

**Zeitschrift:** Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Schulgesundheitspflege  
= Annales de la Société Suisse d'Hygiène Scolaire

**Herausgeber:** Schweizerische Gesellschaft für Schulgesundheitspflege

**Band:** 5 (1904)

**Rubrik:** Die Beleuchtung des Schulzimmers

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## 6. Die Beleuchtung der Schulzimmer.

### a) Die Tagesbeleuchtung.

*Referat von Dr. F. Erismann,  
Stadtrat in Zürich.*

---

Es handelt sich hier nicht darum, die ganze Frage der Tagesbeleuchtung der Schulzimmer aufzurollen. Diese Aufgabe würde den Umfang eines gewöhnlichen Referates weit überschreiten. Ich möchte nur, auf Grund persönlicher Untersuchungen, meine Ansicht aussprechen: 1. Über die Unzweckmässigkeit des Lichteinfalles von verschiedenen Seiten her, und 2. über die Orientierung der Schulzimmer nach den verschiedenen Himmelsrichtungen. Die Untersuchungen, auf welche ich mich hierbei stütze, sind alle mit Hülfe des Weberschen Milchglasphotometers und grösstenteils in neueren und älteren Schulhäusern der Stadt Zürich ausgeführt worden.

### I. Die Frage des Lichteinfalles.

Als im Laufe der letzten Jahrzehnte die Hygiene sich auch der Frage des Schulhausbaues bemächtigte, entstand zunächst das geflügelte Wort, dass ein Klassenzimmer nie zu viel Licht haben könne, und man trachtete in der Tat darnach, diese Räume mit Fenstern von möglichst vielen Seiten her zu versehen. Man baute — und baut nicht selten auch jetzt noch — Schulhäuser, deren Zimmer die ganze Tiefe des Gebäudes einnehmen, an allen drei Aussenwänden Fenster besitzen und den Eindruck einer Laterne machen; oder, wo ein durchgehender Zentral- oder ein Seitenkorridor vorhanden ist, gibt man wenigstens den Eckzimmern Licht von zwei Seiten her und glaubt, hierdurch die Interessen der Schulkinder, mit Bezug auf die Belichtung der Arbeitsplätze, in richtiger Weise gewahrt zu haben. Der Forderung des linksseitigen Lichteinfalles, dessen Notwendigkeit die moderne Schulhygiene als ein Axiom betrachtet, glaubt man Genüge geleistet zu haben, wenn man, neben den anderen Fenstern, auch solche an bringt, welche den Schultischen Licht von links her geben.

Allerdings hat man so ziemlich allgemein eingesehen, dass eine Aufstellung der Schulbänke, bei welcher die Kinder Licht von vorne erhalten würden, unzulässig ist, und wo die Bänke nicht anders plaziert werden können, blendet man auf irgend eine Weise das den Kindern direkt in die Augen fallende Licht ab. Dagegen wird es noch von vielen für durchaus zweckmässig gehalten, wenn die Schulbänke nicht nur von links her, sondern auch noch von rechts und von hinten Licht erhalten, oder wenn wenigstens im Rücken der Schüler sich Fenster befinden.

Und doch ist der oben erwähnte Satz, einem Schulzimmer könne nie zu viel Licht zugeführt werden, in seiner Allgemeinheit unrichtig. Er wird nur dann zutreffend, wenn man mit ihm den zweiten Satz verbindet: es muss das Licht auch von der richtigen Seite einfallen. Und es braucht hier keines weiteren Beweises dafür, dass nur diejenige Seite als die richtige anerkannt werden kann, welche das Licht so auf die Schulbänke fallen lässt, dass bei schriftlichen Arbeiten auf den Schreibheften keine hindernden Schatten entstehen. Dies ist unmöglich, wenn die Arbeitsplätze von rechts her beleuchtet werden und namentlich dann, wenn das Licht vorzugsweise von rechts und hinten auf das Heft fällt. Die schreibende Hand und die Feder werfen dann einen sehr unliebsamen Schatten; es entstehen unangenehme Lichtkontraste, und diejenige Stelle des Heftes, an welcher das Kind schreiben soll, wird verdunkelt. Diesen Zustand suchen die Kinder auf alle mögliche Weise zu vermeiden; und da ihnen dies bei einer einigermassen richtigen Schreibhaltung nicht gelingt, so nehmen sie die verschiedensten, oft sozusagen abenteuerlichsten Körperstellungen an, was natürlich nur unter Hintansetzung aller hygienischen Forderungen an die beim Schreiben zu beobachtende Körperhaltung geschehen kann. Es ist selbstverständlich, dass hiebei die Ermahnungen des Lehrers zum Geradesitzen absolut erfolglos sind, weil die Beleuchtungsverhältnisse das Kind zwingen, seinen ganzen Körper in eine schiefe Lage zu bringen. Am häufigsten sieht man diese Bilder da, wo in grossen, von drei Seiten beleuchteten Klassenzimmern von einem Lehrer zwei Klassen unterrichtet werden, von denen die eine das Licht von links und hinten, die andere dasselbe von rechts und hinten erhält. Diese letztere ist dann in der oben geschilderten fatalen Situation, die nur dadurch vermieden werden könnte, dass eine Drehung der Schulbänke um  $180^{\circ}$  vorgenommen würde; dann bekäme diese Abteilung das Licht von links und vorn, und bei Abblendung der vorn liegenden

Fenster bliebe der Lichteinfall von links. Ich habe in einigen Fällen, bei Gelegenheit von Schulbesuchen in derartigen Klassen die betreffenden Lehrer auf diesen Ausweg aufmerksam gemacht, aber leider ohne Erfolg; aus verschiedenen Scheingründen verhält man sich einer gewiss im Interesse der Kinder liegenden Massregel gegenüber ablehnend. Immerhin wird im allgemeinen anerkannt, dass Lichteinfall von rechts her in Klassenzimmern zu vermeiden sei und wird hierauf beim Bau neuer Schulhäuser in der Regel gebührende Rücksicht genommen.

Anders verhält es sich mit Bezug auf den Lichteinfall von hinten, im Rücken der Kinder. In den Eckzimmern älterer und neuerer Schulhäuser findet man nicht selten neben den linksseitigen Fenstern, die allein schon zur Beleuchtung des Zimmers genügen würden, noch ein oder zwei Fenster im Rücken der Schüler angebracht, und die Ansichten über die Bedeutung dieser letzteren Fenster scheinen bei den für den Schulbau massgebenden Persönlichkeiten und Instanzen noch nicht abgeklärt zu sein. Gewöhnlich werden für diese zweiseitige Beleuchtung der Eckzimmer folgende Gründe angeführt: einmal stellt man es als eine Forderung der Aesthetik an die Architektur des Schulgebäudes hin, dass auch die Seitenfassaden desselben Fenster haben sollen; und sodann wird gesagt, das Anbringen dieser Fenster geschehe im Interesse der Helligkeit und der guten Durchlüftung der betreffenden Zimmer.

Da nun durch die im Rücken der Schüler angebrachten Fenster das Prinzip der ausschliesslich linksseitigen Beleuchtung der Klassenzimmer, an welchem wohl die Mehrzahl der Schulhygieniker gegenwärtig festhält, durchbrochen wird, so frägt es sich sehr, ob wirklich die dafür ins Feld geführten Gründe stichhaltig sind. Notwendig können diese hinteren Fenster in keinem Falle sein, weder für die Beleuchtung noch für die Durchlüftung der Zimmer; denn müsste man diese Notwendigkeit zugestehen, so wäre ja damit gesagt, dass alle an der vorderen oder hinteren Fassade liegenden Zimmer, die, soweit sie nicht Eckzimmer sind, überhaupt keine Doppelbeleuchtung haben können, sondern ihr Licht nur von links erhalten, schlecht oder wenigstens ungenügend sind. Und das wird doch niemand behaupten wollen; man müsste dann, folgerichtig, zu einer ganz anderen Architektur der Schulgebäude übergehen. Aber diese Fenster könnten, wie gesagt, zur Verschönerung des Gebäudes und auch der betreffenden Zimmer beitragen und dürften somit jedenfalls geduldet werden, wenn mit ihrem Vorhandensein sich keine Unzuträglichkeiten für die

Kinder geltend machen. Hierauf kommt es also an, und diese Frage habe ich durch eine Reihe photometrischer Untersuchungen zu entscheiden gesucht.

