

Eine neue Fensterkonstruktion

zum Schutze gegen die direkten Sonnenstrahlen
bei Südlage der Schulzimmer

von Prof. Lud. Stelz, Frankfurt a. M.

— □ —
Ladenpreis Mk. 1.50.

— □ —

G. 21

14

Verlag der Simplex-Schiebefenster-Gesellschaft
Cöln 1910.



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300043

97

Eine neue Fensterkonstruktion

zum Schutze gegen die direkten Sonnenstrahlen
bei Südlage der Schulzimmer

von Prof. Lud. Stelz Frankfurt a. M.



II 20
II 532

Verlag der Simplex-Schiebefenster-Gesellschaft
Cöln 1910.

Alle Rechte vorbehalten.

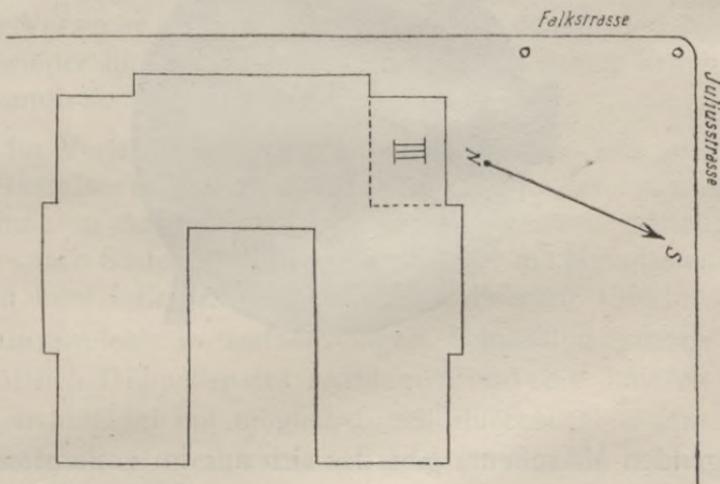
x
160

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

II 31110

Akc. Nr. 1895/49

Im Herbst 1877 war der Neubau der Bockenheimer Realschule, jetzt Frankfurter Liebig—Realschule, fertig geworden. Er war ein Hufeisen, dessen Querbau an der Falkstrasse die Front nach Ost-Nordosten hatte. Die Fenster des südlichen Flügels an der Juliusstraße gingen demnach nach SSO.



Ost- und Südbau sind bis heute ununterbrochen von der Realschule eingenommen worden. Wir haben demnach in den 32 Jahren genügend Zeit gehabt, uns ein Urteil sowohl über die Anordnung des ganzen Gebäudes, sowie über die Zweckmäßigkeit seiner Fenster, seiner Heizung und Lüftung zu bilden*.)

I.

Die Vorzüge der Südlage gegenüber der Nordlage konnten wir am besten erkennen, wenn wir an einem sonnigen

*) Verfasser ist seit Ostern 1878 an der Schule.

Frühjahrs- oder Herbstmorgen aus unserem Süd- in den Nordflügel hinübergangen: Es überfiel uns, als ob wir in einen feuchtkalten Keller hinein gekommen wären.

Die angenehme, belebende Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Gesundheit, auf die Arbeitsfreudigkeit und Leistungsfähigkeit des Organismus war uns instinktiv zum Bewußtsein gekommen, lange bevor sie durch Versuche erhärtet, lange bevor die Bakterien tötende Kraft des Sonnenlichts bekannt war. (Skizze S. 2)

Nachdem jetzt durch Experimente zweifellos nachgewiesen ist, dass es kein Mittel zur Vernichtung der Krankheit



erzeugenden Mikroben*) gibt, das sich nur im entferntesten mit dem direkten Sonnenlicht messen kann, **dürfte die bisher bei Frankfurter Schulbauten übliche Orientierung der Unterrichtsräume nach Norden wohl als endgültig**

*) Auf eine in einer Glasschale befindlichen Schicht von Agar wird $\frac{1}{4}$ cm einer Bouillonkultur irgend eines Mikroben (hier war es Streptococcus pyogenes, der Erreger des Rotlaufs und der Blutvergiftung) gleichmässig ausgegossen. Auf den Glasdeckel wird ein Buchstabe aus Pappe aufgelegt und das Ganze dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt. Nur im Schatten des Buchstabens wachsen die Krankheitserreger, sodaß nachher, nach Entfernung des Deckels, die Kultur als deutlicher Buchstabe auf der übrigen, keimfreien Schicht erscheint.

(Das Präparat ist mir gütigst von Herrn Dr. Rösle, dem Leiter der Lingnerschen Ausstellung „für Verhütung der Volkskrankheiten“ überlassen worden.)

erledigt angesehen werden. Jetzt ist es nicht mehr zugänglich, wie früher einseitig Rücksicht auf die Augen zu nehmen und von einem „steten Kampf gegen die Sonne“ zu reden, der ja freilich bei Nordlage der Fenster am leichtesten zu führen ist.

Als durch Anwachsen der Schülerzahl unsere Räume zu klein geworden waren und die Frage des Neubaus unserer Liebig-Realschule auftauchte, sollte wieder in alter Weise die Hauptzahl der Klassenzimmer nach Nordwesten verlegt werden. Da trat der Verfasser, zuletzt noch in einer Beilage zur Festschrift der Schule 1905, lebhaft für Umlegen der Front nach Südosten ein. Die maßgebenden Behörden verhielten sich seinem Vorschlag gegenüber zwar nicht ablehnend, verlangten aber, daß er seine Behauptung, **„es müßten Vorrichtungen gefunden werden können, die auch bei der Südlage der Fenster das Sonnenlicht genügend mäßigten“**, praktisch beweise. So begannen nun seit 1905 an unserer Schule dahinzielende Versuche, die in den Jahren, in denen der Neubau immer wieder hinaus geschoben wurde, Zeit genug ließen, um zu einwandfreien Resultaten zu gelangen.

Im Verlauf dieser Versuche hatten wir uns auch an Herrn **Geheimrat Dr. Henrici**, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen, gewandt, da wir erfahren hatten, daß er seine nach Süden gelegenen Zeichensäle mit Mattglasfenstern versehen habe. Er schrieb uns am 26. Februar 1906:

„Ich empfehle in sonnenseitigen Schulsälen grundsätzlich Doppelfenster anzulegen und die inneren Fensterflügel mit möglichst hell durchscheinendem Mattglas zu verglasen. Bei dem diffusen Licht, welches hierdurch erzielt wird, gewinnt der Raum eine merkwürdig ruhige, faßt weihevoll, zur Sammlung der Gedanken geeignete Stimmung. Bei dunklem Wetter kann man die inneren Flügel öffnen und das Tageslicht direkt einströmen lassen. Vorhänge, Rouleaux werden dabei völlig entbehrlich. Das Mattglas schützt auch gegen Wärme mindestens ebensogut wie Vorhänge, die dazu gewöhnlich in Unordnung sind und die schönsten Staubbänge bilden.

II.

Wir mußten uns natürlich an die vorhandenen **Schiebefenster** halten. Indessen hätten wir uns auch, falls wir die Wahl gehabt hätten, für diese entschieden, denn für sie mußte doch bezüglich der Lichtwirkung mindestens das Gleiche gelten, was von den Flügelfenstern oben gesagt ist. Zugleich war aber das Mißliche, das ein Öffnen von Fensterflügeln nach innen in Schulen mit sich bringt, vermieden. Vor allem aber ermöglichen nur Schiebefenster jederzeit eine ausgiebige Lüftung der Räume. Innere Flügelfenster verhindern, wenn sie bei Sonnenschein im Sommer geschlossen werden müssen, das Eindringen von frischer kühlerer Luft gerade dann, wann es am nötigsten ist, und verlangen daher noch anderweitige Lüftungsvorrichtungen.

Daß Schiebefenster die beste Möglichkeit der Lüftung gewähren, ist ja eigentlich selbstverständlich. Denn durch das Verschieben beider Fenster in die Mitte entsteht sowohl unten wie oben ein freier Raum von halber Fenstergröße, wo die Temperatur der Innen- und Außenluft um einige Grad differiert. Dadurch entsteht aber auch bei geschlossener Tür ein solch kräftiger Zug, daß eine völlige Erneuerung der Luft auch während der kürzesten Pausen stattfindet.

