	29.9	—
10.	45.5	45.5	35.8	43.6	26.	23.1	—	14.6	41.0
11.	35.6	45.5	53.2	—	27.	4.2	6.5	—	19.8
12.	45.3	45.5	—	32.7	28.	13.5	—	—	29.8
13.	13.1	6.3	—	15.5	29.	—	6.5	15.8	19.0
14.	9.0	—	14.7	8.8	30.	8.4	24.9	15.5	14.6
15.	—	33.9	32.9	12.9	31.	10.6	31.2	8.1	29.2
16.	38.7	18.8	40.4	14.0					

November.

1.	10.0	13.2	13.2	—	16.	5.0	5.7	8.5	20.0
2.	25.2	—	19.7	14.7	17.	4.2	1.4	—	3.1
3.	2.5	—	—	26.9	18.	4.6	—	5.0	22.4
4.	21.1	—	27.1	16.4	19.	—	3.5	5.3	22.4
5.	—	20.7	27.3	21.9	20.	7.6	13.4	—	24.3
6.	6.8	10.5	21.8	35.2	21.	14.3	4.3	11.7	14.2
7.	20.1	3.4	20.9	35.2	22.	—	19.1	8.1	—
8.	4.3	3.4	22.6	—	23.	15.4	3.8	3.2	14.0
9.	8.4	2.5	23.2	13.2	24.	15.6	3.8	—	16.8
10.	22.1	27.7	—	23.7	25.	3.5	—	7.8	8.4
11.	5.5	—	21.1	16.0	26.	—	5.9	17.0	5.8
12.	5.2	25.0	8.5	5.8	27.	5.6	2.8	15.6	10.2
13.	—	12.5	3.4	18.1	28.	11.5	10.4	10.1	6.3
14.	7.1	12.5	15.8	—	29.	7.6	1.6	13.1	—
15.	2.5	—	18.4	—	30.	14.2	—	18.4	5.7

Dezember.

1.	2.5	8.2	—	5.7	17.	—	3.0	5.5	13.0
2.	3.5	—	—	17.5	18.	12.2	7.1	6.3	7.4
3.	—	3.5	4.1	2.9	19.	7.6	4.3	3.9	3.4
4.	2.0	3.1	9.1	5.4	20.	6.0	8.5	2.2	—
5.	3.3	8.6	7.8	8.8	21.	3.0	2.9	2.8	7.5
6.	2.6	2.6	11.1	—	22.	2.3	2.9	1.9	—
7.	3.2	15.8	4.1	3.0	23.	1.7	—	—	1.4
8.	6.9	15.9	—	13.9	24.	—	—	—	—
9.	12.7	—	3.4	14.3	25.	—	—	—	—
10.	—	13.2	1.4	7.8	26.	—	—	—	11.6
11.	2.0	15.1	3.6	1.8	27.	3.9	5.1	—	—
12.	10.9	8.1	2.8	2.6	28.	2.9	5.9	2.1	13.4
13.	1.6	1.5	1.6	—	29.	1.7	5.9	—	9.5
14.	1.9	5.3	—	—	30.	8.7	—	9.6	9.8
15.	2.3	9.1	—	15.1	31.	—	—	10.9	14.4
16.	11.1	—	1.3	6.8					

2. Die Tagesbeleuchtung der städtischen Schulen in Kiel.

Unter diesem Titel sind die im Jahre 1907 im Auftrage des Magistrates und mit Unterstützung des Hochbauamtes ausgeführten Untersuchungen der Tageslichtverhältnisse der städtischen Schulen ausführlich in Nr. 9 der Mitteilungen des statistischen Amtes der Stadt Kiel beschrieben¹⁾ und in meinem Vortrage vom 26. Oktober 1908 besprochen. Auszugsweise mag hierüber das Folgende mitgeteilt werden.

Meine ersten, zusammen mit dem verstorbenen Breslauer Augenarzte Prof. Herm. Cohn ausgeführten Messungen beschränkten sich auf die Auswertung der sog. Platzhelligkeit, für welche wir die noch heute gebräuchliche Einheit der Meterkerze einführten. Die hierdurch gewonnenen Zahlen ließen zwar die relativen Unterschiede zwischen verschiedenen Plätzen und verschiedenen Zimmern sehr deutlich hervortreten, sie schwankten aber in ihren absoluten Beträgen ganz außerordentlich, da sie von der jeweiligen Helligkeit des Himmels abhängig waren und sich ebenso wie diese in weiten Grenzen von Stunde zu Stunde und von Tag zu Tag änderten. Als dann zur Ergänzung die Größe des von den Tischplätzen aus sichtbaren Himmelsstückes, nach Raumwinkelgraden gemessen, hinzugefügt wurde, ergab sich in erster Annäherung, daß ein Platz mit einem reduzierten (d. h. auf die Tischfläche projizierten) Raumwinkel von 50 Quadratgraden durchschnittlich diejenige Beleuchtungsstärke besitze, welche von H. Cohn als Minimum gefordert wurde, nämlich 25 Meterkerzen. Auf Grund dieser Beziehung ist darauf in der Folgezeit der Raumwinkel vielfach allein als Maßstab des auf den Schulplätzen vorhandenen Tageslichtes benutzt. Da hierbei jedoch das von den Wänden reflektierte Licht und ebenso die Himmelsrichtung der Fenster nicht in Rechnung gezogen wurde, gelang es auch weder durch den Raumwinkel allein, noch auch durch seine Verbindung mit den Platzhelligkeiten einen zugleich einfachen und auf absolutes Maß bezogenen Ausdruck zu finden, durch den die Lichtverhältnisse eines Tischplatzes in wünschenswerter Vollständigkeit gekennzeichnet wären. Es fehlte eben noch die Kenntnis der wechselnden Helligkeit des Himmels selber und ihrer Verteilung nach dem Stande der Sonne. Erst durch fortgesetzte Messungen der Ortshelligkeit und durch relative Messungen der Flächenhelligkeit des Himmels, sowie durch die besonders von

¹⁾ Gesondert im Verlage von Lipsius & Tischer, Kiel 1908.

Herrn Dr. Schramm in Kiel gemachten Messungen des sogenannten Vorderlichtes (Beleuchtungsstärke einer vertikalen Fläche) war die Möglichkeit zu einer weiteren Förderung der Aufgabe gegeben. Weiß man nämlich, wie sich im Laufe des Tages und Jahres durchschnittlich die Helligkeit desjenigen Himmelsstückes ändert, das den Fenstern einer Schulklasse gegenüberliegt, und mißt man dann zugleich mit der Platzhelligkeit auch die in demselben Augenblick vorhandene Helligkeit dieses Himmelsstückes, so wird daraus zu berechnen sein, wie sich die Beleuchtungsstärke des gemessenen Platzes im Laufe des Tages und Jahres im Durchschnitt verschiedener Witterungszustände ändert.

Von diesem grundlegenden Gedanken aus wurde die Untersuchung der 30 Schulhäuser Kiels unternommen. In 141 Klassen wurde die Platzhelligkeit an je 3 Plätzen, dem hellsten, dem in der Mitte der Klasse gelegenen und dem dunkelsten, in Meterkerzen bestimmt und gleichzeitig die Helligkeit des gerade gegenüberliegenden Himmelsstückes nach einer auf dieselbe Lichteinheit der Hefnerkerze bezogenen Einheit gemessen. In den übrigen 379 nicht genauer ausgemessenen Klassen wurden zwecks statistischer Vollständigkeit nur Schätzungen vorgenommen. Diese Schätzungen beruhten indessen keineswegs auf direkter Abschätzung der Helligkeit, sondern es wurde in jeder Klasse die Fensterglasfläche und die Bodenfläche vom Hochbauamt ermittelt, und außerdem wurde eine ganz neue Größenart, die ich als Lichtgüte der Fenster bezeichnet habe, eingeführt. Die Lichtgüte gibt in % an, wie groß der von dem Fenster aus gemessene und auf die Vertikalfläche projizierte Raumwinkel des freien Himmels ist, wenn der entsprechende Raumwinkel bei vollkommen freiem Horizont gleich 100 gesetzt wird. Durch die Lichtgüte wird also der Einfluß der gegenüberliegenden Häuser und Bäume berücksichtigt. Multipliziert man diese Lichtgüte mit dem Verhältnis von Fensterglasfläche zu Bodenfläche, so erhält man eine Zahl P, deren Kenntnis sich im Laufe der Untersuchung als ein sehr brauchbarer Anhaltspunkt für die Abschätzung der Lichtverhältnisse in der Klasse herausgestellt hat. Wenn nämlich von den zahlreichen Fenstern eines Schulhauses einige wenige auf Lichtgüte ausgemessen sind, so können die dazwischenliegenden übrigen Fenster bezüglich ihrer Lichtgüte leicht durch Interpolation abgeschätzt werden, wodurch sich dann bei bekannter Fensterglasfläche und Bodenfläche die Zahl P ergibt. Die Beziehungen von P zu den Platzhelligkeiten der 3 Klassen-