Man muss von vorneherein zugeben, dass die allgemeine Helligkeit eines Zimmers mit sonst linksseitiger Beleuchtung durch Anbringen von Fenstern in der Rückwand erhöht wird; und hätte man es mit einem Wohnraum zu tun, so könnte das hiemit gewonnene Plus von Licht nur begrüsst werden. Aber die hygienischen Forderungen an Schulzimmer, mit Bezug auf Beleuchtung, sind eben besondere, von denjenigen an Wohnräume und andere Lokale abweichende, und die Hygieniker dringen nicht umsonst von jeher auf einseitige und zwar ausschliesslich linksseitige Tagesbeleuchtung der Unterrichtsräume. Es hat sich nämlich gezeigt, dass auch bei Lichteinfall von hinten sich auf die Schreibhefte störende Schatten legen, welche, je nach Umständen, durch die rechte Hand, den Kopf oder sogar durch den Oberkörper des Schreibenden hervorgerufen werden. Wie sehr diese Schatten die Helligkeit der Arbeitsplätze beeinträchtigen, soll an einigen Beispielen gezeigt werden.

In einem älteren Schulhause (a. Wolfbach), das seiner Lage wegen nicht sehr günstige Beleuchtungsverhältnisse bietet, wurde zur Untersuchung ein Eckzimmer im Parterre gewählt. Das Zimmer hat an der nach NW gerichteten hinteren Hauptfassade eine Länge von 6,7 m und ein Fenster, an der nach SW orientierten Seitenfassade 9 m und zwei Fenster. Es sind grosse Doppelfenster von 2,5 m Höhe und 2,75 m Breite. Die Schulbänke waren derart aufgestellt, dass die Schüler zu ihrer Linken nur das eine Fenster hatten und von hinten Licht durch zwei Fenster erhielten. Jede Bank war für fünf Schüler bestimmt; in der Breite des Zimmers standen je zwei derartige Bänke. Der Tag war trüb, doch nicht sehr neblig (6. II. 1898). Die Beobachtungen fielen auf die Zeit von  $9\frac{1}{2}$  Uhr morgens bis 1 Uhr nachmittags. An dieser Stelle bietet Interesse eine Vergleichung der Platzhelligkeiten auf der vordersten, der dritten und der hintersten Bankreihe. Die letztere wurde einerseits bei leeren, anderseits bei durch Schüler besetzten Bänken untersucht; im zweiten Fall war, namentlich wenn die Schüler Schreibstellung einnahmen, Gelegenheit zur Schattenbildung auf den Heften gegeben, und es sollte bestimmt werden, inwieweit durch das Auftreten dieser Schatten die durch die im Rücken der Kinder befindlichen Fenster hervorgerufene Helligkeit paralisiert wird. Die erhaltenen Resultate werden durch folgende Zahlenreihen (in Meterkerzen) ausgedrückt:

Plätze	Vorderste Bankreihe	Dritte Bankreihe	Hinterste Bankreihe	
			Ohne Schüler	Mit Schüler (Schattenbildung)
I	128	140	196	102
II	99	112	219	74
III	72	98	350	79
IV	61	94	312	79
V	55	80	279	65
VI	47	45	223	55
VII	41	41	143	54
VIII	36	30	120	48
IX	29	29	154	36
X	23	33 <sup>1)</sup> )	227	39

Die vorderste Bankreihe, und ebenso die dritte, war relativ schlecht beleuchtet; alle Plätze der zweiten, vom linksseitigen Fenster entfernteren Bank blieben hinsichtlich ihrer Platzhelligkeit hinter der Mindestforderung von 50 Meterkerzen zurück und müssen infolgedessen als ungenügend beleuchtet bezeichnet werden. Der Grund liegt darin, dass diese beiden Bankreihen, namentlich die vorderste, im wesentlichen Licht nur von dem einen, auf der linken Seite befindlichen Fenster erhielten, während sie von den zwei hinteren Fenstern verhältnismässig wenig profitierten. Anders die hinterste Bankreihe; sie erhielt, ausser linksseitigem Lichte, viel Licht von hinten, — am meisten natürlich diejenigen Plätze (III—VI und X), welche die Fenster direkt hinter sich hatten. Alle Bänke dieser Reihe waren — bei unbesetzten Plätzen — viel besser beleuchtet als die Bänke der vordersten Reihe, und man könnte geneigt sein, hieraus den Schluss zu ziehen, dass die Fenster von hinten sehr nützlich sind. Und doch ist dies, wie die vierte Zahlenreihe obiger Tabelle zeigt, nur in sehr beschränktem Masse der Fall, denn bei Besetzung der Plätze mit Schülern, und namentlich wenn die letzteren Schreibstellung einnehmen, bilden sich auf den Heften Schatten, die einen so grossen Lichtverlust zur Folge haben, dass sich die hinterste Reihe, trotz der rückwärtigen Fenster, in ihrer Beleuchtungsintensität nur noch wenig von der vordersten unterscheidet, welche von diesen Fenstern überhaupt keinen wesentlichen Vorteil hat. Hätten wir hier, wie es in einem guten Schulzimmer der Fall sein sollte, eine richtige Beleuchtung von links her gehabt, so hätten die hinteren Fenster ganz ohne Schaden wegbleiben können. Weitere Untersuchungen in diesem Zimmer zeigten dann, dass

<sup>1)</sup> Licht von hinten.

die Helligkeit der Arbeitsplätze wesentlich gewonnen hätte durch eine andere Aufstellung der Bänke und zwar durch eine solche, bei welcher die Wand mit den zwei Fenstern, die sich jetzt im Rücken der Schüler befindet, auf ihre linke Seite gekommen wäre, während die jetzige linksseitige Wand mit einem Fenster zur Vorderwand geworden wäre. Die zwei Fenster wären dann in richtiger Weise zur Geltung gekommen, — sie hätten für die ganze Klasse genügendes Licht von links her geliefert, die Schattenbildung auf den Arbeitsplätzen wäre weggefallen, und man hätte das in der Vorderwand befindliche Fenster ohne Schaden für die Beleuchtung abblenden können. Ich habe auf diesen Umstand damals schon aufmerksam gemacht, aber meines Wissens befinden sich die Bänke auch jetzt noch in der früheren Stellung und die Kinder schreiben nach wie vor im Schatten ihrer eigenen Köpfe und Oberkörper. Dass hierdurch die richtige Körperhaltung beim Schreiben und die normale Entwicklung des jugendlichen Organismus nicht gefördert wird, ist selbstverständlich. Bei der erwähnten Umstellung der Bänke mit vollständiger Abblendung des vorn liegenden Fensters durch Jalousie und dunkelgrünem Vorhang erhielten diejenigen Plätze, welche in der obigen Tabelle den Plätzen X der vordersten und der dritten Bankreihe entsprechen, statt 23 und 33 Meterkerzen eine Platzhelligkeit von 43 bzw. 60 Meterkerzen.