Ähnliche Fensterstellung, wenn auch mit verminderten Spalten, kann man in der ganzen wärmeren Jahreszeit auch während des Unterrichts beibehalten (siehe Skizze Seite 7 rechts). Aber selbst während der kältesten Wintertage ist wenigstens oben ein kleiner Spalt möglich, der die Erneuerung der oberen Luftschicht gestattet, in der sich die Hauptmasse der Ausdünstungen ansammelt. Nur selten ist es vorgekommen, daß ein in der Nähe des Fensters sitzender Schüler Zug verspürte und völlige Schließung des Fensters wünschte.

III.

Als Heizung war in unserer Schule die Luftheizung gewählt worden, jedenfalls weil man glaubte, daß die durch ausgiebige Lüftung erkalteten Räume nur durch Ein-

strömen von warmer Luft rasch genug erwärmt werden könnten.

In den ersten Jahren, solange die Anlage noch neu war, funktionierte sie auch völlig zur Zufriedenheit. Nur auf dem Querflügel nach der Falkstraße heizten sich die Zimmer bei starkem Nordost nicht, da dieser die warme Luft nicht aus den Luftschächten heraus ließ. Hier mußten Doppelfenster angebracht werden, um den Mißstand einigermaßen zu heben.

Als aber später die Schächte und Heizröhren verstaubt und diese dünn geworden waren, verkohlten jedenfalls bei starker Heizung Staubteilchen, vielleicht gelangten auch Verbrennungsgase durch kleine Risse und Löcher in die Luftschächte. Jedenfalls griff die einströmende verunreinigte Luft die Atmungsorgane so an, daß die Heizung durch Niederdruck-Dampfheizung ersetzt werden mußte. Es rächte sich jetzt der Prinzipienfehler, der darin liegt, daß man frische Luft auf dem Umwege durch Keller und Innenschächte sich verschaffen wollte, während man sie viel besser und rascher direkt durch das Fenster beziehen konnte. Für uns wichtig war aber die **Tatsache, daß auch bei der neuen Dampfheizung eine genügend rasche Erwärmung der frischen Luft stattfindet.**

IV.

War somit zwar einstweilen entschieden, daß Schiebefenster beibehalten werden mußten, so war aber, wenn die Fenster die Lösung der gestellten Aufgabe bringen sollten, für deren besondere Konstruktion und Anordnung **eine Reihe von Forderungen aus dem Gebiet der Hygiene und der Beleuchtung zu erfüllen:**

- 1) Sowohl äußere als ganz besonders innere Vorhänge mußten überflüssig werden.
- 2) Die Fenster mußten auch bei höchstem Sonnenstand das Sonnenlicht so mäßigen, daß keine Blendung des Auges stattfindet.
- 3) Bei trübem Himmel und niedrigem Sonnenstand durfte die Beleuchtung keinesfalls unter die bei hellen Scheiben herabsinken.

Die erste Forderung mußte gestellt werden, um das Öffnen und Schließen, bez. Herablassen und Hochziehen der Vorhänge zu vermeiden, das besonders lästig ist, wenn vereinzelte Wolkenballen rasch vor die Sonne treten und wieder verschwinden.

Viel wichtiger ist dabei aber die Rücksicht auf die Gesundheit der Schüler. Da die Vorhänge vorzügliche Staub- und Bakterienfänge sind, so ergießt sich bei jeder Bewegung von ihnen aus eine im Sonnenlicht deutlich sichtbare Wolke von Staubteilchen und Mikroben über die Klasse. Das in Schulen so erschreckend rasche Umsichgreifen ansteckender Krankheiten darf sicherlich mit auf diese günstige Verbreitungsweise gesetzt werden.

Die Forderungen 2 und 3 scheinen schwer miteinander vereinbar zu sein. Mäßigte man die Sonnenstrahlen durch Mattglas, um Forderung 2 zu genügen, so durfte jedenfalls die obere Fensterhälfte kein solches erhalten, um Forderung 3 nicht zu widersprechen. Auch zeigte sich, daß es nicht genügte, wenn die Sonnenstrahlen nur durch ein einziges Mattglas gingen, da das Auge dann noch stark geblendet wurde.

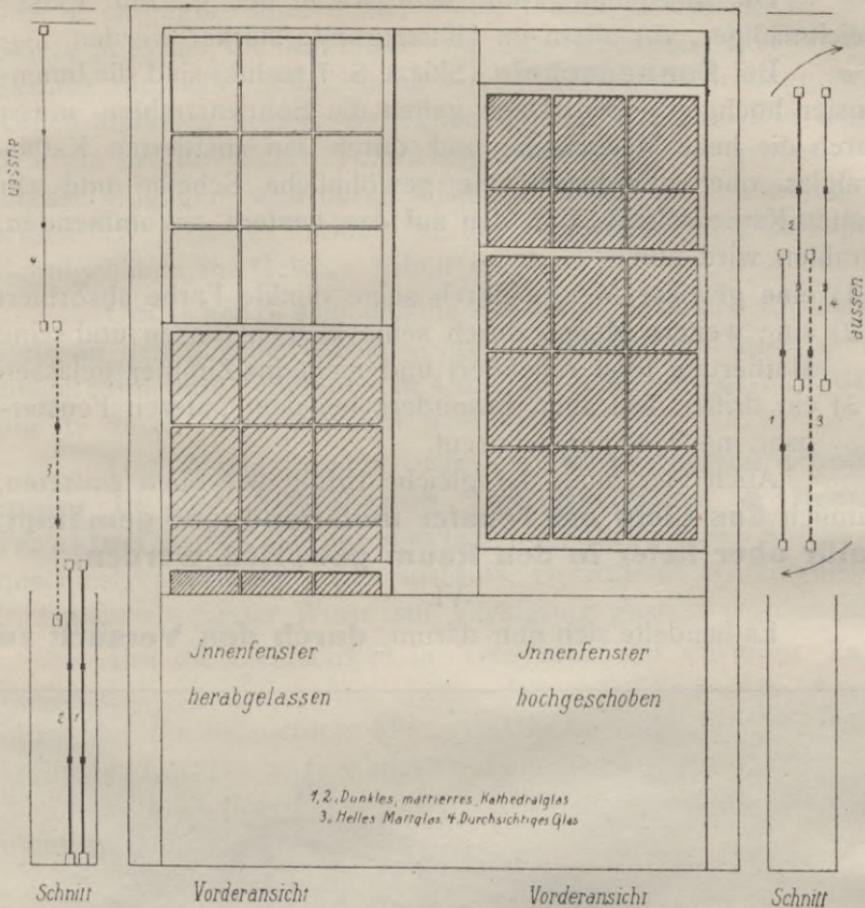
Sogar ein **halbes Innenfenster aus Mattglas**, was aus Sparsamkeitsgründen versucht wurde, genügte nicht, da es bei tiefem Sonnenstand nicht alle Strahlen abhing.

V.

So stellte sich denn als Endergebnis aller dieser Versuche folgende, allen Anforderungen genügende Konstruktion heraus:

Ein **Doppel-Fenster bestehend aus**

- 1) einem vollständigen inneren zweiteiligen Schiebefenster, das mit dunklem, auf der Innenseite durch Sandgebläse mattiertem, Cathedralglas versehen ist (Fenster 1 und 2),**
- 2) und einem äußeren zweiteiligen Schiebefenster, dessen untere Hälfte (Fenster 3) helles Mattglas,**



dessen obere (Fenster 4) durchsichtiges gewöhnliches Fensterglas enthält.

Die äußeren Fenster Teile können nur bis zur Fensterbank, die innern dagegen völlig bis auf den Fußboden herabgelassen werden.

Bei **dunklem Himmel** (Skizze links) befindet sich das innere Fensterpaar auf dem Fußboden und nimmt demnach kein Licht weg. Das äußere untere Mattfenster zerstreut aber das ankommende Licht so, daß

- 1) die Beleuchtung in der Nähe des Fensters gemäßigt wird,
- 2) eine größere Menge Licht in den Hintergrund des Zimmers geworfen wird. Dazu kommt
- 3) das Licht des obersten Fünftels bis Sechstels des Fensters, das durch Wegfall der Vorhänge frei geworden ist, und am tiefsten in den Raum dringt.