plätze sind aber durch die genauer untersuchten 141 Klassen im Durchschnitt bekannt geworden. Auf diese Weise ist es ermöglicht, für sämtliche 520 Schulklassen anzugeben, wie groß die Platzhelligkeit auf dem besten, dem mittleren und dem schlechtesten Platze sein wird, wenn die Himmelshelligkeit des dieser Klasse gegenüberliegenden Himmels einen bestimmten Wert hat, z. B. den bei dieser Untersuchung als Bezugsgröße angenommenen Normalwert von 10000 sekundären Einheiten¹⁾. Zur Ausmessung der Lichtgüte der Fenster wurden zwei neue Apparate, der Projektionssphärograph und der modifizierte Moritz'sche Raumwinkel-messer konstruiert und von Herrn H. Heustreu in Kiel angefertigt. Ihre genauere Beschreibung²⁾ wird unten gegeben.

Allen diesen Messungen und Schätzungen sind noch Raumwinkelmessungen von den Plätzen der genauer untersuchten 141 Klassen hinzugefügt. Dies wäre, streng genommen, entbehrlich gewesen, schien aber teils als Kontrolle, teils zur Vergleichung mit den zahlreichen Untersuchungen in anderen Städten, wo nur Raumwinkel gemessen wurden, wünschenswert zu sein.

Die tabellarische Berechnung der durchschnittlich, d. h. bei den verschiedensten Witterungs- und Wolkenverhältnissen in Kiel zu erwartenden Himmelshelligkeit ist auf Grund der Schramm'schen Zahlen für 16 Himmelsrichtungen, 3 Tageszeiten (9, 12, 3 Uhr) und 12 Monate durchgeführt, worüber Näheres in der unten folgenden Abhandlung von H. Borchardt angegeben wird.

Die Resultate der gesamten Untersuchungen sind:

I. Genauer ausgemessene Klassen (141). Die in jeder Klasse ausgewählten 3 typischen Tischplätze, nämlich 1. hellster Platz (zirka 1 m vom Fenster), 2. Platz in der Diagonalmittle der Bänke (zirka 3 m vom Fenster), 3. dunkelster Platz (zirka 5 m vom Fenster) ergaben Platzhelligkeiten, reduziert auf eine Himmelshelligkeit von 10000 sek. E., zwischen 1955 und 115 Meterkerzen für den ersten Platz, zwischen 769 und 23 für den zweiten Platz und zwischen 336 und 8 für den dritten Platz.

Auffällig gering zeigt sich die Helligkeit am zweiten und dritten Platz im Verhältnis zum ersten. In Prozenten derjenigen

¹⁾ Diese sekundäre Einheit der Flächenhelligkeit ist so definiert, daß bei völlig homogenem grauen Himmel die Flächenhelligkeit desselben und die Orthshelligkeit durch dieselbe Zahl angegeben werden.

²⁾ Vergl. auch L. Weber: Beschreibung von zwei neuen Raumwinkelmessern. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 28, S. 129—136. 1908.

des hellsten Platzes beträgt sie im Durchschnitt nur zirka 30 bzw. 11 %.

Aus den Durchschnittsberechnungen der Platzhelligkeit im Vergleich mit dem Raumwinkel und der Zahl P haben sich ganz bestimmte, durchschnittlich gültige Beziehungen zwischen diesen Größen herleiten und in Kurven zur Darstellung bringen lassen, dergestalt, daß man für jeden gegebenen Wert von P den zugehörigen Wert des Raumwinkels und der Platzhelligkeit an den drei Platzarten ablesen kann.

So ergibt sich für die am häufigsten vorkommenden Werte von P zwischen 5 und 10 ein proportionales Anwachsen des Raumwinkels an allen drei Platzarten und ebenso ein gleiches Anwachsen der Platzhelligkeit. Wenn man ferner die Verhältniszahlen der Platzhelligkeit am zweiten und dritten Platz in bezug auf den ersten als Funktionen von P darstellt, so zeigt sich mit zunehmendem P eine zuerst schnellere, dann langsame und von $P = 10$ an zuletzt wieder schnellere Zunahme jener Verhältniszahlen.

Aus der Zahl P lassen sich daher auf Grund der hier konstruierten Kurven mit einer befriedigenden durchschnittlichen Genauigkeit die wesentlichsten Daten für die Lichtverhältnisse eines Klassenzimmers der hier untersuchten Art entnehmen.

II. Gesamtstatistik der gemessenen und der bloß abgeschätzten Klassen (520). Die Gruppierung der Klassen nach Güteverhältnissen ist nach verschiedenen Maßstäben durchgeführt.

Teilt man nach Werten der Zahl P ein, so finden sich 171 Klassen mit $P > 10$ (korrigiert¹⁾ 9.2), 304 Klassen zwischen 5 und 10 (korrigiert 4.2 und 9.2) und 45 Klassen mit $P < 5$. Den Stufengrenzen $P = 10$ und $P = 5$ entsprechen Platzhelligkeiten von zirka 250 und 150 Meterkerzen am zweiten Platz und zirka 100 und 50 Meterkerzen am dritten Platz.

Die Einteilung nach Werten des Raumwinkels gibt 297 Klassen, in denen alle drei Plätze mehr als 50 Quadratgrad Himmelslicht haben, 208 Klassen, in denen der dritte Platz dieser Forderung nicht mehr genügt und 15 Klassen, in denen auch der zweite Platz darunter bleibt.

Teilt man nach der Platzhelligkeit des zweiten Platzes ein, so haben 289 Klassen einen Wert zwischen 150 und 250 Meterkerzen

¹⁾ Diese Korrekturen beziehen sich auf den erst zum Schlusse der Beobachtungen angebrachten Einfluß der vor die Fensterfläche vorspringenden Mauern (vgl. Anhang A).

(reduziert auf Himmelshelligkeit 10000), 186 Klassen höhere, 45 Klassen niedrigere Werte.

Die Gruppierung nach den Platzhelligkeiten des dritten Platzes gibt 124 Klassen mit mehr als 100 Meterkerzen, 340 mit Werten zwischen 50 und 100, 52 mit solchen zwischen 20 und 50 und 4 Klassen mit Werten unter 20 Meterkerzen.

Die Beantwortung der Frage, welche und wie viele Klassen als ungenügend beleuchtet anzusehen sind, hängt von den Anforderungen der Hygiene, von den örtlichen meteorologischen Verhältnissen und von schultechnischen Erwägungen ab, welche die Zeit des Unterrichts und die Hinzunahme künstlicher Beleuchtung betreffen.

Ferner wird zu unterscheiden sein, ob man das geforderte Minimum des Lichtes auch auf trübe, besonders dunkle Tage ausdehnt, oder ob man dasselbe auf das Durchschnittswetter, beispielsweise des dunkelsten Monats Dezember, beschränkt. Im ersteren Falle hat man mit einem Rückgang der Himmelshelligkeit bis auf 2000 oder 1000 Einheiten zu rechnen. Die auf 10000 reduzierten Platzhelligkeiten würden dann also auf den fünften bezw. zehnten Teil zurückgehen. Im zweiten Falle, einer Anpassung an monatliche Durchschnittswerte, müßte man, um nicht die Hälfte aller Tage unter dem Minimalwert zu haben, die Cohn'sche Forderung von 25 Meterkerzen auf mindestens 30 erhöhen.

Bezeichnet man hiernach diejenigen Klassen als ungenügend beleuchtet, bei denen ein Tischplatz im Durchschnitt des Dezember, 12 Uhr mittags, weniger als 30 Meterkerzen Platzhelligkeit hat, so befinden sich unter den 520 Klassen nur 25, bei denen diese Forderung nicht erfüllt ist. Eine Abhilfe läßt sich durch Wegnahme von Bäumen, durch weißen Anstrich gegenüberliegender Häuser und durch helleren Anstrich der Klassenwände bewirken, sofern nicht zu einer Vergrößerung der Fenster geschritten wird.

Anhang A. Über zwei neue Raumwinkelmesser.