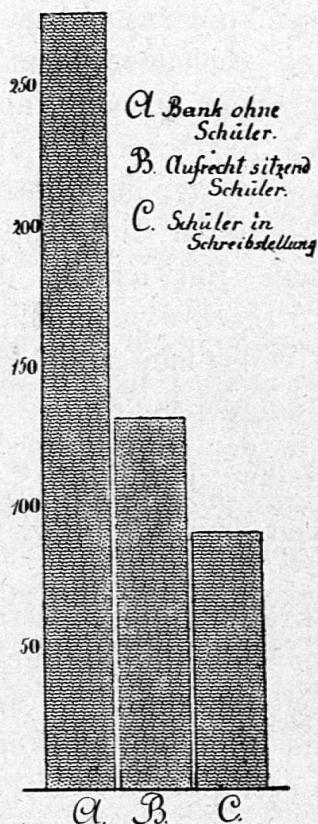
Sehr schön zeigt den bedeutenden Lichtverlust durch Schattenbildung und die Schwankungen in der Beleuchtung bei Lichteinfall von hinten eine Untersuchung, die von mir in einem unserer neueren Schulhäuser (am Hirschengraben), in einem reichlich beleuchteten Eckzimmer mit drei grossen seitlichen Fenstern und einem Fenster in der Rückwand vorgenommen wurde. Es wurde nämlich auf demjenigen Platze der hintersten Bankreihe, der sein Licht zu einem grossen Teile direkt durch das hintere Fenster erhielt, die Beleuchtungsintensität der Tischplatte bestimmt und zwar unter verschiedenen Umständen: einmal als der Platz leer war, sodann — nachdem sich ein Schüler aufrecht hingesetzt hatte, und schliesslich — nachdem dieser Schüler die übliche Schreibstellung eingenommen hatte. Die Beobachtung ergab (Fig. 1):

1. Bei leerem Platze . . . . .	279	Meterkerzen
2. Bei Besetzung des Platzen durch einen aufrecht sitzenden Schüler . . . . .	132	"
3. Nachdem der Schüler Schreibstellung angenom- men hatte . . . . .	92	"

Also bis auf ein Drittel wurde unter diesen Umständen die ursprüngliche Platzhelligkeit durch die Schattenbildung beim Schreiben herabgesetzt; 66 % des Lichtes sind für den schreibenden Schüler verloren gegangen, er erhielt eigentlich sein Licht nur noch von der Seite her.

Fig. 1.

*Schattenbildung  
Met.-H. bei Tageslicht  
300 von hinten*



Dass man in solchen Zimmern mit Lichteinfall von zwei Seiten her, namentlich wenn sie eine ungünstige Form haben, mit einer Umstellung der Bänke viel für die Helligkeit der Arbeitsplätze gewinnen und auch für die am schlechtesten situirten Bänke noch günstigere Bedingungen schaffen könnte, haben mir einige weitere Beobachtungen in einem älteren Schulhause (im Seefeld) mit trotz der vielen Fenster im allgemeinen schlechten Beleuchtungsverhältnissen bewiesen. Die Untersuchungen wurden vorgenommen im zweiten Stock, in einem Eckzimmer mit sechs Fenstern, von denen drei in der nach SO gerichteten Seitenfassade, drei andere in der nach NO gelegenen hinteren Längsfassade angebracht sind. Das Zimmer hat 8,4 auf 11 m, die Fenster sind 2,2 m hoch und 1,2 m breit, die Zwischenpfeiler haben eine Breite von 1,2—1,3 m; die Schulbänke sind in der Breitendimension des Zimmers aufgestellt, die Wandtafeln befinden sich an der breiten Zwischenwand; die in der Nähe der kürzeren Außenwand gelegenen Bänke erhalten ihr Licht hauptsächlich von links, die in der Tiefe des Zimmers situirten Bänke sind wesentlich auf Licht von hinten angewiesen. Dass unter diesen Umständen die Beleuchtungsverhältnisse ungünstige sein müssen, und dass eine grosse Anzahl der Schüler unter lästiger Schattenbildung beim Schreiben zu leiden hat, geht aus dem früher Gesagten hervor. In der Tat ergab dann auch die Untersuchung der vordersten Bankreihe nichts Gutes: an dem allerdings etwas trüben Tage (10 bis 11 Uhr vorm. am 4. XII 1898) wiesen die dem Fenster zunächst gelegenen Arbeitsplätze eine Beleuchtungsintensität von 71—73 Meterkerzen auf; vom vierten Platze an blieb die Helligkeit unter 50 Meterkerzen und die beiden letzten Plätze ergaben nur 30—32 Meter-

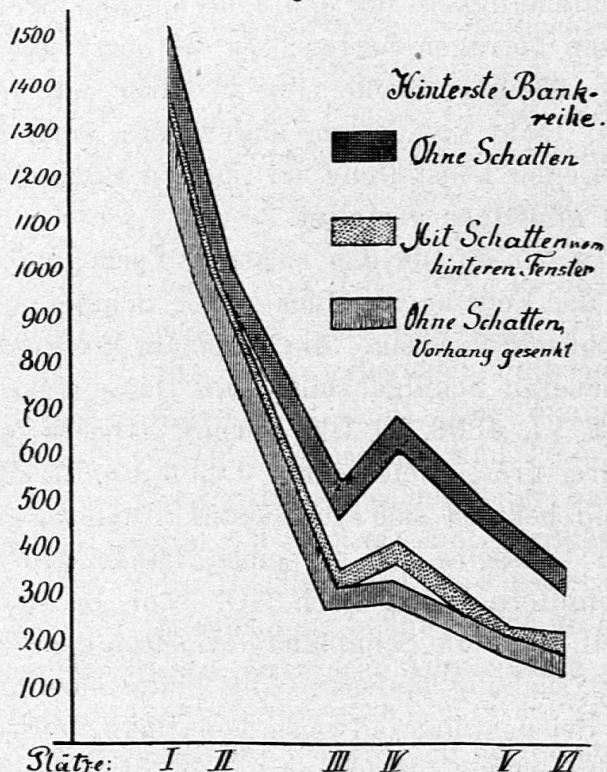
kerzen. Dass sie auch diese geringe Helligkeit wesentlich dem Licht-einfall von hinten verdankten, zeigte sich daraus, dass dieselbe, sobald sich eine Person in Schreibstellung hinsetzte, auf 9 bezw. 7 Meterkerzen herabsank! Es ist klar, dass auch hier durch eine Umstellung der Bänke parallel der Längswand, unter Abblendung des Lichteinfalles von vorn, viel gewonnen worden wäre, namentlich wenn es gelungen wäre, den Gedanken zum Durchbruch zu bringen, dass die Fenster der Längswand erweitert und die Pfeiler dementsprechend schmäler gemacht werden sollten. Aber auch unter den gegenwärtigen Verhältnissen ergab eine Drehung der am schlechtesten beleuchteten Bank um  $90^{\circ}$ , wobei die Arbeitsplätze direktes Licht von links erhielten, eine nicht unbedeutende Verbesserung: während die Platzhelligkeit für den schreibenden Schüler früher nur 7—9 Meterkerzen betragen hatte, stieg sie jetzt auf 13—14 Meterkerzen; für die übrigen Bänke, die in ihrer jetzigen Stellung im wesentlichen auf Licht von hinten angewiesen sind, hätten sich die Verhältnisse bei einer Umstellung im oben erwähnten Sinne natürlich noch bedeutend günstiger gestaltet.