Die Beleuchtung muß demnach in der ganzen Klasse gleichmäßiger, vor allem im Hintergrunde stärker werden.

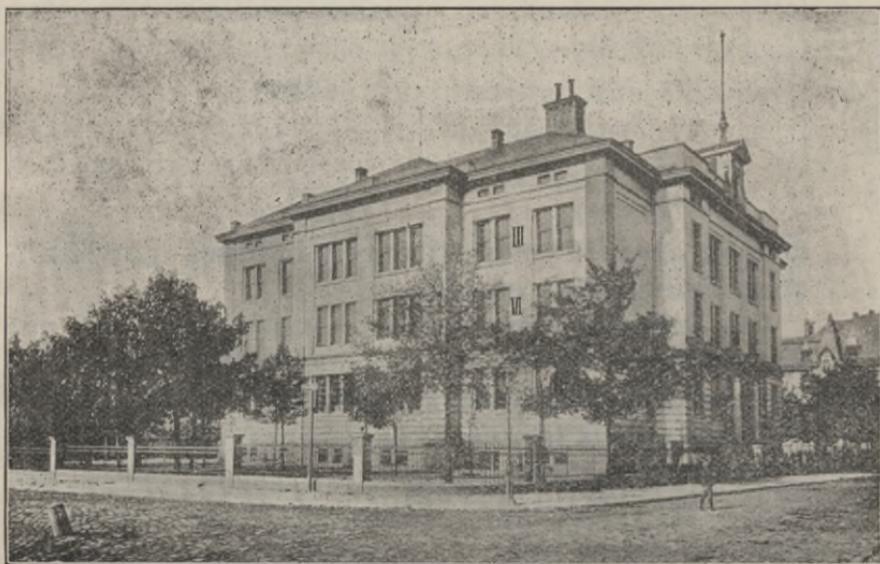
Bei **Sonnenschein** (Skizze S. 7 rechts) sind die Innenfenster hochgeschoben. Dann gehen die Sonnenstrahlen unten durch die helle Mattscheibe und durch ein mattiertes Kathedralglas, oben nur durch eine gewöhnliche Scheibe und ein mattes Kathedralglas. Von den auf das letztere ankommenden, Strahlen wird nun

- 1) eine gewisse Menge durch seine dunkle Farbe absorbiert
- 2) eine weitere Menge durch seine kleinen Blasen und seine Mattierung total reflektiert und nicht ins Zimmer gelassen
- 3) ein dritter Teil aber, besonders bei dem unteren Fensterpaar, noch weiter zerstreut.

Auch hier muss der gleiche Erfolg wie oben eintreten, nämlich **das Licht am Fenster muß genügend gemäßigt, dafür aber tiefer in den Raum geworfen werden.**

VI.

Es handelte sich nun darum, **durch den Versuch zu**



erweisen, daß die oben für die Lichtverteilung meiner Fensterkombination gezogenen Folgerungen auch tatsächlich eintreffen. Zu diesem Zweck war es nötig, eine Klasse vollständig mit solchen Fenstern auszurüsten, um die Lichtstärken messen zu können. Das städtische Bauamt führte

dies in entgegenkommendster Weise in der Obertertia (III der Skizze S. 8) aus, die nun mit der darunter liegenden Sexta (VI der Skizze), die helle Scheiben und sowohl Innen-Vorhänge wie Außen-Markisen besitzt, verglichen werden konnte. Die Baubehörde brachte diesen Versuchen deshalb ein so großes Interesse entgegen, weil deren Gelingen für sie in Zukunft eine wesentlich größere Freiheit in der Auswahl der Plätze für Schulgebäude im Gefolge haben mußte.

Um sicher zu sein, daß die Messungen in beiden Klassen*) stets an den gleichen Stellen vorgenommen wurden, waren diese ausgeräumt, ihre Fußböden in Quadrate geteilt und deren Mittelpunkte durch Nägel markiert worden.

Das Meßinstrument war ein **Weber'sches Photometer in der Ausführung von Hartmann & Braun Frankfurt a. M.**, das mir vom Leiter der Elektrischen Abteilung des hiesigen Physikalischen Instituts, Herrn Prof. Dr. Déguisne, in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt worden ist.

Um die Lichtstärken in Tischhöhe, 80 cm vom Fußboden entfernt zu erhalten, mußte das obere Ende des Apparates, das die beleuchtete Milchglasscheibe trägt, in diese Höhe kommen. Der Beobachter machte dann die Einstellung unten, auf dem Fußboden liegend, was zwar nicht sehr angenehm, aber eben nicht zu ändern war.

Jede Klasse hatte 54 Meßpunkte, und für jede Messung wurden 3 Ablesungen gemacht, aus denen das Mittel genommen wurde. Die darin liegenden Differenzen bedingen nur eine Meßgenauigkeit von 5⁰/₀, die für derartige Messungen indes völlig hinreicht. Diese 3mal 54 Beobachtungen mußten außerdem noch in möglichst kurzer Zeit gemacht werden, wenn das Bild der Lichtverteilung ein einigermaßen gleichzeitiges sein sollte. Dies war nur dadurch zu erreichen, daß stets 3 größere Schüler dabei halfen, von denen der eine den Apparat verschob, der 2te die Ablesung machte, der 3te die Zahlen aufschrieb. So blieb das Auge des Beobachters auf die Lichtstärke des Apparates akkommodiert und konnte die richtige Einstellung auf Lichtgleichheit so rasch vornehmen, dass die 162 Beobachtungen einer Klasse in der Regel nur etwa 1 Stunde in An-

*) Die beiden Bäume, die auf der Skizze scheinbar die Fenster der VI beschatten, liegen 7 m von der Front entfernt und erreichen die Fensterhöhe nicht.

spruch nahmen. Nur innerhalb dieser Grenze kann also von Gleichzeitigkeit gesprochen werden.

Das Maß der Helligkeit ist die Meter-Kerze (MK).

Es ist die Beleuchtung, die durch die „Normalkerze“, eine kleine Benzinflamme von ganz bestimmter Konstruktion und Größe, die in der Entfernung von 1 Meter sich befindet, auf einem weißen Blatt Papier hervorgebracht wird.

Um sich einen ungefähren Begriff von Beleuchtungsgrößen zu machen, stelle man über einem Tisch in der Höhe von 1 m eine gewöhnliche 16kerzige Glühlampe auf: auf ihm herrscht dann eine Lichtstärke von 16 MK. Befindet sich die Glühlampe, wie dies gewöhnlich auf Büros der Fall ist, $\frac{1}{3}$ m über dem Arbeitsplatz, so hat dieser, da in $\frac{1}{3}$ m die Lichtwirkung 9mal so groß ist wie in 1 m, eine Lichtstärke von 144 MK.

Eine gute Beleuchtung muß also über der Zahl von 100 MK liegen; als eine mäßige könnte man etwa die von 30–100 MK bezeichnen. Daraus ergibt sich, wie bescheiden das zulässige Minimum von 10 MK ist, unter das nach der gesetzlichen Bestimmung die Helligkeit in Schulräumen nicht sinken darf.

Die durch die Messungen erhaltenen Werte wurden nun in die Grundrisse beider Klassen (siehe die folgenden Tafeln) an den entsprechenden Stellen eingetragen, es sind dies die mit den kleinen Zahlen versehenen Punkte, wie ²⁸⁵●. Aus diesen Zahlenreihen wurden die Stellen ermittelt, an denen eine bestimmte gerade Zahl von Meterkerzen, etwa 200, 300, 600 MK etc. herrscht. Dies sind die mit kleinen Kreisen eingefassten Punkte.

Die Punkte gleicher Lichtintensität wurden nun durch Linien verbunden, und so entstanden die Lichtkurven, die ein klares und übersichtliches Bild der Beleuchtung geben. Auf diese Weise sind die mitfolgenden Tafeln konstruiert.