Es mögen hier noch einige Angaben Platz finden über die im obigen erwähnten beiden neuen Raumwinkelmesser, nämlich den Projektionssphärographen und den modifizierten Moritz'schen Raumwinkelmesser. Beide Apparate dienen der gleichen Aufgabe, für eine durch den Himmel beleuchtete Ebene den Raumwinkel des sichtbaren Himmelstückes unter gehöriger Reduktion wegen des Einfallswinkels zu messen,

oder, in mathematischer Formulierung, das Integral $\int \cos i \, d\omega$ durch graphische Konstruktion zu ermitteln. Hierin ist $d\omega$ der von der beleuchteten Ebene aus gesehene Raumwinkel eines unendlich kleinen Flächenstückes und i der Winkel, welchen der entsprechende Lichtstrahl mit der Normale der beleuchteten Ebene bildet. Ist diese Ebene die Tischfläche, so ist der Moritz'sche Raumwinkel-messer in Anwendung zu bringen. Ist sie dagegen die Fensterfläche, so ist freilich auch derselbe Apparat in seiner neuen Montierung benutzbar, bequemer aber ist der nur für diesen Fall besonders konstruierte Projektionssphärograph.

Zur geometrischen Erläuterung der Theorie dieses letztgenannten Apparates diene Fig. 1. G sei ein perspektivisch gezeichnetes Stück der Fensterfläche, F sei ein beliebig begrenztes kleines Stück der Himmelsfläche. Von dem Punkte O der Fensterfläche aus konstruiere man den räumlichen Winkel $d\omega$. Um den Punkt O

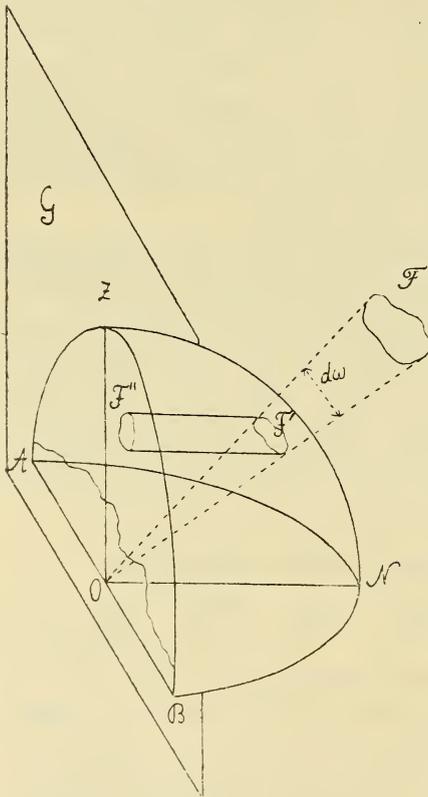


Fig. 1.

als Mittelpunkt beschreibe man eine Kugelfläche. In der Figur ist ein Viertel derselben gezeichnet. Der Winkel $d\omega$ schneidet aus ihr die Fläche F' heraus. Wird der Radius gleich eins gesetzt, so ist $F' = d\omega$. Nun projiziere man F' auf den in der Fensterfläche G liegenden Mittelpunktsschnitt $AZBO$ der Kugel. Die so entstehende Projektionsfläche sei F'' . Dann ist, wenn i den Winkel zwischen $d\omega$ und der Fensternormale ON bedeutet, $F'' = \cos i \cdot d\omega$. Summiert man über das ganze von O aus sichtbare Himmelsstück, so erhält man einerseits das $\int \cos i \, d\omega$ und andererseits die Summe der Flächenstücke F'' . Diese letztere würde im Falle eines völlig freien Horizontes offenbar genau die Halbkreisfläche $OAZB$ ergeben, während im Falle eines von Häusern oder Bäumen teilweise ver-

deckten Himmels nur ein kleineres Stück der Fläche $OAZB$, wie es durch die gewellte Linie in der Figur begrenzt wird, entstehen würde. Das prozentische Verhältnis dieses Teiles der Fläche $OAZB$ zu der ganzen Fläche ist nun als Lichtgüte der

Fensterfläche definiert. $L = \frac{\Sigma F''}{\pi/2} \cdot 100$. Wählt man den Kugel-

radius so, daß die Halbkreisfläche = 50 qcm wird und mißt man den dem freien Himmel entsprechenden Teil der Fläche $OAZB$ nach

Quadratcentimeter aus, etwa = n qcm, so wird $L = \frac{n}{50} \cdot 100 = 2n$.

Hiernach wird die Wirkungsweise des in Fig. 2 dargestellten Apparates verständlich sein. Auf einem kleinen, mit 4 Beinen versehenen Tischchen t ist eine Halbkugel h aus gewöhnlichem Glase befestigt, deren Außen-

fläche matt geschliffen ist. Der Kugelradius ist 5,64 cm. Dann ist die halbe Grundfläche gleich 50 qcm. Konzentrisch zur Mattkugel ist eine durchsichtige kleinere, mit Wasser gefüllte Vollkugel k angebracht. Der Radius derselben ist so bemessen, daß der Brennpunkt auf die mattierte Kugelfläche h fällt.

Stellt man nun dieses

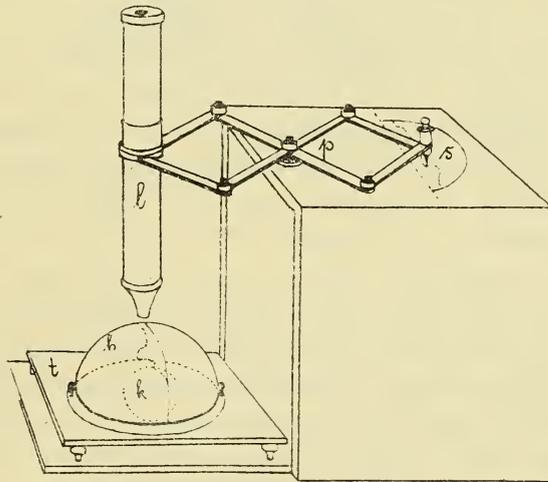


Fig. 2.

Tischchen mit seinen Beinen vom Zimmer aus gegen das Fensterglas, so entsteht ein hinreichend scharfes Bild des freien Himmels auf der Mattkugel. Die Grenzlinie ist im Falle eines völlig freien Himmels ein größter, über die Mattfläche sich erstreckender Kreis, entsprechend dem freien Horizonte. Im Fall gegenüberliegender Häuser erhält diese Grenzlinie etwa die in Fig. 2 punktiert gezeichnete Form. Diese Linie wird nun mit Bleistift nachgezogen, was in 1—2 Minuten zu machen ist. Nunmehr wird das Tischchen so, wie in Fig. 2 dargestellt ist, unter eine um p drehbare, storchschnabelähnliche

Zeichenvorrichtung gebracht. Man führt die mit Fadenkreuz versehene Distanzlupe l parallel mit sich längs jener Grenzlinie und erhält durch Zeichnung des auf der anderen Seite des Storchschnabels befindlichen Stiftes s ein der Halbkreisfläche $OAZB$ in Fig. 1 und der auf ihr befindlichen Grenzlinie des Himmels entsprechendes Bild. Diese Nachzeichnung erfordert eine geringe Einübung, ist aber dann auch leicht in wenigen Minuten erledigt. Die Ausmessung der n qcm erfolgt entweder mit Hilfe von Millimeterpapier oder mittelst Planimeters.

Bei diesem Verfahren zur Aufsuchung der Lichtgüte einer Fensterwand entsteht nur eine größere Schwierigkeit durch die vor die Fensterfläche vorspringenden Außenmauern. Den verdunkelnden Einfluß derselben in gleicher Weise graphisch zu ermitteln, würde nicht ohne weiteres möglich sein, weil die entstehenden Figuren von Punkt zu Punkt der Fensterfläche variabel sind. Es hat sich daher als zweckmäßig herausgestellt, die vorspringenden Mauern bei der Handhabung des Projektionssphärographen ganz außer acht zu lassen und den Einfluß derselben auf die Lichtgüte des Fensters lediglich rechnermäßig in Ansatz zu bringen. Wie dies auf Grund der Dimensionen der Vorsprünge möglich ist, habe ich in der eingangs zitierten Abhandlung über die Tagesbeleuchtung der städtischen Schulen S. 12 dargelegt und die erforderlichen Formeln mitgeteilt.