Wie unnötig bei im übrigen richtiger Form und Belichtung der Klassenzimmer die Fenster im Rücken der Schüler sind, zeigt auch die folgende Beobachtungsreihe, die in einem Eckzimmer des zweiten Stocks eines neueren Schulgebäudes (am Hirschengraben) ausgeführt wurde (11. VI. 1898, 11 Uhr vorm.). Die linksseitige Aussenwand enthält drei grosse Fenster mit 0,93 m breiten Zwischenpfeilern, in der Rückwand befindet sich ein Fenster. Dimensionen des Zimmers  $6,90 \times 11,30$  m; dasselbe ist in seiner Längendimension nach SO orientiert, die hintere Wand nach NO. Zur Beobachtungszeit war der Himmel hell, aber die Schulbänke erhielten kein direktes Sonnenlicht. Die Untersuchung umfasste alle Plätze der hintersten Bankreihe, die ihre Beleuchtung teilweise von links, teilweise von hinten erhielt. Die Entfernung der Bänke vom hinteren Fenster betrug 1,2 m. Es wurden die photometrischen Bestimmungen gemacht: 1. bei leeren Plätzen, 2. nachdem die Plätze durch Schüler in Schreibstellung besetzt worden waren, 3. bei leeren Plätzen und Verdunkeln des hinteren Fensters durch einen Vorhang aus dicker, roher Leinwand, der zirka 85 % des Lichtes absorbierte. Das Ergebnis der Untersuchung war folgendes (Fig. 2):

Plätze	Bei leeren	Bei Besetzung durch	Bei leeren Bänken
	Bänken	Schüler in Schreibstellung	und Verdunkeln des hintern Fensters
I	1521	1383	1383
II	1028	925	925
III	562	370	328
IV	706 <sup>1)</sup>	427	342
V	465	246	224
VI	376	236	183

Man sieht, dass bei Besetzung der Bänke durch Schüler in Schreibstellung ein grosser Teil der durch das hintere Fenster ge-

Fig. 2.



wonnenen Platzhelligkeit infolge von Schattenbildung wieder verloren geht. Die Plätze sind dann kaum besser beleuchtet, als wenn das hintere Fenster durch einen Vorhang ganz verdeckt und also ausser Funktion gesetzt ist. Jedenfalls bleibt auch dann noch sogar den am ungünstigsten situirten Plätzen (IV, V und VI) eine sehr reichlich bemessene Beleuchtungsintensität von durchschnittlich 200 Meterkerzen, und man hat dabei den Vorteil der Abwesenheit von Licht-

<sup>1)</sup> Die direkt vor dem hintern Fenster stehende Bank.

kontrasten und Schatten, weil bei Abblendung des hintern Fensters durch den Vorhang nur die linksseitige Beleuchtung zur Geltung kommt. Hätte der Vorhang, statt aus roher Leinwand, aus einem weissen Stoffe bestanden oder wäre an seine Stelle die weisse Wand getreten, so würde noch mehr diffuses Licht reflektiert worden sein und die Beleuchtungsverhältnisse hätten sich somit für die letzte Bankreihe noch günstiger gestaltet.

Es könnte die Befürchtung ausgesprochen werden, die Arbeitsplätze in der Nähe der Innenwand, also fern von den Fenstern, würden an trüben Tagen bei ausschliesslich linksseitiger Beleuchtung nicht hell genug sein. Dies ist allerdings möglich, wenn man es mit zu kleinen, niedrigen Fenstern, d. h. mit einer durchaus ungenügenden Beleuchtung von links her, oder mit allzu tiefen Schulzimmern zu tun hat; aber in diesem Falle helfen, wie schon gezeigt worden ist, auch im Rücken der Kinder angebrachte Fenster nicht viel. In neueren Schulhäusern, mit richtiger Fensterkonstruktion und mit den hygienischen Forderungen entsprechend dimensionierten Klassenzimmern, dürfte es wohl selten vorkommen, dass zu derjenigen Tageszeit, in welche die regelmässigen Schulstunden fallen, die Beleuchtung auf den von den Fenstern am weitesten entfernten Bänken ungenügend wäre. Beginnt aber im Winter die Schule sehr früh, oder zieht sich der Unterricht bis in den späten Nachmittag hinein, so hilft auch die grösstmögliche Anzahl von Fenstern nicht mehr und muss dann eben die künstliche Beleuchtung in die Lücke treten.

Wir haben über diesen Gegenstand Paralleluntersuchungen in zwei Zimmern eines ganz neuen Schulhauses (Freie Schule) ange stellt. Diese Zimmer unterscheiden sich von einander nur dadurch, dass das eine — ein Eckzimmer — ausser der linksseitigen Beleuchtung noch ein grosses Doppelfenster im Rücken der Kinder besitzt, während das andere sich mit den linksseitigen Fenstern begnügen muss. Die Grösse der Zimmer ist die nämliche; beide liegen in einer und derselben Etage und an der nämlichen Fassade; Zimmerlänge = 9,20 m, Breite = 7,40 m und Höhe = 3,70 m. Die drei linksseitigen Fenster haben hier wie dort je 2,70 m Höhe und 2,05 m Breite; das Hinterfenster des einen Zimmers ist bei derselben Höhe 3,60 m breit, — es nimmt genau die halbe Breite der Rückwand ein. Man konnte also von vornherein erwarten, dass die allgemeine Helligkeit in diesem letzteren Zimmer bedeutend grösser sein werde als im ersten. Die Untersuchungen wurden Ende Oktober, an einem Vor-

mittage, bei dichtem Nebel vorgenommen. Die photometrische Messung bezog sich auf die letzten, der Innenwand am nächsten gelegenen Plätze aller Bankreihen. Es wurde folgendes Resultat erhalten:

Bankreihe	Zimmer mit nur linksseitiger Beleuchtung	Zimmer mit linksseitiger Beleuchtung und Fenster im Rücken der Kinder
I	96	82
II	96	106
III	107	116
IV	112	118
V	132	134
VI	133	190
VII	160	236
VIII	165	335

Es zeigte sich, dass allerdings eine Differenz zu Gunsten des Zimmers mit hinterem Fenster existiert, dass aber diese Differenz sich im wesentlichen auf die drei hintersten, der Rückwand am nächsten liegenden Bankreihen beschränkt, während auf den vorderen fünf Bankreihen sich der Einfluss des hinteren Fensters kaum geltend macht. Nach dem weiter oben über die Schattenbildung durch im Rücken der Kinder gelegene Fenster Gesagten ist übrigens anzunehmen, dass in den drei hintersten Bankreihen die Platzhelligkeit bei Besetzung der Bänke durch schreibende Schüler sich bedeutend reduziert und die Differenz zwischen den beiden Zimmern sich ausgeglichen hätte. Ausserdem soll bemerkt werden, dass auf allen untersuchten Plätzen des nur mit linksseitiger Beleuchtung versehenen Zimmers die Platzhelligkeit auch an diesem nebeligen Herbstmorgen eine vollkommen genügende, das hygienischerseits verlangte Minimum um das Zweibis Dreifache übersteigende war.

So kommen wir denn auf Grund zahlreicher Untersuchungen, die hier nur in einzelnen Beispielen wiedergegeben sind, zum Schlusse, dass ein besonderer Nutzen von Seite der im Rücken der Schüler angebrachten Fenster für die Platzhelligkeit auf den Schulbänken bei schriftlichen Arbeiten nicht zu erwarten ist, dass diese Fenster vielmehr zur Entstehung unliebsamer Schatten und Lichtkontraste Veranlassung geben, und dass sie aus diesem Grunde zu vermeiden sind. Will man sie der Architektur der Schulhäuser zuliebe beibehalten, so tut man am besten, sie mit undurchsichtigen, aber auf der Innenseite möglichst hellen und demgemäß möglichst wenig Licht absor-

bierenden Vorhängen zu verdecken. Diesem letzteren Umstände messe ich besondere Bedeutung bei, da ich schon bei einer früheren Untersuchung konstatiert hatte, dass die Farbe der Wände einen sehr bedeutenden Einfluss auf die allgemeine Helligkeit im Schulzimmer, sowie ganz besonders auf die Beleuchtungsintensität der den Wänden zunächst gelegenen Arbeitsplätze ausübt.