Eine weitere Handhabe zur Beurteilung der Beleuchtung bietet **die Abnahme der mittleren Lichtstärke vom Fenster nach dem Hintergrund.**

Um sie zu erhalten, bildet man die Mittel aus den Lichtzahlen der einzelnen Längsreihen und trägt sie in einem beliebigen Maßstab auf der zur Längsreihe senkrechten Linie an den entsprechenden Schnittpunkten an. So entsteht die mittlere „**Lichtabfallkurve**“, dieses Raumes. Will man 2 Räume von

verschiedener Lichtstärke vergleichen, so muss man die beiden Kurven auf ein einheitliches Maß reduzieren. Dieses ist die niederste Lichtzahl jedes einzelnen Raumes. Setzt man die beiden Minima, also beispielsweise (Skizze Seite 12) 20 MK für VI und 400 MK für III als Anfangspunkt der Skala und **geht dann nach Vielfachen der Minimalzahlen** (also von 20 und 400) weiter, so erhält man eine Skala, in die man die gefundenen Werte eintragen kann. Die Verbindungslinien geben dann die 2 Lichtabfallkurven, deren eine für III die Werte rechts: 400—1800 MK, deren 2te für VI (punktiert) die Werte links: 20—90 MK hat.

Eine Beleuchtung ist um so besser, gleichmäßiger, je weniger steil die Kurve verläuft und je mehr das Verhältnis des höchsten Mittelwertes zum niedersten der Zahl 1 sich nähert.

Um sich ferner einen Begriff zu machen, welche **Lichtmengen im Tageslicht vorhanden sind**, wurde am 8 August 1909 um 11¹⁵ morgens, während die Sonne mit voller Kraft schien, die Lichtstärke im Schatten eines Baumes gemessen. Der Augenschein ergab ein angenehmes Licht, bei dem ohne jede Blendung gelesen werden konnte, der Apparat zeigte **die riesige Lichtstärke von 6600 Meterkerzen an.**

Man hat offenbar im allgemeinen gar keine Vorstellung von den gewaltigen Lichtmengen, die sich im Tageslicht finden und von der Leichtigkeit, mit der sich das Auge durch Verkleinerung seiner Pupille auf diese einzurichten versteht.

Dies muß man sich vor Augen halten, wenn im folgenden bei der III Lichtzahlen von 1800 und 2400 Meterkerzen auftreten.

VII.

Eine Vergleichung der Lichtverhältnisse beider Klassen, die alle denkbaren Verhältnisse umfaßt, bedingte, daß die Messungen ausgeführt wurden:

- A** bei klarem Himmel, während die Sonne in das Zimmer schien,
- B** bei Sonnenschein mit wechselnder Bewölkung,
- C** bei klarem Himmel nachmittags, wenn kein Strahl ins Zimmer fiel,
- D** bei dicht bewölktem Himmel.

A

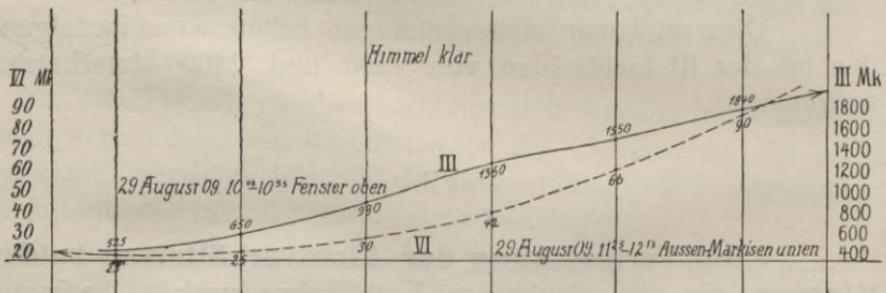
1) **29 August 1909; Himmel völlig klar.** Messung in III (Taf. 1) von 10^{08} — 10^{53} ; Sonnenhöhe 38° — 46° , Mittel 42° . Innenfenster hochgeschoben.

Messung in VI (Taf. 2) von 11^{25} — 12^{13} ; Sonnenhöhe 46° — 45° , Mittel $45\frac{1}{2}^{\circ}$. Außenmarkisen herabgelassen.

Die Messung wurde in III von links vorn nach rechts hinten, in VI von hinten nach dem Fenster zu vorgenommen. Sie endigte in III um 10^{53} und begann in VI um 11^{25} . Die Verhältnisse im Hinterraum beider Zimmer lagen demnach zeitlich ziemlich nahe beisammen. Bezüglich der Sonnenhöhe waren sie aber in VI viel günstiger als in III, da der Stand der Sonne während der ganzen Meßzeit hier nur um 1° abnahm.

Nun ergibt sich, daß in **III (Tafel 1) die Kurve der 600 Meterkerzen beinahe den ganzen Raum der Klasse umfaßt, während in VI (Taf. 2) nur etwa $\frac{2}{3}$ des Raumes eine Beleuchtung von über 30 MK, also nur den 20ten Teil der anderen Klasse besitzt.** In einem Drittel dieser Klasse sinkt die Lichtstärke unter 30 MK, also auf eine schlechte künstliche Beleuchtung herab.

In beiden Klassen steigt sie gegen das Fenster zu auf etwa den 4fachen Betrag, in VI herrscht aber nur ganz in der Nähe des Fensters eine „gute Beleuchtung“ (über 90 MK), in III dagegen eine solche von 2400 MK.

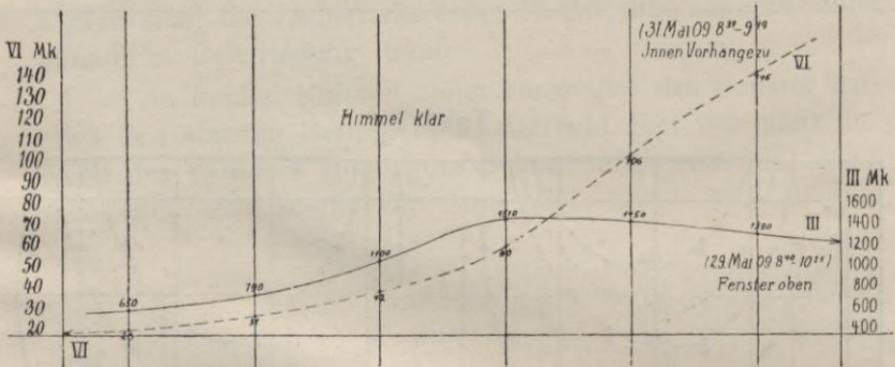


Die **Lichtabfallkurve** zeigt, daß die mittlere Lichtstärke in der Richtung vom Fenster nach dem Hintergrund des Zimmers zu in III bis zur Mitte bedeutend langsamer abnimmt als in VI. Das Verhältnis der äußersten Werte (in III $1840 : 525$ MK = 3,5; in VI $90 : 23$ MK = 3,9) ist ungefähr gleich.

2) **29 Mai 1909; Himmel klar, nur von 9²⁰ ab dünner Nebelschleier.** Messung in III (Taf. 3) von 8⁴⁸—10²⁰; Sonnenhöhe 38⁰—53⁰, Mittel 45¹/₂⁰. Innenfenster hochgeschoben.

31 Mai 1909; Himmel völlig klar. Messung in VI (Taf. 4) von 8³⁹—9⁴⁹; Sonnenhöhe 42⁰—49⁰, Mittel 45¹/₂⁰. Innenvorhänge vorgezogen, mit Nadeln zusammengesteckt und mit Reißnägeln an den Fensterrahmen befestigt.