Während nun die Aufsuchung der Lichtgüte mittelst des Sphärographen eine zweifache Nachzeichnung der Grenzlinien verlangt, einmal auf der matten Kugel und sodann die abermalige Nachzeichnung mit dem Pantographen, läßt sich derselbe Zweck auch mittelst des modifizierten Moritz'schen Raumwinkelmessers mit einer einzigen Zeichnung erreichen. Die Montierung dieses Apparates, wie sie in Fig. 3 gezeichnet ist, braucht dann nur ein wenig geändert zu werden. Abgesehen von dem prinzipiellen Vorteil einer nur einmal erforderlichen Nachzeichnung der Himmelskonturen hat sich aber der oben beschriebene Sphärograph als wesentlich bequemer erwiesen. Ich beschränke mich daher an dieser Stelle darauf, wegen der eventuellen Benutzung des Moritz'schen Raumwinkelmessers zur Bestimmung der Fensterlichtgüte auf meine oben zitierte Mitteilung in der Zeitschrift für Instrumentenkunde zu verweisen. Dagegen mag dieser Apparat hier in derjenigen Montierung beschrieben werden, welche zur Ausmessung des Raumwinkels von Tischflächen aus geeignet ist.

Der Moritz'sche Grundgedanke ist folgender: Denkt man sich einen Leitstrahl vom Tischplatz aus längs der Grenzlinien des von hier sichtbaren Himmels geführt und markiert man einen in konstantem Abstände auf diesem Leitstrahl gelegenen Punkt, so wird die Projektion des letzteren auf die Tischebene eine der Fläche F'' in Fig. 1 entsprechende Figur ergeben, deren Größe ein Maß des Raumwinkels, und zwar des mit Rücksicht auf den Einfallswinkel reduzierten, ergibt.

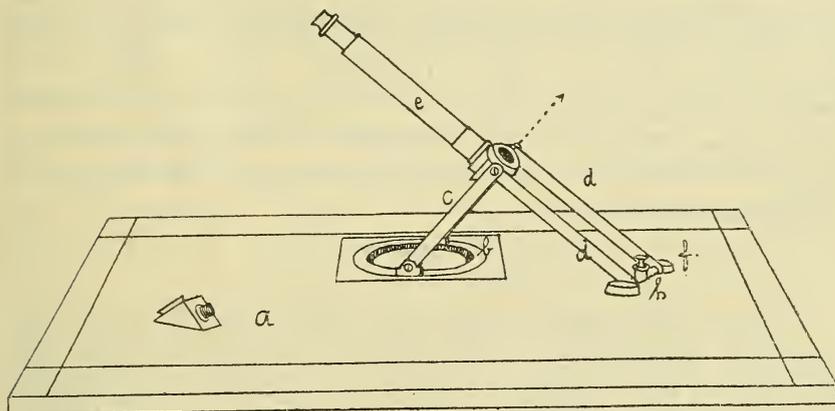


Fig. 3.

Hiernach wird die Wirkungsweise des in Fig. 3 gezeichneten Apparates verständlich sein. Das auf den Tisch gelegte Grundbrett a enthält einen in seiner Ebene drehbaren, gut eingeschliffenen Ring b . An diesem ist das mit Gelenken versehene, gleichschenklige Schienensystem $ccdd$ befestigt. Die Richtung cc ist hierbei dem vorhin genannten Leitstrahl parallel, der seinerseits durch die Sehlinie des Fernrohrs e dargestellt ist, welches mit dem Gestänge cc fest verbunden und durch ein vorgesetztes Reflexionsprisma in der Spitze des Dreiecks ccd geknickt ist. Man sieht also durch das Fernrohr in der Richtung der mit cc parallelen punktierten Linie. Führt man das Fernrohr nun längs der Grenzlinien des freien Himmels, so würde der Fußpunkt eines von der Spitze des gleichschenkligen Dreiecks ccd auf die Grundebene gefällten Lotes eine der Fläche F'' in Fig. 1 entsprechende Figur beschreiben. Eine genau ähnliche, nur im Verhältnis 1 : 2 vergrößerte Figur beschreibt der im Knopfstück f befindliche Zeichenstift h . Die auf der Grundebene so entstehende Figur gibt demnach ein relatives Maß des

$\int \cos i \, d\omega$, oder des sogenannten reduzierten Raumwinkels. Zur Gewinnung eines absoluten Maßes sind die Schienen $c = d = 8,92$ cm lang gemacht. Hieraus ergibt sich, daß der Zeichenstift einen Kreis von 17,84 cm Radius beschreiben würde, wenn sich die Tischfläche unter völlig freiem Himmel befände, also von einer vollen Halbkugel beleuchtet wäre, oder die sog. „vollkommene Beleuchtung“ besäße. Denn in diesem Falle müßte man die Schienen $c c d d$ ganz niedergedrückt, parallel mit der Grundebene längs des Horizontes herumführen, der nun die einzige Begrenzung des Himmels ist. Die so entstehende Kreisfläche ist dann genau 1000 qcm groß. Macht man nun von einem Tischplatze aus im Innern eines Zimmers mit demselben Apparate eine Zeichnung des freien Himmels und ist die entstandene Zeichnungsfigur N qcm groß, so ist der reduzierte Raumwinkel ω in Prozenten des der vollkommenen Beleuchtung entsprechenden

$$\omega = \frac{N}{1000} \cdot 100 = \frac{N}{10} \%.$$

Dieses Maß würde einem Vorschlage Chr. Wieners entsprechend gebildet sein. Will man den reduzierten Raumwinkel in dem von mir eingeführten Maße nach Quadratgraden angeben, so ist zu beachten, daß eine Halbkugel 20626, . . . Quadratgrade enthält, deren Reduktion wegen des Einfallwinkels genau die Hälfte, also 10313, ergibt. Es besteht daher die Proportion

$$N : x = 1000 : 10313$$

$$\text{oder } x = \frac{N \cdot 10313}{1000} = 10,313 N,$$

wenn x die gesuchte Größe des reduzierten Raumwinkels in Quadratgraden und N die in Quadratcentimetern ausgemessene Fläche der gezeichneten Figur ist.

Um den Apparat, wie oben angedeutet, auch zur Ausmessung der Fensterlichtgüte zu benutzen, müßte man das Grundbrett von außen gegen das Fenster legen, was praktisch meist unausführbar wäre. Für solchen Zweck läßt sich der Apparat aber leicht ummontieren, indem man das Reflexionsprisma vom Fernrohr abschraubt, das Fernrohr selbst in die um 90 Grad gegen die in Fig. 3 gezeichnete Lage wieder einschraubt, derart, daß man in der Richtung $c c$ durch die ringförmige Öffnung sieht und nunmehr das Grundbrett von innen gegen das Fenster anlegt. Wie schon bemerkt, ist aber das Nachzeichnen bei dieser Montierung längst nicht so

bequem, wie bei dem Sphärographen. Davon abgesehen würde die Lichtgüte des Fensters durch die Formel

$$L = \frac{N}{500} \cdot 100 = N \cdot 0,2\%$$

zu berechnen sein. Bei Aufstellung dieser Formel ist zu beachten, daß die der Halbkreisfläche $OAZB$ entsprechende Fläche bei diesem Apparat 500 qcm beträgt.

Anhang B. Die Verbesserung baupolizeilicher Lichtvorschriften.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß staatliche und städtische Baubehörden das Recht sowohl wie die Pflicht haben, die genügende Tageslichtzufuhr von bewohnten Räumen zu überwachen und die Genehmigung zu Neubauten von der Erfüllung gewisser Bedingungen abhängig zu machen. Die allgemeinen gesetzlichen Grundlagen hierfür müssen naturgemäß in einfachste Form gekleidet sein und dürfen weder die Bauunternehmer noch die Aufsichtsinstanz mit irgendwie schwierigeren Berechnungen belasten. Daher beschränken sich die bestehenden Vorschriften auch im wesentlichen darauf, ein gewisses Mindestmaß des Verhältnisses von Fensterfläche zu Bodenfläche zu fordern. Es wird also z. B. gefordert, daß dies Verhältnis mindestens wie 1:6 oder in anderen Fällen wie 1:10 sei, d. h., daß die Fensterfläche mindestens $16\frac{2}{3}\%$ bzw. 10% der Bodenfläche betragen solle. Offenbar wächst ja im allgemeinen die eingeführte Lichtmenge in demselben Maße wie die Größe der Fenster, und im großen ganzen wird man daher auch bei einer gewissen Fenstergröße auf ein gewisses, derselben entsprechendes Lichtquantum rechnen können. Aber ebenso leicht bemerkt man auch, daß die Größe der Fenster nicht das allein Entscheidende ist. Ein Fenster, das nach der freien Landschaft zu liegt, also den Horizont frei hat, erhält eine außerordentlich viel größere Lichtzufuhr als ein Fenster, dem andere Häuser vorgebaut sind. Aus diesem Grunde wird die einfache Vorschrift über das Verhältnis von Fenster- zu Bodenfläche vielfach ergänzt durch Bestimmungen über die minimale Straßenbreite, die maximale Haushöhe sowie auch über den minimalen seitlichen Abstand der Häuser von der Grenze. In sehr vielen Fällen läßt sich auch durch solche Bedingungen verhindern, daß einem Fenster das Licht ganz abgebaut wird. In vielen anderen Fällen, z. B. bei Wohnräumen, die in alten enggebauten Stadtteilen liegen und