Schliesslich weise ich hier noch auf einige Beobachtungen hin, welche mir zeigten, dass es für die Beleuchtung des Schulzimmers durchaus nicht gleichgültig ist, ob der Fenstersturz gerade ist, oder ob er eine Bogenlinie bildet. In einem neuen Schulhause (Lavaterstrasse) wurden unter übrigens gleichen Verhältnissen (ziemlich trüber Vormittag, keine Sonne, gleichmässige Beleuchtung) zwei Zimmer untersucht, von denen das eine, im dritten Stock, direkt über dem anderen — im zweiten Stock — gelegen ist. Im übrigen besteht der einzige Unterschied zwischen beiden Zimmern in der Konstruktion der Fenster: im Zimmer des zweiten Stockes ist der Fenstersturz geradlinig, in demjenigen des dritten Stockes bildet er einen leichten Bogen. Die Breite der Fenster, ebenso die Zahl, ist in beiden Zimmern die nämliche; auch die Höhe der Fenster, im Scheitelpunkte gemessen, ist die gleiche (2,80 m); dagegen beläuft sich die mittlere Höhe der Bogenfenster nur auf 2,60 m. In beiden Zimmern wurde die dritte, dem mittleren Fenster entsprechende Bankreihe untersucht; ich erhielt folgendes Resultat:

Plätze	Zimmer im zweiten Stock mit geradlinigem Fenstersturz	Zimmer im dritten Stock mit Bogenfenster
I	283 Meterkerzen	230 Meterkerzen
II	226 "	197 "
III	125 "	110 "
IV	97 "	81 "
V	79 "	61 "
VI	72 "	49 "

Unter übrigens gleichen Verhältnissen erweisen sich die Zimmer in den oberen Stockwerken als die am besten beleuchteten, weil ihre Lage eine freiere, der Lichtzutritt ein ungehinderterer ist. Im angezogenen Falle trifft dies nicht zu: die Zahlen für das Zimmer im dritten Stock sind durchwegs niedriger als die für den zweiten Stock, und der einzige Grund hierfür ist in der Fensterkonstruktion zu suchen. Bogenfenster sind, auch wenn der Bogen ein flacher ist, für Schulzimmer nicht vorteilhaft und sollten vermieden werden.

## II. Die Orientierung der Schulzimmer.

Die Frage der zweckmässigsten Orientierung der Klassenzimmer wird jedesmal aufgeworfen, wenn es sich um den Bau eines neuen Schulhauses handelt. Und da sie nicht nach einer Schablone entschieden werden kann, sondern bei ihrer Lösung die verschiedensten Verhältnisse berücksichtigt werden müssen, so gehen gewöhnlich im konkreten Falle die Meinungen der massgebenden Persönlichkeiten und Instanzen weit auseinander. In der Tat gibt es keine Richtung der Windrose, die nicht von irgend einer Seite, gestützt auf mehr oder weniger plausible Erwägungen, als die für Klassenzimmer beste anerkannt würde. Im grossen und ganzen aber teilen sich die Autoren in zwei grosse Gruppen, wobei die einen mit Entschiedenheit die Vorteile einer nördlichen Orientierung der Klassenzimmer hervorheben, während die anderen teils ebenso entschieden, teils in mehr bedingter Weise sich für eine südliche Lage aussprechen. Je nachdem man mehr die sogenannten „allgemein-hygienischen“ Rücksichten, oder aber die Notwendigkeit einer gleichmässigen Beleuchtung in den Vordergrund stellt, — je nachdem man geneigt ist, das Schulhaus einem Wohnhause gleichzustellen, oder aber die besonderen Bedürfnisse der Schule in Bezug auf die Tagesbeleuchtung anzuerkennen, wird man eine südliche, sonnige Lage der Klassenzimmer wünschen, oder aber einer nördlichen, sonnenarmen den Vorzug geben. Und in beiden Fällen kann man sich auf wissenschaftliche Autoritäten stützen, die zu der vorliegenden Frage in der einen oder anderen Weise Stellung genommen haben.

Es ist hier nicht der Ort, die Geschichte der Frage über die Wahl der Himmelsrichtung für Klassenzimmer im einzelnen zu reproduzieren und die von den Autoren vertretenen Anschauungen einer eingehenden Kritik zu unterwerfen. Die grossen Handbücher der Schulhygiene sind dieser Aufgabe gerecht geworden und es hat auch vor einigen Jahren Schubert in einem Aufsatze „über Schulfenster und Vorhänge“<sup>1)</sup> das Wesentliche hierüber erwähnt; auch ist in neuester Zeit die Angelegenheit von Nussbaum<sup>2)</sup> in eingehender Weise besprochen worden. Aber ich darf es wohl auf Grund zahlreicher eigener Untersuchungen unternehmen, den Beweis dafür zu leisten, einmal, dass die direkte Insolation der Schulzimmer

<sup>1)</sup> Münch. Mediz. Wochenschrift, 1898, Nr. 14.

<sup>2)</sup> Leitfaden der Hygiene für Techniker, Verwaltungsbeamte etc. 1902, S. 358 ff.

während des Unterrichtes zu sehr grossen Schwankungen und Kontrasten in der Beleuchtung der Arbeitsplätze führt und deshalb für die Kinder ungemein störend ist, und so dann, dass, wenn die Anlage des Schulhauses im allgemeinen den hygienischen Forderungen entspricht, die nördliche Orientierung der Klassenzimmer nicht nur eine gleichmässige, sondern auch eine genügende Beleuchtung sogar der am ungünstigsten situierten Arbeitsplätze gewährleistet.

Baginsky<sup>1)</sup>) fasste die Forderungen, welche die Schulhygiene an die Orientierung des Schulhauses stellt, folgendermassen zusammen:

1. Es ist darauf zu achten, dass während der ganzen Zeit der Schulstunden eine ausreichende Menge von Licht in die Schulzimmer gelangen kann, dass also die Zimmer nach der Himmelsrichtung orientiert sind, welche während dieser Zeit das meiste Licht spendet.

2. Die Schulzimmer sollen für einige Zeit auch von direktem Sonnenlichte getroffen werden.

3. Es ist wünschenswert, dass die Hauptmasse direkten Sonnenlichtes nicht gerade während der Unterrichtsstunden ins Schulzimmer fällt.

Unter Berücksichtigung und Wertschätzung aller Forderungen für die Orientierung des Schulhauses kommt dann Baginsky zu folgendem Ergebnis: „Für Schulen mit Vor- und Nachmittagsunterricht ist am besten die Nordost- bis Ostlage. Hier ist in den Vormittagsstunden ausreichende Beleuchtung vorhanden; direktes Sonnenlicht fällt nur in geringen Mengen während der ersten Unterrichtsstunden in die Klassenzimmer; die Erwärmung wird keine übermässige, da in den späteren Vormittagsstunden die Sonnenstrahlen nur in schräger Richtung die Fensterwand treffen; aber vor Beginn des Unterrichts wird das Zimmer schon von der Sonne bestrahlt, wenn auch im Winter nur auf kurze Zeit. Ist diese Lage nicht zu erreichen, so empfiehlt sich für mittlere klimatische Verhältnisse am meisten eine solche Stellung des Gebäudes, dass die Klassenfenster nach Südost bzw. bei zweiseitiger Front nach Südost und Nordwest gerichtet sind. Falls kein Nachmittagsunterricht stattfindet . . . , können die Schulzimmer auch nach Westen liegen.“

Aus den oben erwähnten Forderungen, sowie aus den soeben zitierten Auslassungen Baginskys ist ersichtlich, dass mit Bezug auf die vorliegende Frage zwei Seelen in seiner Brust wohnen. Und

---

<sup>1)</sup> Handbuch der Schulhygiene. 3. Aufl. I. S. 77.

dies ist auch mit der Mehrzahl der anderen Autoren der Fall. Man wünscht aus allgemein-hygienischen Rücksichten eine direkte Insolation der Schulzimmer, aber man sieht zugleich ein, dass dieselbe für die Schüler grosse Unbequemlichkeiten nach sich zieht und gibt infolgedessen zu, dass die Sonne während des Unterrichts die Klassen so wenig als möglich beleuchten soll.