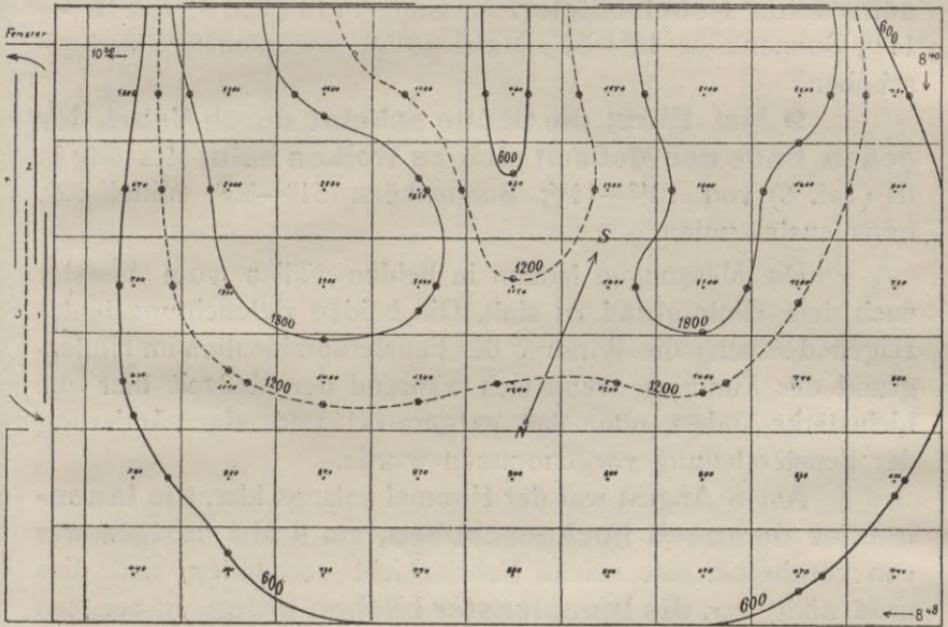
Zeit und Sonnenhöhe stimmen in beiden Klassen überein. In III (Tafel 3) wurde nach dem Fenster zu gemessen, daher sind die letzten Messungen durch den Nebelschleier beeinflusst. Dies gibt sich in dem Zusammenziehen der Lichtsäcke und dem Fehlen der 2400 MK Kurve der Taf. 1 zu erkennen. Davon abgesehen stimmt aber das Beleuchtungsbild mit dieser überein. In VI (Tafel 4) reicht die 30 MK Kurve etwa bis zum hintersten Sechstel der Klasse, während wenigstens das vorderste Drittel eine gute Beleuchtung (über 90 MK) zeigt. Die Lichtstärke steigt aber in dieser Klasse von 30 MK auf 180 MK, also das 6fache, in III nur von 600 auf 1800, das 3fache.



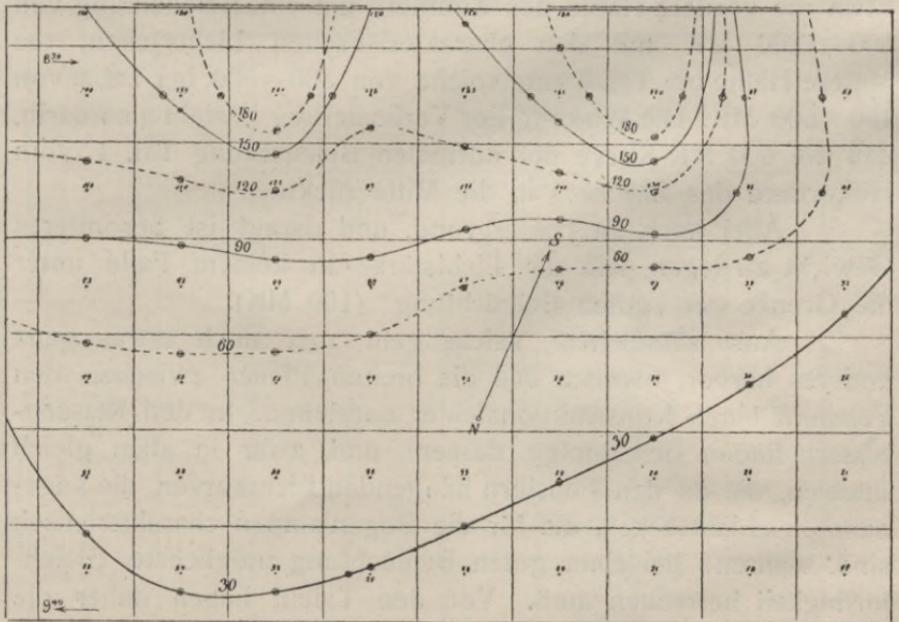
Die Lichtabfallkurve zeigt in III deutlich die Tendenz das Maximum der mittleren Lichtstärke gegen den Hintergrund zu verlegen. Es liegt hier in der Mitte und verhält sich zum Minimum wie 1510: 650 MK = 2,3. In VI liegt es am Fenster und zeigt das Verhältnis 145 : 26 MK = 5,6.

Außerdem ist zu beachten, das in VI durch Befestigen der Vorhänge ein idealer Fall geschaffen worden ist, der gewöhnlich nicht vorliegt. Durch die Lücken zwischen den Vorhängen stehen sich nämlich immer vereinzelte Lichtstrahlen in die Klasse und bilden auf den schwach beleuchteten Büchern blendende Streifen.

Tafel 3.



Taf. 4.



B

1) **8 August 1909; Himmel klar, von $10^{3/4}$ ab schwacher Nebelschleier.** Messung in III (Taf. 5) von 10^{05} — 11^{01} ; Sonnenhöhe 45^0 — 52^0 , Mittel $48\frac{1}{2}^0$. Innenfenster hochgeschoben.

9 Mai 1909; die Sonne scheint durch Nebel, der gegen Ende der Meßzeit sich zu Wolken ballt. Messung in III (Taf. 6) von 10^{46} — 11^{54} ; Sonnenhöhe 51^0 — 53^0 , Mittel 52^0 . Innenfenster unten.

Die Messungen fanden in beiden Fällen vom Fenster nach dem Hintergrund zu statt. Die beiden Beleuchtungsbilder zeigen demnach die Wirkung der Fensterkombination im Hintergrund des Zimmers, wenn sich während der Meßzeit hier die Lichtstärke ändert, ohne daß es gemerkt und eine Änderung der Fensterstellung vorgenommen wurde.

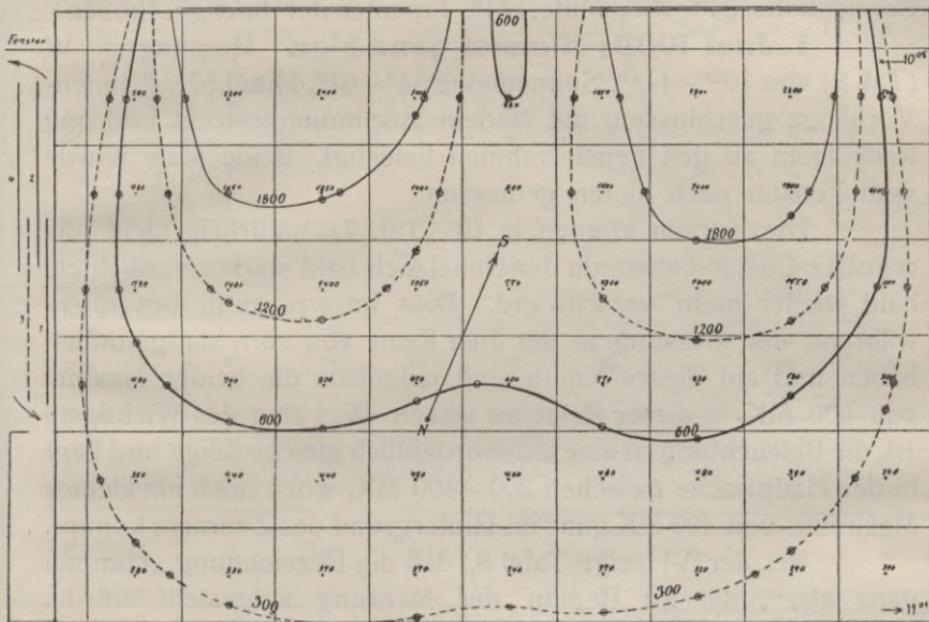
Am 8 August war der Himmel anfangs klar, **die Innenfenster demnach hochgeschoben**, am 9 Mai dagegen war von vornherein eine solche Nebelschicht vorhanden, daß dies nicht nötig war, **die Innenfenster blieben unten**. In der 2ten Hälfte der Meßzeit verfinsterte sich im ersten Fall der Himmel etwas, im zweiten nahm die Verdunkelung zu.

Die Bilder zeigen in beiden Fällen den gleichen Typus. Etwa die vordere Hälfte des Zimmers hat eine Beleuchtung von 600—1800 MK mit den charakteristischen Lichtsäcken, die hintere Hälfte bei Taf. 5 eine solche von 300—600, bei Taf. 6 von 150—600 MK. Die Wirkung der Verfinsterung besteht also darin, daß die 600 MK-Kurve der normalen Beleuchtung Taf. 1 vom Hinterrand des Zimmers in die Mitte rückt.