insbesondere bei den nach dem Hofe zu gelegenen Räumen, versagen aber die bestehenden Vorschriften und verhindern es nicht, daß Räume bewohnt werden, in die weder Sonne noch Mond hineinscheint. Die Schwierigkeit liegt darin, eine allgemein verbindliche Vorschrift so zu fassen, daß einerseits keine ungebührliche Behinderung der Bautätigkeit eintritt, andererseits aber den Fenstern bewohnter Räume ein gewisses Mindestmaß von freiem Himmel und Licht gewährleistet wird. Man muß hier von dem Grundgedanken ausgehen, daß in allen Fällen, in denen der freie Himmel vor den Fenstern mehr oder weniger verbaut ist, ein entsprechender Ausgleich durch eine mehr oder weniger große Fensterfläche zu erstreben ist. Der von mir empfohlene Weg, um von hier aus zu einer Verbesserung der bestehenden Bauvorschriften zu gelangen, ohne denselben ihre einfache Formulierung zu nehmen, ist folgender:

Bei der Berechnung des Verhältnisses von Fenster- zu Bodenfläche darf die Fenstergröße mit ihrem wirklichen Betrage nur dann in Ansatz gebracht werden, wenn der Horizont vor den Fenstern vollkommen frei ist. In jedem anderen Falle muß ein kleinerer Betrag angesetzt werden. Wie groß diese Reduktion sein muß, hängt von der sogenannten Lichtgüte der Fensterfläche ab. Darunter verstehe ich die prozentische Angabe, wie viel von dem völlig freien Himmelslicht durch die gegenüberliegenden Häuser noch übrig geblieben ist. Oder genauer ausgedrückt, die im vorstehenden Artikel definierte Zahl L . Wenn also z. B. ein sonst frei gelegenes Fenster durch eine hart neben ihm sehr weit und sehr hoch vorspringende Mauer verdunkelt würde, so würde in diesem Falle nahezu die Hälfte des bei ganz freier Lage vorhandenen Lichtes durch jene Mauer abgefangen werden und die Lichtgüte des Fensters wäre auf nahezu 50% anzugeben. In anderen Fällen ist diese Lichtgüte zwar nicht ganz so einfach auszurechnen. Aber man kann sie doch entweder mit geeigneten Formeln verhältnismäßig leicht berechnen oder mit Hilfe eines dazu von Herrn Heustreu-Kiel fabrizierten einfachen Zeichenapparates in wenigen Minuten graphisch ermitteln, oder nötigenfalls nach einiger Übung mit demselben Apparate auch im Augenblicke genügend abschätzen. Bei bloßen Bauprojekten, wenn also das Gebäude und die Fensterfläche noch gar nicht zugänglich sind, läßt sich die spätere Lichtgüte durch verhältnismäßig einfache Formeln aus dem Abstand der gegenüberliegenden Häuser und deren Profil

berechnen, worüber ich mir weitere Mitteilungen bei anderer Gelegenheit vorbehalten muß.

Wenn man nun diesem Prozentsatz der Lichtgüte entsprechend die wirkliche Fenstergröße verkleinert und diese so reduzierte Zahl in Verhältnis zu der Bodenfläche setzt, so gewinnt man dadurch einen ganz außerordentlich viel besseren Maßstab zur Beurteilung der Lichtverhältnisse. Dieser Maßstab findet seinen Ausdruck durch Angabe einer einzigen Zahl, die ich in meiner oben zitierten Mitteilung über die Lichtverhältnisse der städtischen Schulen mit dem Buchstaben P bezeichnet habe. P stellt die wegen der Lichtgüte reduzierte Fensterfläche in Prozenten der Bodenfläche dar. Ist g die Glasfläche der Fenster, b die Bodenfläche, beides in Quadratmeter, und L die Lichtgüte der Fenster, so ist

$$P = \frac{g}{b} \cdot 100 \cdot \frac{L}{100},$$

$$\text{oder } P = \frac{g}{b} \cdot L.$$

Um diese Rechnung an einem bestimmten Beispiel zu erläutern, sei angenommen, daß ein Wohnzimmer 30 Quadratmeter Bodenfläche und eine gesamte Fensterglasfläche von 3 Quadratmeter besitze. Dann ist, in der herkömmlichen Weise berechnet, das Verhältnis von Fenster- zu Bodenfläche wie 1:10, oder die Fenstergröße beträgt 10% der Bodenfläche. Nun möge diesen Fenstern ein Haus vorgebaut sein, welches die Hälfte des Lichtes wegnimmt, so daß die Lichtgüte der Fenster jetzt 50% wird. Alsdann wäre die Fensterfläche bei der neuen Berechnungsweise nur zu 50% ihrer wirklichen Größe, d. h. zu 1,5 Quadratmeter in Anrechnung zu bringen und das neue „reduzierte“ Verhältnis von Glas- zu Bodenfläche wäre jetzt wie 1,5:30 oder wie 1:20. Es beträgt also nicht mehr 10%, sondern nur noch 5%. Man würde also nach dem alten Verfahren die Lichtzufuhr zu diesem Zimmer auf das Doppelte desjenigen Betrages angegeben haben, welcher nach der neueren Berechnung anzunehmen ist. In diesem Beispiele ist

$$g = 3, \quad b = 30, \quad L = 50, \quad \text{also } P = \frac{3}{30} \cdot 50 = 5.$$

Bei dem neuen Verfahren bleibt der formale Vorteil bestehen, daß man die gesetzlichen Vorschriften wie bisher durch eine einzige Zahl festlegen kann. Wie hoch diese Zahl zu bemessen sein wird, muß sorgfältig erwogen werden. Wie auch bisher wird man für die

verschiedenen Zwecke, denen die Wohnräume dienen, verschiedene Normen festsetzen müssen. So werden für ein Schul- oder Arbeitszimmer in dem neuen Maße etwa 8—10% reduzierter Fensterfläche, für ein gewöhnliches gutes Wohn- oder Schlafzimmer 5% und als gesetzliches Minimum für ein solches Zimmer vielleicht 1—2% zu verlangen sein. Die Zahl P würde also in diesen Fällen bezw. = 8—10, gleich 5 und gleich 1—2 sein. Aber wie gesagt, würde die definitive Festlegung dieser Zahlen und ihre eventuelle Anpassung an verschiedene örtliche Verhältnisse noch weiterer Überlegung bedürftig sein, auf welche an dieser Stelle einzugehen zu weit führen würde. Die Formulierung der künftigen baupolizeilichen Vorschriften würde etwa folgendermaßen lauten:

Das prozentische Verhältnis der wegen Lichtgüte reduzierten Fensterglasfläche — oder die sogenannte Zahl P — muß im mindesten betragen

a) für Schul- und Arbeitsräume $P = \dots$

b) für Wohn- und Schlafräume $P = \dots$

etc.

Falls es gelingen sollte, die in Betracht kommenden Baubehörden für die in kurzem dargelegte Neuerung zu interessieren, so würde dadurch, wie ich glaube, eine sehr wesentliche und hygienisch höchst wertvolle Verbesserung der bisherigen baupolizeilichen Vorschriften mit einem verhältnismäßig kleinen Aufwand an Mühe zu erreichen sein.

3. Die Tagesbeleuchtung der Königlichen Universitäts-Bibliothek in Kiel.

Von dem Direktor der Bibliothek, Herrn Professor Dr. Frantz, war der Wunsch geäußert, die unzureichenden Tageslichtverhältnisse der Bücherräume durch Angabe bestimmter Zahlen zu kennzeichnen. Ich bin dieser Anregung um so lieber gefolgt, als die besonderen räumlichen Verhältnisse mancherlei Schwierigkeiten boten, welche die schablonenhafte Anwendung der für einfachere Räume, z. B. die Schulzimmer, erprobten Untersuchungsmethoden hier nicht zuließen.