Es ist klar, dass hierin ein gewisser Widerspruch liegt. Wenn man die Schulzimmer in südlicher Richtung orientieren möchte, weil man mit Schubert und anderen den Schulkindern auch während des Unterrichts die gedeihliche Einwirkung der direkten Sonnenbestrahlung auf alle biologischen Prozesse und insbesondere auf die Ernährung gewährleisten will, — wenn man im weiteren den entwicklungshemmenden Einfluss der Insolation auf niedere Organismen in der Schule (soweit dies überhaupt möglich ist) zur Geltung bringen will, so muss man konsequenterweise den Klassen eine solche Lage geben, dass sie möglichst viel von der Sonne bestrahlt werden. Man darf dann nicht gerade während des Unterrichtes die Sonne ausschliessen dadurch, dass man die Klassenzimmer nach einer Himmelsrichtung verlegt, welche nur am frühen Morgen oder abends nach Sistierung des Unterrichts den Schulräumen direkte Sonnenstrahlen zusendet, oder dass man die Sonne während der Unterrichtsstunden durch Vorhänge, Jalousien etc. abhält. Denn durch solche Massnahmen wird ja der eigentliche Zweck, den man verfolgt, indem man sonnige Schulzimmer verlangt, durchaus vereitelt. Man muss eben, als Verteidiger der Sonnenlage der Schulzimmer, auch wirklich dafür sorgen, dass die Sonne in die Räume eintritt und auf die Kinder einwirken kann, und es bleibt dann nichts anderes übrig, als die unangenehmen optischen und thermischen Einwirkungen der direkten Insolation, mit Rücksicht auf den verfolgten Hauptzweck, mit in den Kauf zu nehmen. Will man das nicht, will man die Kinder vor diesen Folgen wirklich schützen, so kommt man logischerweise dazu, einer nördlichen Lage der Klassenzimmer den Vorzug zu geben.

Die Furcht vor Kälte und Feuchtigkeit nördlich gelegener Räume, die in früheren Zeiten wohl ihre Berechtigung haben mochte, kann heutzutage nicht mehr dazu führen, diese Himmelsrichtung zu vermeiden, da unserer gegenwärtigen Bau-, Heizungs- und Ventilations-technik wohl das Zeugnis ausgestellt werden darf, dass sie im Stande ist, auch Nordräume wohnlich und gesund zu gestalten. Gestützt auf diese Betrachtungen kann ich mich auch nicht mit Schubert (l. c.) einverstanden erklären, wenn er vom allgemein hygienischen

Standpunkte aus den Schulzimmern „so viel Sonne, als überhaupt erreichbar“, sichern will, anderseits aber die Erklärung abgibt, dass „die Abhaltung direkten Sonnenlichtes vom Arbeitsplatz eine bedingungslose Forderung darstelle“. Wie überall sonst, kann man auch hier nicht gut zwei Herren dienen. Wenn man, sobald die Sonne die Arbeitsplätze und somit auch die Kinder direkt beleuchtet, Jalousien herablässt oder Vorhänge zieht, so fallen ja die gerühmten wohltätigen Einwirkungen der Insolation für die Kinder weg und kann auch von einem entwicklungshemmenden Einfluss der Sonnenstrahlen auf niedere Organismen nicht mehr gesprochen werden. Man darf sich da nicht durch eine allgemeine Behauptung täuschen lassen, sondern man muss der Sache auf den Grund gehen; in der Praxis gestalten sich die Verhältnisse ganz anders, als man nach theoretischen Voraussetzungen erwarten möchte. Am ehesten wird derjenige zu richtigen Anschauungen gelangen, der sich auf persönliche Beobachtungen und Untersuchungen stützen kann.

Auch ich habe in früherer Zeit der Empfehlung einer nördlichen Lage der Schulzimmer durch Reclam<sup>1)</sup> gewichtige Bedenken entgegengebracht, obgleich ich schon damals nicht verkannte, dass während des Unterrichts die direkte Sonnenbeleuchtung störend wirkt. „Am ehesten“ — schrieb ich im Jahre 1882<sup>2)</sup> — „würde sich vielleicht in gemässigten Klimaten die südliche Richtung empfehlen, weil hiebei während der Morgenstunden, und im Sommer auch während der Mittagszeit (wegen Hochstand der Sonne) das direkte Sonnenlicht ausgeschlossen wäre. Wo kein Nachmittagsunterricht stattfindet, können Schulzimmer auch ganz gut nach Westen verlegt werden. Die Lage nach Norden wird höchstens in südlichen Klimaten zulässig sein, wo auch im Winter die Tagesbeleuchtung verhältnismässig gut ist.“ Für diese bedingte Empfehlung des Südens wurde mir einige Jahre später von Förster, der sich in einer sehr hübschen Abhandlung über die Tagesbeleuchtung in den Schulen<sup>3)</sup> für die nördliche Lage der Klassenzimmer aussprach, ein Verweis erteilt mit den Worten, ich scheine nicht zu wissen, „dass in ein nach Süden gelegenes Fenster die Sonne von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends hineinscheint“. Wenn ich nun auch nicht zugeben kann, dass am frühen Morgen und gegen Abend eine für die Schulkinder belästigende Insolation der Südzimmer möglich sei,

<sup>1)</sup> Deutsche Vierteljahrsschrift f. öff. Gesundheitspflege. I. 1870. S. 29 ff.

<sup>2)</sup> Handbuch der Hygiene und der Gewerbekrankheiten, herausgegeben von Pettenkofer und Ziemssen. II. Teil. 2. Abt. 1882.

<sup>3)</sup> Deutsche Vierteljahrsschrift für öff. Gesundheitspflege. XVI. 1884. S. 422 ff.

so musste ich doch auf Grund persönlicher Beobachtungen meine frühere Ansicht in der Richtung modifizieren, dass ich die besonderen Bedürfnisse der Schule, die für die Arbeitsplätze ein diffuses Tageslicht fordern, in den Vordergrund stellte und ihnen, den allgemein-hygienischen Betrachtungen gegenüber, den Vorrang zuerkannte. Deshalb drückte ich mich in einem an der 72. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg gehaltenen Vortrage folgendermassen aus: „Es ist also im Interesse einer gleichmässigen Beleuchtung, die für Schulzimmer eine sehr grosse Bedeutung hat, eine Orientierung der letzteren in nördlicher Richtung (N, NO, NW) jeder anderen vorzuziehen“<sup>1)</sup>. Spätere Beobachtungen bestärkten mich in dieser Ansicht.