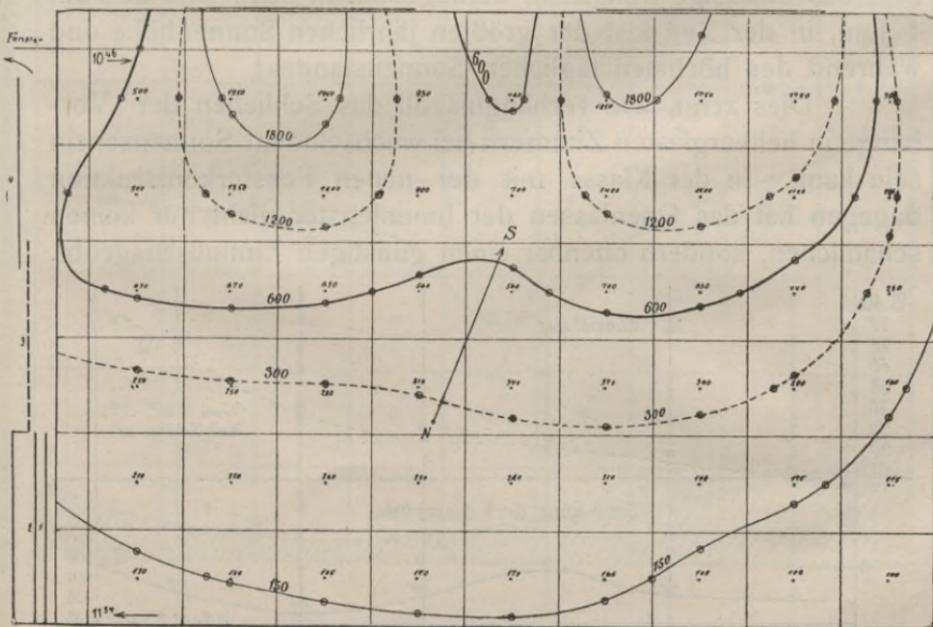
Aber auch im Hintergrund, und darauf ist besonderes Gewicht zu legen, fällt die Lichtstärke in keinem Falle unter die Grenze der „guten Beleuchtung“ (100 MK).

Aus sämtlichen Tafeln geht aber noch etwas ganz anderes hervor, nämlich daß die breiten Pfeiler zwischen den Fenstern einen Konstruktionsfehler darstellen. In den Klassenbildern finden sich infolge dessen, und zwar in allen gleich deutlich, die an den Fenstern hängenden Lichtkurven, die sogenannten „Lichtsäcke“, die für die Bogenlampen charakteristisch sind, während bei einer guten Beleuchtung mögliche Gleichförmigkeit herrschen muß. Von den Tafeln haben daher die Nummern 9 und 11 die beste Lichtverteilung.

Tafel 5.



Tafel 6.



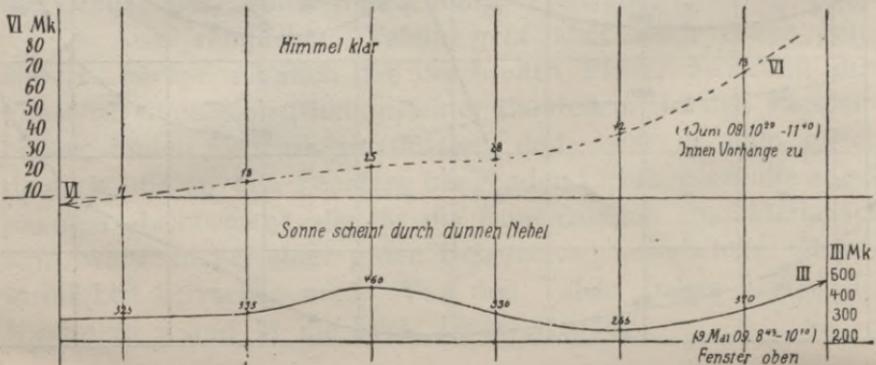
2) **9 Mai 1909; die Sonne scheint durch dünnen veränderlichen Nebel;** Messung in III (Taf. 7) von 8^{43} — 10^{10} ; Sonnenhöhe 34^0 — 48^0 , Mittel 41^0 . Innenfenster hochgeschoben.

1 Juni 1909; Himmel ganz klar. Messung in VI (Taf. 8) von 10^{29} — 11^{40} ; Sonnenhöhe 54^0 — 61^0 , Mittel $57\frac{1}{2}^0$. Innen-Vorhänge geschlossen, mit Nadeln zusammengesteckt und mit Reißnägeln an den Fensterrahmen befestigt. Beide Male wurde vom Fenster nach hinten gemessen.

Die Kurven können in III (Taf. 7) natürlich nicht die reguläre Gestalt haben, da der Nebel sich bald stärker verdichtete bald wieder mehr verschwand. Dies letztere muß besonders während der Messung in der 4ten Reihe von vorn stattgefunden haben und auf dieses Konto sind jedenfalls die beiden Maxima von 600 MK. in dieser Reihe zu setzen. Was aber das Wichtigste ist, die Beleuchtung ist eine außerordentlich gleichmäßige und liegt in der Hauptsache zwischen 200—400 MK, wozu noch ein kleines Maximum von 400 MK ganz im Hintergrund des Zimmers kommt.

Bei der VI zeigt Tafel 8, daß die Bezeichnung „Himmel ganz klar“, die zu Beginn der Messung aufgestellt wurde, unzutreffend ist. Sicher in der letzten Meßzeit, wahrscheinlich aber schon früher mußten Wolken vor die Sonne getreten sein, die nicht bemerkt worden sind. Andernfalls könnte die Lichtstärke im hintersten Siebtel der Klasse nicht unter 10 MK, das zulässige Minimum, herabgesunken sein. Und dies am 1 Juni, in der Zeit fast der größten jährlichen Sonnenhöhe und während des höchsten täglichen Sonnenstandes!

Dies zeigt, wie verhängnisvoll das Schließen der Vorhänge in hellverglasten Zimmern bei wechselndem Sonnenschein sein kann. In der Klasse mit der neuen Fensterkonstruktion dagegen hat das Obenlassen der Innenfenster nicht nur keinen schädlichen, sondern offenbar einen günstigen Einfluß ausgeübt.



Die Lichtabfallkurve zeigt in III ein Zurückdrängen des Maximums fast bis ins letzte Drittel der Klasse und ein Verhältnis der äußersten Werte $460 : 265 \text{ MK} = 1,7$, während dies in VI $73 : 11 \text{ MK} = 6,6$ ist.

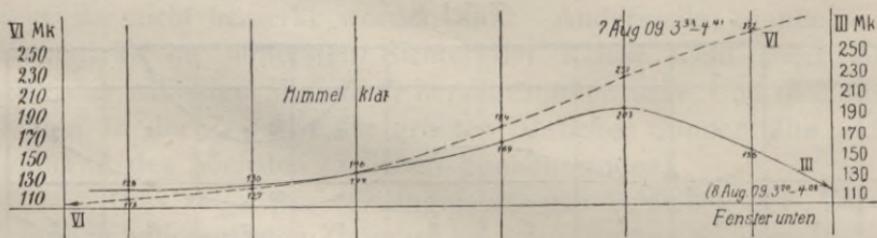
C.

8 August 1909; Himmel ganz klar, kein Sonnenstrahl fällt ins Zimmer. Messung in III (Taf. 9) von 3^{20} — 4^{08} . Innenfenster herabgelassen.

7 August 1909; Himmel ganz klar, kein Sonnenstrahl ins Zimmer. Messung in VI (Taf. 10) von 3^{33} — 4^{41} ; Vorhänge zurück. Beide Male wurde von hinten nach vorn gemessen.

Die ganze III (Taf. 9) besitzt eine Lichtstärke im wesentlichen zwischen 100 und 200 MK. Die 2 Maxima liegen im vorderen Drittel der Klasse; die 150 MK-Kurve zeigt ein deutliches Anschwellen nach hinten.

In der VI (Taf. 10) herrscht gleichfalls gute Beleuchtung, sie steigt aber gleichmäßig von 100—300 MK in der Richtung von hinten nach dem Fenster.