Unter Beiseitelassung kleinerer Nebenräume beschränkte sich die Untersuchung auf das sogenannte „alte“ und das „neue“ Büchermagazin. Das alte Magazin ist ein etwas über 12 m hoher Raum mit einer Grundfläche von 323 qm, den 4 durchbrochene eiserne Fußböden in 5 gleich hohe, übereinanderliegende Stockwerke ein-

teilen; durchbrochene Eisentreppen verbinden die Stockwerke. Die nahezu nach Süden gelegene Innenwand kann im wesentlichen als fensterlos betrachtet werden. Auf der Westseite und der baulich gleich beschaffenen Ostseite sind je 12 Fenster, von denen auf jeder Seite 4 kleinere dem untersten Stockwerke, 4 mittelgroße dem I. und II. Stockwerke und 4 sehr große den beiden oberen Stockwerken vorliegen. An die Nordseite ist das mit flachem Dache gedeckte neue Magazin von gleicher Breite und 383 qm Grundfläche, aber nur in der Höhe von 3 Stockwerken angebaut. Hierdurch sind die ursprünglichen unteren Nordfenster des alten Magazins verschwunden und nur 3 oberhalb der Dachfläche des neuen Magazins gelegene große Fenster im IV. und V. Stock sind geblieben. Von diesen Fenstern wird die Beleuchtung des mittleren Längsganges des Magazins in allen Stockwerken bewirkt. Im neuen Magazin sind an den unter sich wiederum gleichen Seitenflächen nach West und Ost je 10 Fenster, von denen je 5 dem Erdgeschoß und 5 größere dem I. und II. Stockwerk vorliegen. Auf der Nordseite sind 2 sehr große Fenster. Wegen der durchbrochenen Böden und der zahlreichen Fenster ist die Lichtzufuhr für die einzelnen Tisch- und Wandplätze dieser Räume eine sehr zusammengesetzte. Die meisten Plätze, welche überhaupt direktes Himmelslicht bekommen, erhalten solches gleichzeitig von den verschiedensten Stellen des Himmels.

Infolge dieser letztgenannten Umstände mußte davon abgesehen werden, gleichzeitig mit den Platzhelligkeiten auch die Flächenhelligkeit desjenigen Himmelsstückes zu messen, welches von den Plätzen aus sichtbar war. Es blieb nur übrig, die an einem bestimmten Tage zu bestimmter Zeit gemessenen Platzhelligkeiten in Bezug zu setzen auf die zu gleicher Zeit vorhandene Gesamthelligkeit des Himmels oder vielmehr auf die hiermit im wesentlichen parallel laufende sogenannte Ortshelligkeit. Aus der bekannten Veränderung der Ortshelligkeit läßt sich dann mit einem genügenden Näherungsgrade die proportionale Veränderung der Platzhelligkeit berechnen.

So wurden an einem besonders hellen und durch gleichmäßige leichte Cirrusbewölkung ausgezeichneten Tage, dem 25. April 1908, die Helligkeiten an 10 verschiedenen Tischplätzen und an 8 vertikalen, mit den Büchertiteln zusammenfallenden Flächen gemessen. In beiden Magazinen stehen in dem breiten Mittelgange große Schranktische für Karten und Folioformate. Auf ihnen wurden

je die hellsten und dunkelsten Plätze nach Schätzung ausgewählt und die Platzhelligkeit gemessen.

Aus den rechtwinklig zu den Fensterwänden gestellten Bücherregalen wurden zwei der hellsten ausgesucht, nämlich ein im Neubau an der östlichen Fensterseite im Erdgeschoß gelegenes und das gerade darüber im II. Stock gelegene. Jedes Regal enthält 6 Abteilungen von 1 m Breite. Es wurde nun die Beleuchtungsstärke in 1,15 m über dem Boden, in der Mitte der 6 Abteilungen und bezogen auf die vertikale Ebene der Büchertitel gemessen, um nicht bloß die absoluten Werte, sondern auch die Abnahme derselben vom Fenster aus kennen zu lernen. Bei dem im II. Stock gelegenen Regal beschränkte ich mich auf zwei Messungen.

Gleichzeitig wurde auf dem benachbarten physikalischen Institut die Ortshelligkeit gemessen, deren Wert im Mittel 64550 Hefner-Meterkerzen (Äquivalenzwert) betrug.

Tabelle 1.

Platzhelligkeiten auf den horizontalen Flächen mehrerer Mitteltische im alten und neuen Büchermagazin sowie auf den vertikalen Büchertitelflächen in einigen Regalen des neuen Magazins (1,15 m über dem Boden, Mitte der Abteilungen).

Platzbezeichnung		Gemessen am 25. 4. 08 bei Himmels-helligkeit Meterkerzen 64 550	Reduziert auf Himmels-helligkeit Meterkerzen 10000	Im Jahres-mittel, mittags 12 Uhr, Himmels-helligkeit Meterkerzen 35 400	Im Mittel des Dezember, mittags 12 Uhr, Himmels-helligkeit Meterkerzen 6800
Mitteltisch					
Erdgeschoß, Altbau.	Hellster Platz Nordende	13.1	2.03	7.2	1.4
"	" " Südende.	6.2	0.97	3.4	0.6
	Dunkelster Platz	< 1			
Neubau.	Hellster Platz	14.7	2.28	8.1	1.6
"	Dunkelster Platz	5.2	0.78	2.8	0.5
I. Stock, Altbau.	Hellster Platz	30.6	4.74	16.8	3.2
"	Dunkelster Platz	19.5	3.02	10.7	2.0
Neubau.	Hellster Platz Nordende	12.5	1.93	6.8	1.3
II. Stock, "	" " " "	15.6	2.42	8.6	1.6
"	Dunkelster Platz	4.4	0.68	2.4	0.5
Erdgeschoß, Bücherregal a/56, Neubau Südseite					
	Abteil. 1	240	37.2	131	25
	" 2	156	24.1	85	16
	" 3	77	12.0	42	8
	" 4	29	4.5	16	3.1
	" 5	7.9	1.2	4.3	0.8
	" 6	6.5	1.0	3.6	0.7
II. Stock	gerade darüber Neubau				
	Abteil. 3	65	10.2	36	7
	" 6	4.0	0.6	2.2	0.4

Die Tabelle I gibt die Messungsergebnisse. In der ersten Spalte sind die gefundenen Zahlen angegeben. In der zweiten Spalte sind dieselben proportional berechnet für eine Ortshelligkeit von 10000 Meterkerzen, in der dritten für eine solche von 35400, dem Kieler Jahresmittel um 12 Uhr mittags, und in der vierten für die mittlere Ortshelligkeit im Dezember 12 Uhr mittags, die 6800 Meterkerzen beträgt. Diesen Ortshelligkeiten können die in meinen sekundären Einheiten ausgedrückten mittleren Flächenhelligkeiten des Himmels einstweilen gleich gesetzt werden.

Es zeigt sich also, daß auf den Tischen die Werte zwischen 30,6 und 4,4 Meterkerzen lagen, während ein Platz so dunkel war (< 1 Meterkerze), daß eine Messung nicht möglich war. Da die hygienische Forderung an einen Arbeitsplatz 25 Meterkerzen beträgt, so sind sämtliche gemessenen Plätze (bis auf einen) trotz des sehr hellen Tages ungenügend beleuchtet. Im Jahresdurchschnitt geht auch der beste Platz auf 16,8 und der zweitschlechteste Platz auf 2,4 Meterkerzen herab. Im Dezember sind am besten Plätze nur noch 3,2 Meterkerzen vorhanden.

Die Messungen an den Stellen der Büchertitel zeigen, daß an jenem hellen 25. April eine befriedigende Beleuchtung nur für die 4 ersten, vom Fenster ab gerechneten, Abteilungen stattfand. Im Jahresdurchschnitt fällt auch die 4. Abteilung unter den Normalwert von 25 Meterkerzen und im Dezember, 12 Uhr mittags, liegen alle 6 Abteilungen unter dieser Grenze, die letzten beiden sogar unter 1 Meterkerze.

Die herausgegriffenen Bücherregale sind unter den hauptsächlich in Betracht kommenden, Rücken gegen Rücken frei aufgestellten und senkrecht zu den beiden Hauptfensterwänden orientierten, wie schon bemerkt, die hellsten. Ganz erheblich viel dunkler, meist weit unter der Messungsmöglichkeit gelegen, sind alle diejenigen anderen Regale, welche mit dem Rücken an die Außenwände gestellt sind. Bei vielen Regalen dieser Kategorie ist bei Tage überhaupt nichts zu sehen. Man kann also sagen, daß bei dem weitaus größten Teile aller Bücherregale die Tagesbeleuchtung eine völlig unzureichende, auch den bescheidensten Anforderungen nicht entsprechende ist.