Die erste Frage, die ich mir vorlegte, war die, ob unter annähernd gleichen Verhältnissen, bei bedecktem Himmel — also bei diffuser Tagesbeleuchtung — die Platzhelligkeit in einem südlich orientierten Raume wesentlich grösser sei, als diejenige in einem nördlich gelegenen. Ich benutzte hiezu zwei Zimmer in meiner eigenen Wohnung in Moskau (I. Stock). Das eine besass Fenster nach SSO, das andere nach NNW. Die Grösse der Zimmer war beinahe die nämliche; jedes hatte zwei Fenster. In unbedeutender Entfernung von den Fenstern des SSO-Zimmers befanden sich Bäume, die zur Zeit der Untersuchung (15. April) noch nicht belaubt waren, immerhin aber ein gewisses Hindernis für den Lichtzutritt zum Zimmer bildeten. In ebenfalls geringer Entfernung von den Fenstern des NNW-Zimmers stand ein zweistöckiges Wohnhaus, das aber seiner geringen Höhe wegen den Lichteintritt nur im unteren Teile der Fenster beeinträchtigte. Die Untersuchungen bezogen sich in beiden Zimmern auf einen Arbeitsplatz, der in je 1 m Entfernung vom Fenster gelegen war. Die Grösse des reduzierten Raumwinkels (mit dem Weberschen Raumwinkelmesser bestimmt) betrug auf dem zu untersuchenden Platze im SSO-Zimmer 134 Quadratgrade, im NNW-Zimmer 232 Quadratgrade. Der Himmel blieb nach beiden Richtungen hin den ganzen Tag über ziemlich gleichmässig bewölkt. Die Beobachtungen wurden in beiden Zimmern von Stunde zu Stunde vorgenommen und zwar von morgens 8 $\frac{1}{2}$  Uhr bis abends gegen 6 Uhr. Gleichzeitig mit der Platzhelligkeit wurde jeweilen auch die Helligkeit des Himmelsgewölbes bestimmt. Die folgende Tabelle enthält die Durchschnittszahlen aus je 10 Bestimmungen, sowie die Maxima und Minima.

<sup>1)</sup> Wiener med. Wochenschrift, 1901, Nr. 12 und 13.

	Im Mittel	Maximum	Minimum
A. Himmel.			
SSO-Zimmer	330 Meterkerzen	670 Meterkerzen	142 Meterkerzen
NNW-Zimmer	334        "	638        "	170        "
B. Zimmer.			
SSO-Zimmer	232 Meterkerzen	413 Meterkerzen	58 Meterkerzen
NNW-Zimmer	361        "	677        "	92        "

Während also die Beleuchtungsintensität des Himmels in beiden Richtungen die gleiche war, zeigte sich in der Platzhelligkeit im Zimmer eine wesentliche Differenz und zwar zu Ungunsten des SSO-Zimmers. Wir wollen diesem Umstande in der Beurteilung der beiden Zimmer keine Bedeutung beimessen, weil er durch die oben erwähnten Unterschiede in den Bedingungen des Lichteintrittes erklärt werden kann. Das aber geht aus dieser Versuchsreihe mit Bestimmtheit hervor, dass auch gegen Abend noch die Platzhelligkeit im NNW-Zimmer eine durchaus genügende war.

Ähnliche Untersuchungen hat dann mein früherer Assistent Boubnoff<sup>1)</sup> auf einem Landgute in der Nähe von Moskau während des Sommers angestellt. Seine Beobachtungen machte er in zwei Zimmern mit vollkommen freier Lage, von denen jedes zwei Fenster besass, die im einen Fall nach SW, im andern nach NO orientiert waren. Die Fenster waren alle von gleicher, die Zimmer von annähernd gleicher Grösse, mit dem gleichen Wand- und Deckenstrich versehen. Die Beobachtungen wurden ebenfalls mit Hilfe des Weberschen Photometers an acht (SW-Zimmer) bzw. sechs (NO-Zimmer) entsprechenden Stellen der beiden Zimmer ausgeführt. Sie nahmen drei Tage in Anspruch; auf den ersten Tag entfällt je eine Helligkeitsbestimmung, auf die übrigen Tage je drei; an den verschiedenen Tagen wurden die Untersuchungen annähernd zu den gleichen Stunden vorgenommen. Im Mittel aus allen Beobachtungen erhielt Boubnoff folgende Beleuchtungsintensitäten:

Beobachtungszeit	SW-Zimmer	NO-Zimmer
27. Juni (Himmel frei)	1290 Meterkerzen	864 Meterkerzen
9. Juli        "        "	1888        "        "	829        "        "
15. Sept. (bewölkt)	416        "        "	306        "        "

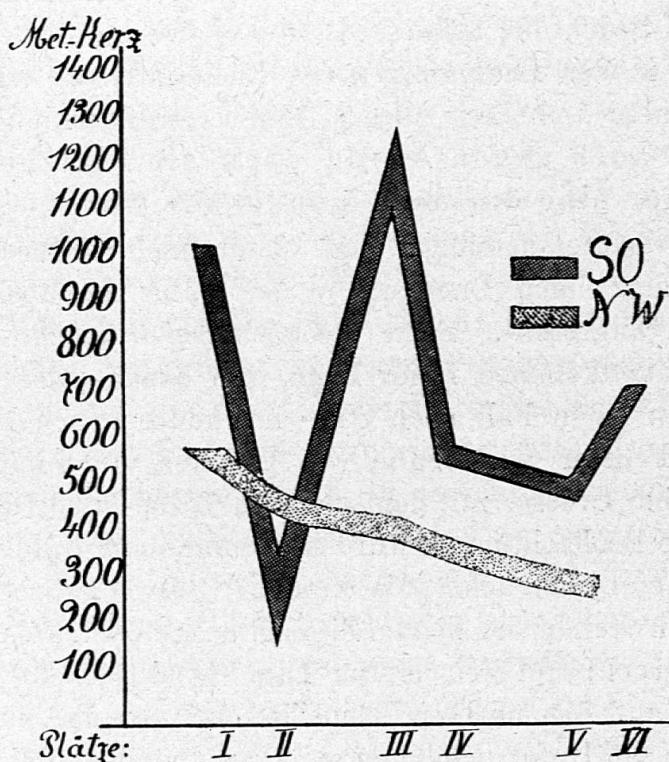
Es ergibt sich also hier eine Differenz zu Gunsten des SW-Zimmers, und zwar war dieselbe am grössten bei klarem, am geringsten bei bewölktem Himmel; im letzteren Falle beträgt der Unterschied

<sup>1)</sup> Archiv f. Hygiene, XVII, 1893, S. 49 ff.

nur ca. 25 %. Jedenfalls aber geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass die Beleuchtung des NO-Zimmers eine durchaus genügende war, denn auch der niedrigste Beleuchtungswert, den Boubnoff erhielt, betrug noch immer 128 Meterkerzen in einer Entfernung von 3 m von der Fensterwand, wobei noch zu berücksichtigen ist, dass die Breite der Mittelpfeiler zwischen den Fenstern sich auf 1,33 m belief.

Ich gehe nun zu den von mir in Zürcher Schulhäusern gemachten Beobachtungen über, soweit sie sich auf die uns beschäftigende Frage beziehen.

Fig. 3.