Die Lichtabfallkurve zeigt deutlich die Wirkung der äußeren Mattscheibe der Fensterkombination, die das Licht am Fenster der III mäßigt.

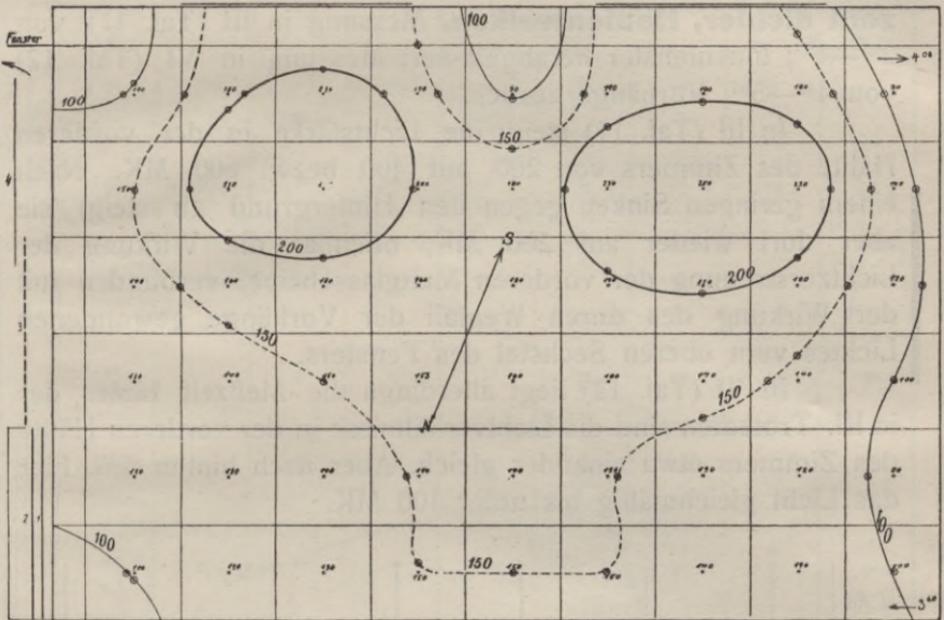
Der Mittelwert der ersten Messungsreihe (am Fenster) beträgt in III 156, in VI 272 MK.

Dagegen ist der gleiche Wert für die hinterste Reihe in III 128, in VI 115 MK.

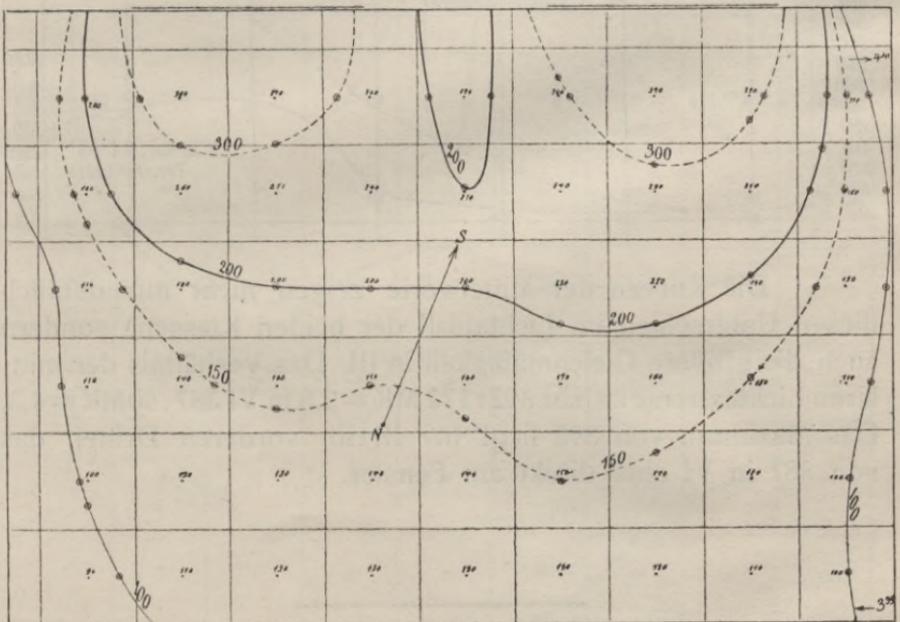
Das Verhältnis ist demnach in III $156 : 128 \text{ MK} = 1,2$;
in VI $272 : 115 \text{ MK} = 2,4$.

Also ist auch in diesem Falle die Beleuchtung in III gleichmäßiger, als in VI.

Tafel 9.



Tafel 10.

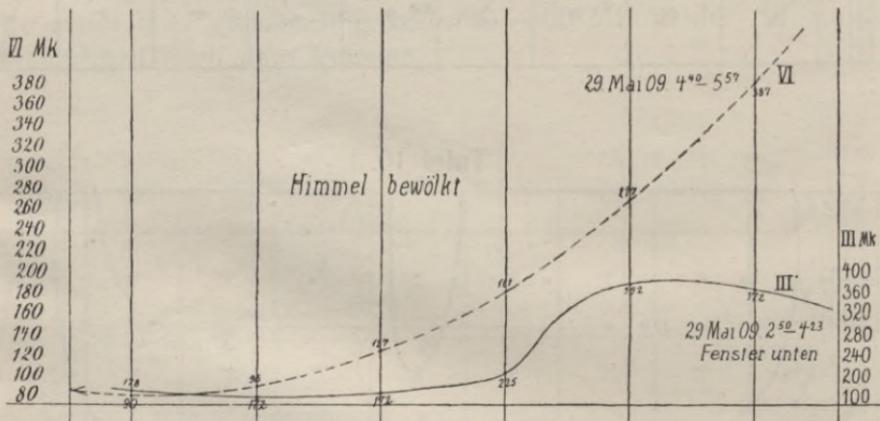


D.

29 Mai 1909; Himmel leicht bewölkt, am Horizont dichter, Haufenwolken. Messung in III (Taf. 11) von 2^{58} — 4^{28} ; Innenfenster herabgelasser; Messung in VI (Taf. 12) von 4^{40} — 5^{57} ; Vorhänge zurück.

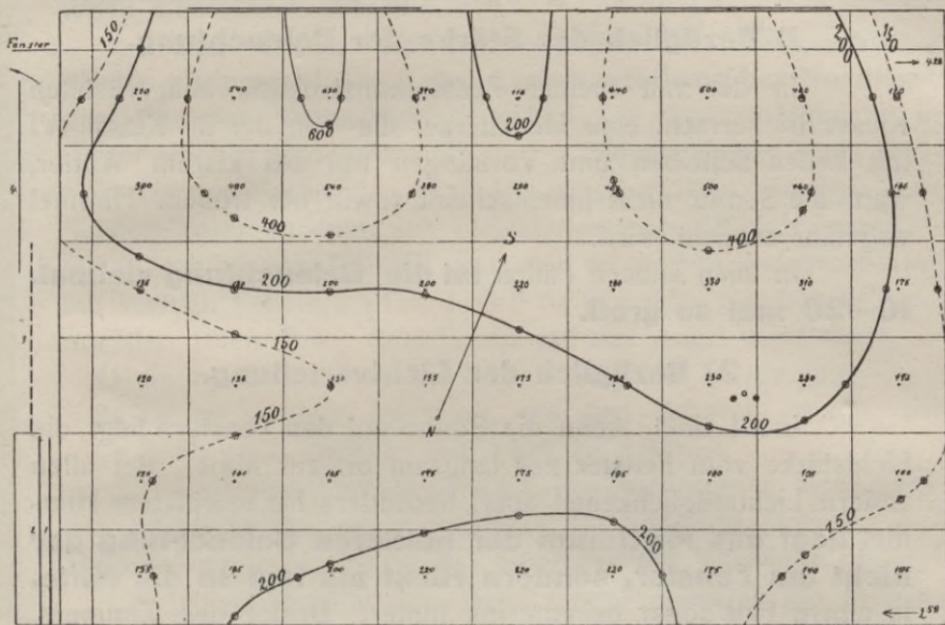
In III (Taf. 11) steigt die Lichtstärke in der vorderen Hälfte des Zimmers von 200 auf 400 bzw. 600 MK. Nach einem geringen Sinken gegen den Hintergrund zu steigt sie aber dort wieder auf 200 MK, offenbar die Wirkung der Lichtzerstreuung der vorderen Mattglasscheibe, verbunden mit der Wirkung des durch Wegfall der Vorhänge gewonnenen Lichtes vom oberen Sechstel des Fensters.