Die Zahl der direkt mit dem Photometer untersuchten Plätze ist eine kleine gewesen, und wenn diese Plätze auch mit Vorbedacht unter den hellsten ausgesucht sind und ein zahlenmäßig begründetes

Gesamtbild der Beleuchtungsverhältnisse ergeben haben, so schien es doch wünschenswert, noch einen zweiten Maßstab hiermit in Parallele zu stellen. Raumwinkelmessungen des direkt sichtbaren Himmels wären wegen des oben erwähnten komplizierten Lichteinfalles unausführbar gewesen. Dagegen lag es nahe, die auch bei den Messungen der Kieler Schulen herangezogene Methode in Anwendung zu bringen und die bei jener Gelegenheit näher definierte Zahl P , nämlich das mit der Lichtgüte der Fenster multiplizierte Verhältnis von Fensterfläche zu Bodenfläche aufzusuchen, um hieraus einen solchen zweiten Maßstab zu gewinnen.

Zu diesem Zwecke war zunächst eine Ausmessung der gesamten Glasfläche der vorhandenen 49 Fenster erforderlich. Da die Fenster dreiteilig sind, mehrfach abgestufte Scheibengrößen und oben rundgeschnittene Scheiben besitzen, so war die Berechnung etwas umständlich. Sie ergab in Summe für die 27 Fenster des alten Magazins 104,444 qm und für die 22 Fenster des neuen Magazins 73,875 qm.

Die Bodenfläche des alten Magazins beträgt nach der Bau-skizze 323 qm und diejenige des neuen 383 qm. Bildet man hier-nach, der alten baupolizeilichen Vorschrift entsprechend, das Ver-hältnis von Fensterfläche zu Bodenfläche, so würde das beim alten Magazin das Verhältnis 104:323, oder rund 32% ergeben. Da die alte Vorschrift 1:6 oder $16\frac{2}{3}\%$ verlangt, so wäre scheinbar das Doppelte des vorschrittsmäßigen Minimums an Licht vorhanden. Es sieht fast so aus, als habe man beim Bau des alten Magazins dem begreiflichen Wunsche nach recht reichlicher Beleuchtung da-durch Rechnung getragen, daß man die Fensterfläche genau auf das Doppelte des polizeilichen Minimums bemessen hat. Allein schon diese auf dem Grunde der alten Bauvorschriften beruhende Überlegung wäre zu beanstanden. Denn der eigenartige Raum des Büchermagazins verträgt eine solche Berechnung nicht. Er ist tat-sächlich durch 4 eiserne, zwar durchbrochene, aber doch recht sehr verdunkelnde Böden in 5 Stockwerke geteilt. Man muß daher die Bodenfläche mit 5 multiplizieren und dann stellt sich das Verhältnis von Fensterfläche zu Bodenfläche 5mal ungünstiger, es beträgt dann nur noch 6,4% anstatt jener vorhin berechneten 32% und würde nunmehr weit unter dem Minimum von $16\frac{2}{3}\%$ bleiben.

Bei dem neuen Magazin ist dies Verhältnis, wenn man zu-nächst auch den ganzen Raum einheitlich rechnet, wie 73,9:383, also rund 19%. Eine Rücksicht auf Bauvorschriften hat hierbei

vermutlich nicht stattgefunden. Vielmehr sind die Fenster im Neubau, der lediglich eine Verlängerung des Altbaues darstellt, allein nach architektonischen Gründen genau in demselben Stile und derselben Größe angebracht. Da der Neubau nur 3 Stockwerke enthält, so stellt sich hier das tatsächliche Verhältnis von Fenster zu Bodenfläche auf $\frac{19}{3} = \text{rund } 6,4\%$, also, wie zu erwarten, ebenso wie beim Altbau und ebenso ungenügend.

Sehr viel ungünstiger gestaltet sich nun aber die Rechnung, wenn die ungewöhnlich starke Verdunkelung mit berücksichtigt wird, welche das Bibliotheksgebäude durch die umliegenden Gebäude und Bäume erfährt. Dieser Einfluß kommt rechnermäßig zur Darstellung, wenn man, wie ich das in den voraufgegangenen Abhandlungen dargelegt habe, die Zahl P berechnet. Dieselbe ist definiert durch

$$P = \frac{g}{b} \cdot l,$$

worin g die Glasfläche und b die Bodenfläche in Quadratmeter bedeuten und l die für alle Fenster als gleich angenommene Lichtgüte. Die Lichtgüte selbst ist wiederum definiert als die prozentische Angabe des in die Fenster eindringenden Lichtstromes im Verhältnis zu demjenigen Lichtstrom, der bei völlig freiem Horizonte und bei nicht vorspringenden Mauern in die Fenster eintreten würde. $l = 100$ würde also bedeuten, daß keinerlei Verdunkelung durch Häuser, Bäume oder vorspringende Mauern stattfindet. Sind mehrere oder viele Fenster vorhanden und ist die Lichtgüte der einzelnen Fenster verschieden groß, so wird

$$P = \frac{\sum g l}{b},$$

worin die Summe sich aus den für die einzelnen Fenster berechneten Produkten $g l$ zusammensetzt. Da 49 Fenster vorhanden waren, so hätten zur vollständigen genauen Berechnung von P 49 solche Produkte $g l$ gebildet werden müssen. Diese Mühe wäre unnötig groß gewesen. Ich habe daher Gruppen von ähnlich gelegenen Fenstern gebildet, wie dies durch die drei Fensterseiten Ost, West und Nord, sowie durch die 5 bzw. 3 Stockwerke nahegelegt war und habe für jede dieser Gruppen einen gemeinsamen mittleren Wert von l in die Rechnung eingesetzt. Da auch die Fenstergrößen in entsprechende Gruppen zerfielen und das g für alle Fenster einer Gruppe dasselbe war, so wurde die Ausrechnung von P

erheblich vereinfacht. Die Ausmessung der verschiedenen Lichtgüten l geschah mit Hilfe des in vorangegangener Abhandlung beschriebenen Projektionssphärographen. Es schien auch hierbei ein angenähertes Verfahren zulässig, indem die wirkliche Ausmessung sich auf 11 Fenster beschränkte und die für die übrigen Fenster anzunehmenden Werte durch Interpolation angesetzt wurden. Die eigentlichen Messungen ließen sich daher in etwa 2 Stunden ausführen. Dagegen machte die Berechnung nicht bloß wegen der großen Zahl der Fenster, sondern auch wegen der eigenartigen Beschaffenheit derselben mehr Schwierigkeiten. Denn die Fenster waren je durch zwei um 25 cm vorspringende Mauerpfeiler in 3 Teile, einen breiteren Mittelteil und zwei schmalere Seitenteile, geteilt. Die Verdunkelung, welche auf Rechnung dieser vorspringenden Mauern kam, mußte besonders berechnet werden. Seinem Principe nach ist der Sphärograph zwar auch geeignet, für jede Stelle einer Fensterfläche die Lichtgüte unter voller Berücksichtigung der Mauern zu messen. Da aber dieser letztere Einfluß in der ganzen Ausdehnung eines Fensters von Punkt zu Punkt variabel und nach den Seiten hin sogar sehr stark variabel ist, so würde die mittlere Lichtgüte eines Fensters erst durch viele an verschiedenen Punkten desselben Fensters vorgenommene Messungen zu ermitteln sein. Daher ist es zweckmäßiger, zunächst diejenige Lichtgüte durch den Apparat zu messen, die ohne die vorspringenden Mauern vorhanden sein würde. Diese Lichtgüte, welche also allein durch die vorliegenden Häuser und Bäume bedingt wird, ist offenbar für die einzelnen Fensterpunkte sehr nahe dieselbe, und ihr mittlerer Wert L kann mit völlig genügender Annäherung graphisch ermittelt werden, wenn der Sphärograph nur ungefähr in der Mitte des ganzen Fensters angelegt wird. Bei der Nachzeichnung der Grenzlinien des freien Himmels läßt man die den vertikal hinaufgehenden Mauerkanten entsprechenden Linien ganz weg und verlängert die obere Grenzlinie der gegenüberliegenden Dachkanten auf beiden Seiten der Zeichnung um dasjenige kleine Stückchen freihändig, welches durch die seitlichen Mauern eigentlich verdeckt ist. So unterliegt die Ermittlung von L keinen Schwierigkeiten und kann für jedes Fenster in wenigen Minuten beendet werden.

Die durch die Mauern bedingte Verringerung der Lichtgüte sei in Prozenten der vollkommen freien Beleuchtung der Fenster mit m bezeichnet. Dann würde $l = L - m$ sein. Da jedoch für die dem Horizonte zu gelegenen Teile des Bildes auf den Seiten ein

Überdecken der Mauer und der Häuser stattfindet und der hieraus entspringende Verlust der Lichtgüte sowohl in L als auch in m mit entgegengesetztem Vorzeichen stecken, also doppelt in Rechnung gezogen werden würde, so habe ich mit genügender Annäherung zur Berechnung von l die Formel

$$l = L - \frac{m \cdot L}{100}$$

in Anwendung gebracht. Ist z. B., wie im Falle eines völlig freien Horizontes, $L = 100$, so wird $l = 100 - m \%$.

Die Berechnung von m ist eine ziemlich verwickelte. Sie hängt ab von den Höhen- und Breitendimensionen des Fensters, von dem Abstände der Glaskanten von der Mauer und von dem Mauervorsprung. Aus diesen Stücken muß zunächst die Verdunkelung für eine bestimmte Stelle des Fensters berechnet werden und sodann der Mittelwert für die ganze Fensterfläche. Die dazu erforderlichen Integrationen führen schließlich zu einer Formel für m , die ich in meiner Abhandlung „Tagesbeleuchtung der städtischen Schulen“ S. 12 angegeben habe. Nach dieser Formel, deren Ausrechnung etwa $\frac{1}{2}$ Stunde Zeit kostet, habe ich m für die 5 Haupttypen der vorhandenen Fenstergruppen berechnet und für 2 andere Typen nach Schätzung eingesetzt. Ich hoffe demnächst eine bequeme Tabelle berechnen zu können, aus der mit genügender Annäherung der Wert von m für gegebene Dimensionen der Fenster unmittelbar ablesbar sein wird. Die für m gefundenen Werte liegen bei den verschiedenen Fenstertypen zwischen 24 und 35. Das sind sehr hohe Beträge. Sie zeigen, daß die Mauervorsprünge und Pfeiler im Durchschnitt nahezu 33%, d. h. $\frac{1}{3}$ desjenigen Lichtes wegnehmen, welches ein völlig freier Himmel in die Fenster entsenden würde.

Schließlich war noch zu überlegen, daß die Verdunkelung der Bibliotheksfenster durch die benachbarten Bäume im belaubten und unbelaubten Zustande, also im Sommer und Winter, in verschieden hohem Betrage in Ansatz zu bringen ist. Ich habe zu diesem Behufe lediglich nach Schätzung die Annahme gemacht, daß die von Bäumen bedeckte Himmelsfläche im Winter nur $\frac{1}{6}$ so groß sei, wie im Sommer. Die Auszählung der Zeichnungsflächen auf dem Sphärographenpapier hat daher unter Berücksichtigung dieses Umstandes zwei verschiedene Werte von L , einen kleineren Sommerwert und einen höheren Winterwert ergeben bei allen denjenigen Fenstern, bei denen außer den Häusern auch Bäume vorlagen.

Endlich war noch erforderlich, die Mittelteile der Fenster von den Seitenteilen bei der Berechnung zu trennen. In der zweiten Kolonne der folgenden Tabelle 2 sind diese Teile durch (M) = Mittelteil und (S) = Seitenteil bezeichnet. Die Tabelle 2 gibt die Berechnung der Zahl P für das alte Büchermagazin ausführlich, für das neue Büchermagazin nur in den Schlußzahlen.

Tabelle 2.

$$\text{Berechnung der Zahl } P = \frac{g \cdot l}{b} \text{ } \text{‰}.$$

Altes Büchermagazin; Bodenfläche $b = 5 \times 323 = 1615 \text{ qm}$.

Lage	Fenster		Glasfläche qm	Lichtgüte L (‰)		Mauer- ver- dun- kung m (‰)	Wahre Lichtgüte $l = L - \frac{m \cdot L}{100}$ (‰)		Reduzierte Fensterfläche $\frac{g \cdot l}{100}$ qm		
	Type	Zahl		Sommer	Winter		Sommer	Winter	Sommer	Winter	
Erd- geschoß:	Ost	A (M)	4	3.532	40	68	31	27.6	46.9	0.975	1.657
		A (S)	8	4.712	40	68	35	25.9	44.2	1.223	2.083
	West	A (M)	4	3.532	43	64	31	29.7	44.2	1.048	1.560
		A (S)	8	4.712	43	64	35	28.0	41.6	1.317	1.960
			16.488							4.563	7.260
I. u. II. Stock:	Ost	B (M)	4	7.644	60	74	27	43.8	54.0	3.357	4.139
		B (S)	8	10.176	60	74	32	40.8	50.3	4.151	5.118
	West	B (M)	4	7.644	49	62	27	35.8	45.3	2.741	3.468
		B (S)	8	10.176	49	62	32	33.3	42.2	3.389	4.288
			35.640							13.638	17.013
III. u. IV. Stock:	Ost	C (M)	4	7.892	70	88	27	51.1	64.2	4.033	5.070
		C (S)	8	10.376	70	88	32	47.6	59.8	4.937	6.205
	West	C (M)	4	7.892	70	74	27	51.1	54.0	4.033	4.262
		C (S)	8	10.376	70	74	32	47.6	50.3	4.937	5.219
	Nord	D (M)	3	6.447	79	82	25	59.3	61.4	3.819	3.965
		D (S)	3	9.333	79	82	30	55.3	58.7	5.160	5.357
			52.316							26.919	30.078
Gesamtsumme			104.444							45.120	54.351
							$P =$		2.8	3.4	
Neues Büchermagazin; Bodenfläche $b = 3 \times 383 \text{ qm}$.									26.828	32.733	
			73.875					$P =$		2.3	2.8

Das Ergebnis ist hiernach, daß an Stelle der nach den alten baupolizeilichen Vorschriften berechneten Verhältniszahlen von Fensterfläche zu Bodenfläche, die wir oben für beide Magazine zu 6,4% gefunden hatten, nunmehr, unter Berücksichtigung der anliegenden Häuser und Bäume, die sehr viel kleineren Werte von bezw. $P = 2,8$ und 2,3% im Sommer, sowie $P = 3,4$ und 2,8% im Winter herauskommen. Vergleicht man hiermit, daß nach den Untersuchungen der Kieler Schulen die Zahl P bei guten, hellen Schulzimmern den Wert von rund 10%, bei sehr hellen 16—20% hatte und nur bei ganz unzureichenden auf 2—3% herabging, so ergibt sich auch aus dieser Parallele, wie unzureichend die Tagesbeleuchtung der Bibliothek ist.

Aus den Zahlen der Tabelle berechnet sich außerdem:

- a) Die durchschnittliche Lichtgüte L der Fenster beträgt im Sommer 49,4%, im Winter 64,1%, insoweit dieselbe lediglich von umliegenden Bäumen und Häusern bedingt wird.
- b) Die Verdunkelung durch die vorspringenden Mauern und Pfeiler für sich allein beträgt rund 30%.
- c) Die wahre Lichtgüte l der Fenster (abhängig von Gebäuden, Bäumen und Mauervorsprüngen) beträgt im Sommer 34%, im Winter 44,8%, d. h. Gebäude, Bäume und Mauern nehmen im Sommer rund $\frac{2}{3}$, im Winter mehr als $\frac{1}{2}$ des Lichtes weg.

Es mag noch darauf hingewiesen sein, daß man bei so eigenartigen Räumen, wie es diese Bibliotheksräume sind, im allgemeinen wohl besser tun würde, nicht aus dem Verhältnisse von Glasfläche zu Bodenfläche, sondern aus dem Verhältnisse von Glasfläche zu Kubikinhalte einen Maßstab herzunehmen. Der Kubikinhalte des alten Magazins ist 3942 cbm. Die nach den obigen Gesichtspunkten reduzierte Glasfläche 45,12 qm (Sommer) und 54,351 qm (Winter) beträgt daher 1,14 bzw. 1,38%. Für das neue Magazin sind bei einem Rauminhalte von 2834 cbm die entsprechenden Zahlen 0,94 bzw. 1,15%.

Für diese Zahlen sind Vergleiche mit andern Gebäuden nicht bekannt. Doch dürften dieselben zur künftigen Beurteilung ähnlich gestalteter Bibliotheksräume vielleicht von Nutzen sein.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Weber L.

Artikel/Article: [Resultate der Tageslichtmessungen in Kiel 1905 - 1908. 352-385](#)