In VI (Taf. 12) liegt allerdings die Meßzeit hinter der in III. Trotzdem sind die Lichtverhältnisse in der vorderen Hälfte des Zimmers etwa einander gleich. Aber nach hinten sinkt hier das Licht gleichmäßig bis unter 100 MK.

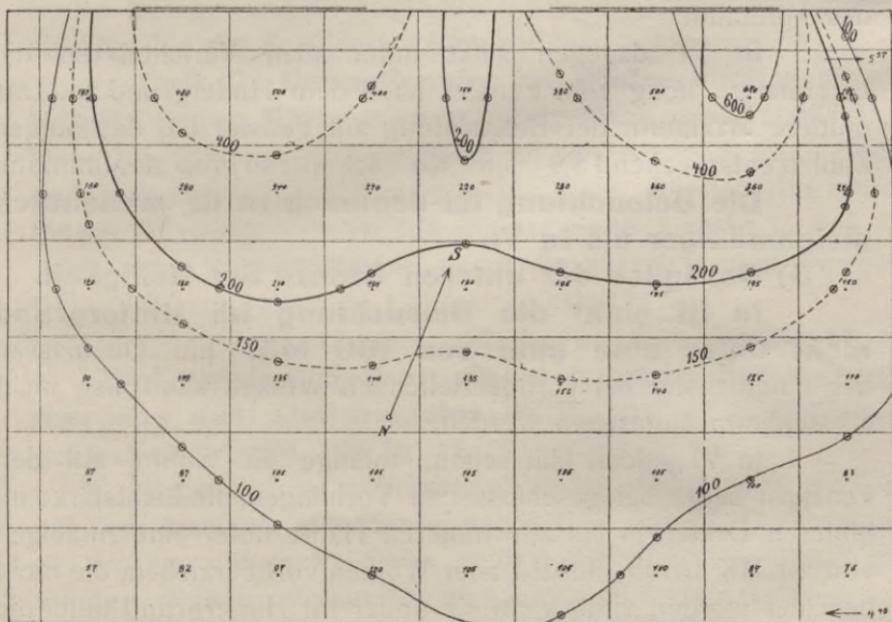


Die Kurven der Mittelwerte zeigen nicht nur deutlich diesen Unterschied im Lichtabfall der beiden Klassen, sondern auch die größere Gleichmäßigkeit in III. Das Verhältnis der mittleren Lichtextreme ist hier $392 : 172 \text{ MK} = 2,8$ in VI $387 : 90 \text{ MK} = 4,3$. Das Maximum von 392 liegt bei III im vorderen Drittel, das von 387 in VI aber direkt am Fenster.

Tafel 11.



Tafel 12.



VIII.

Aus den Messungen geht nun mit Sicherheit hervor:

1) Bezüglich der Stärke der Beleuchtung.

In der mit meiner Fensterkonstruktion ausgerüsteten Klasse III herrscht eine Lichtstärke, die von der in Klasse VI mit hellen Scheiben und Vorhängen nur bei klarem Wetter, wann die Sonne nicht hineinscheint, sowie bei trübem Himmel ungefähr erreicht wird.

In allen andern Fällen **ist die Beleuchtung vielmal, 10—20 mal so groß.**

2) Bezüglich der Lichtverteilung.

In III sinkt, wenn die Sonne auf den Fenstern liegt, die Lichtstärke vom Fenster aus langsam bis zur Mitte. Bei allen andern Lichtmöglichkeiten aber, besonders bei bewölktem Himmel **liegt das Maximum der mittleren Beleuchtung gar nicht am Fenster, sondern rückt bis fast in die Mitte**, in einem Fall sogar beinahe ins hintere Drittel des Zimmers. Es findet dann sogar noch ein geringes Ansteigen der Lichtintensität im Hintergrund statt. Das mittlere Maximum ist in den verschiedenen Fällen nur 3,5 2,3 1,7 2,8 mal so groß wie das Minimum.

In VI dagegen sinkt unter allen Verhältnissen die Lichtmenge stetig vom Fenster nach dem Hintergrund zu. Das mittlere Maximum der Beleuchtung am Fenster ist, den obigen Zahlen entsprechend 3,9 5,6 6,6 4,3 mal so groß als Minimum.

Die Beleuchtung ist demnach in III wesentlich gleichmäßiger als in VI.

3) Bezüglich der unteren Grenze der Helligkeit.

In III sinkt die Beleuchtung im Hintergrund nicht unter eine gute von 100 MK. Ein Obenlassen der Innenfenster bei vorüberziehenden Wolken kann also nicht als schlimm angesehen werden.

In VI jedoch fällt schon, solange die Sonne auf den Fenstern liegt, bei geschlossenen Vorhängen, die Lichtstärke im hinteren Drittel, ja bis zur hinteren Hälfte unter eine „mäßige“ von 30 MK herab. Sobald aber Wolken vorüberziehen, die nicht beachtet worden sind, kann sie sogar im Hintergrund unter die zulässige Minimalgrenze von 10 MK herabsinken (Taf. 8).

Daß die Fensterkonstruktion demnach hellen Scheiben mit Vorhängen weit überlegen ist, kann nicht wohl bestritten werden.

Die durch sie hervorgebrachte Beleuchtung dürfte aber wohl auch der Lichtverteilung bei Nordlage der Fenster vorzuziehen sein. Die Lichtverhältnisse in einem solchen Raume am Vormittag können denen eines Südzimmers am Nachmittag (Taf. 10) gleich gesetzt werden. Die Schüler kommen dann aus Lichtstärken von 6000 MK im Schulhof in solche von 100 MK also den 60ten Teil, bei der Klasse mit meinen Fenstern (Taf. 1 und 3) in solche von 600 MK also nur den 10ten Teil. Schädigend auf das Auge wirkt aber:

- 1) die rasche und starke Veränderung der Lichtmenge,
- 2) die zu geringe Intensität, die den Schüler zwingt, das Buch allzu nahe an das Auge zu nehmen.

Und dies letztere ist auch bei Nordräumen nicht gänzlich zu vermeiden, da im Sommer die Sonne ja morgens und abends hineinscheint und das Schließen der Vorhänge bedingt.

Meine Fensterkonstruktion dürfte demnach die Aufgabe „das Licht bei Sonnenschein und gleichzeitigem Wegfall der Vorhänge genügend zu mäßigen“ einwandfrei lösen und somit ohne Bedenken gestatten, die Fenster der Schulgebäude nach Süden zu legen und die gesundheitlichen Wirkungen der Sonnenstrahlen für die Schüler auszunutzen.

Daß die Doppelfenster im Winter auch noch als Schutz gegen Kälte wirken, ist eigentlich selbstverständlich. Denn im Winter scheint die Sonne an klaren Tagen, wann Nacht und Morgen strenge Kälte bringen. Dann können die Innenfenster so geschoben werden (Skizze Seite 7 rechts), daß ein genügender Wärmeabschluß durch die zwischen den Fenstern lagernde, kaum bewegte Luftschicht erreicht wird.

Nur noch nebenbei soll die zufällige **Beobachtung erwähnt werden, daß an einem warmen Sommertage morgens das Thermometer in III um 2° C niedriger gefunden wurde, als in VI.**

Begreiflich ist ja dieser Tatbestand, da die Wärmestrahlen bei dem 2maligen Durchgang durch Glas und besonders durch die 2malige diffuse Reflexion an den Mattscheiben ebenso gemindert werden müssen, wie die Lichtstrahlen, und da außerdem durch die gute Ventilation stets frischere Luft ins Zimmer kommt.

In VI ist der Luftwechsel durch die geschlossenen Vorhänge behindert. Durch die hellen Scheiben geht aber eine größere Menge Wärmestrahlen, als durch die matten der andern Klasse, erwärmt die Vorhänge und damit die Luft. Leider war diese Beobachtung zu spät gemacht worden, um eine vergleichende Messungsreihe noch durchführen zu können. Dies soll aber sobald als möglich nachgeholt werden.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW**

5 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II 31110
L. inw.

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300043