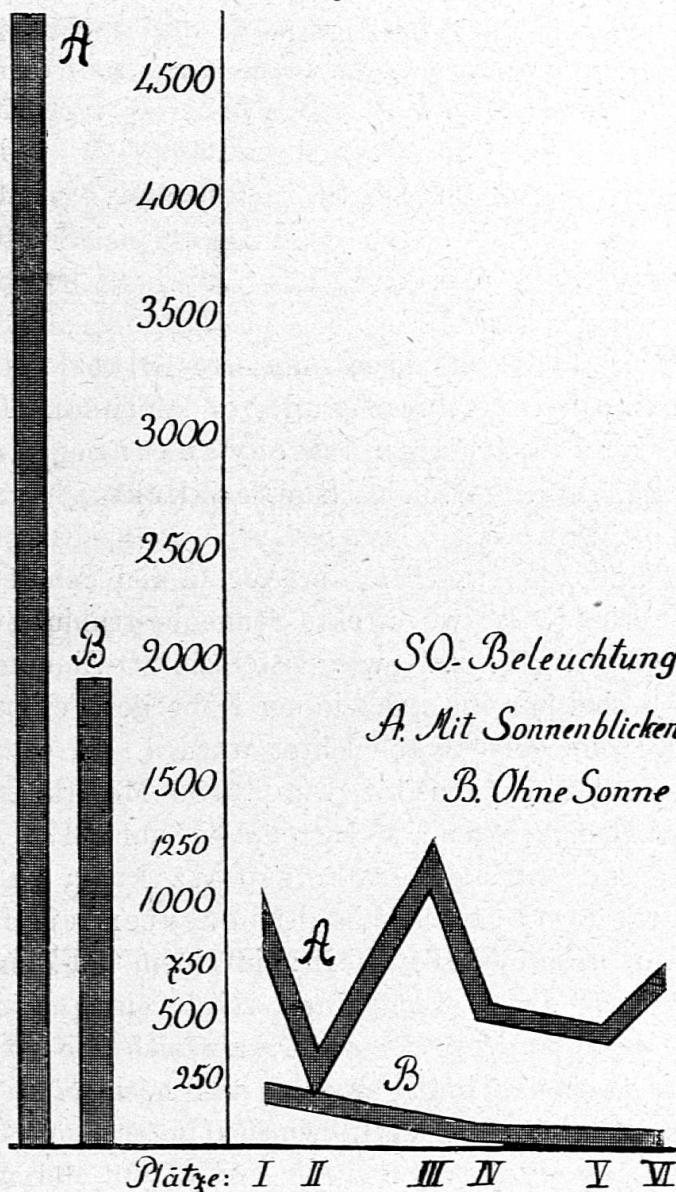


Die erste Versuchsreihe (Lavaterschulhaus) soll uns zeigen, wie gross die Schwankungen der Platzhelligkeit sein können, da wo die Möglichkeit direkter Sonnenbestrahlung der Arbeitsplätze gegeben ist, wie gleichmässig dagegen die Beleuchtungsintensität der Plätze vom Fenster zur Innenwand abnimmt, wenn nur diffuses Tageslicht ins Zimmer tritt.

Zimmer im I. Stock, nach SSO orientiert, Verhältnis der Glasfläche der Fenster zur Bodenfläche wie 1 : 5; Wände und Decke weiss gehalten. Nebeliger Morgen (13. II. 1897), doch ist der Nebel dünn und es dringen zuweilen starke Sonnenblicke durch; in einem

solchen Moment beträgt die Beleuchtungsintensität des Himmels bis zu 7400 Meterkerzen. — Zu einer anderen Zeit (27. II. 1897) bei trübem Himmel (2018 Meterkerzen) wurde die Beobachtung in demselben Zimmer wiederholt. — Als am 13. II. vorm. der Nebel sich verteilt hatte und der Himmel mit leichten weissen Wolken, durch

Fig. 4.



welche die Sonne hindurchschimerte, bedeckt war, wurde ein Eckzimmer des I. Stockes mit drei Fenstern nach NNW und zwei Fenstern nach WSW in Untersuchung genommen. Eine direkte Sonnenbestrahlung des Zimmers fand nicht statt. Dasselbe hatte diffuse Tagesbeleuchtung; es ist in der Tabelle als NW-Zimmer bezeichnet. Die Beleuchtungsintensität des Himmels war gleich 5100 Meterkerzen. — Bei jeder

Beobachtung wurde eine Bankreihe (drei zweisitzige Schulbänke mit Zwischengängen) von der Fensterwand bis zur Innenwand photometriert. Bei der Beurteilung der Zahlenreihen ist zu berücksichtigen, dass normalerweise in dieser Richtung eine bedeutende Abnahme der Platzhelligkeit stattfinden muss. Folgende Tabelle enthält die Untersuchungsresultate in Meterkerzen (Fig. 3 und 4):

Plätze	SO-Zimmer		NW-Zimmer
	Sonnenblicke	Ohne Sonne	Ohne Sonne
I	1031	283	593
II	385	226	491
III	1300	125	447
IV	597	97	394
V	524	79	335
VI	740	72	309

Der gleichmässigen Abnahme der Platzhelligkeit von der Fensterwand zur Innenwand bei diffusem Tageslichte stehen die starken Helligkeitsschwankungen, welche auf den Arbeitsplätzen durch Sonnenblicke hervorgerufen werden, gegenüber.

Die Lichtkontraste, welchen die Augen der Schüler ausgesetzt sind, können übrigens da, wo direkte Sonnenbestrahlung möglich ist, noch viel grösser sein; so z. B. wies in einem SO-Zimmer bei hohem Sonnenstande, wobei nur die ganz in der Nähe der Fenster gelegenen Plätze von der Sonne direkt beleuchtet wurden, ein solcher Sonnenplatz eine Beleuchtungsintensität von 13456 Meterkerzen auf, ein unmittelbar daneben gelegener Schattenplatz nur 1473 Meterkerzen.

Auch ein und derselbe Arbeitsplatz kann in kurz aufeinander folgenden Momenten sehr bedeutenden Helligkeitsschwankungen unterworfen sein: in einem SO-Zimmer, als die Sonne gerade durch die Wolken brach, zeigte ein Fensterplatz 5175 Meterkerzen; einen Augenblick später, als sich die Wolke wieder vor die Sonne geschoben hatte, wurden nur noch 2700 Meterkerzen gefunden. In einem andern Falle wurden unter ähnlichen Verhältnissen Schwankungen zwischen 1015 und 2700 Meterkerzen konstatiert. Eine weitere Beobachtung zeigte in einem SO-Zimmer, an einem Arbeitsplatz in der Nähe des Fensters folgende Helligkeitsschwankungen:

Sonnenblick durch die Wolken, Platzhelligkeit	=	872 Meterkerzen
Direkte Sonnenbestrahlung,	"	= 7230 "
Hell beleuchtete Wolken,	"	= 303 "

Grosse Schwankungen der Platzhelligkeit in einem Sonnenzimmer und Gleichmässigkeit der Beleuchtung in einem nördlich gelegenen Zimmer ergaben auch Beobachtungen, die am 22. und 23. Okt. 1898 jeweilen vormittags in der Freien Schule vorgenommen wurden. An beiden Tagen war der Himmel bedeckt; am 23. kam dazu noch ein leichter Nebel; am 22. schien die Sonne zeitweilig, oft stärker, oft schwächer durch die Wolken. Das eine Zimmer war ein Eckzimmer im II. Stock, mit drei Fenstern nach SO und einem Doppelfenster im Rücken der Schüler nach NO; Verhältnis der Glasfläche der Fenster zur Bodenfläche gleich 1 : 4. Die erste Beobachtungsreihe fand unter zeitweiligen Sonnenblicken statt, die zweite bei gleichmässiger Beleuchtung; beide Male wurden die Bestimmungen an der hintersten Bankreihe vorgenommen. Das zweite Zimmer war ein einseitig beleuchtetes, nach NO gerichtetes Zimmer im III. Stock; auf der andern Seite der Strasse hohe Häuser, die aber den Lichtzutritt in die Schulzimmer des III. Stocks verhältnismässig wenig hemmen; man sieht sogar von den in nächster Nähe der Innenwand gelegenen Arbeitsplätzen noch einen ziemlich breiten Himmelsstreifen; Verhältnis der Glasfläche der Fenster zur Bodenfläche gleich 1 : 5,5. Die folgende Tabelle zeigt die Resultate der Lichtmessungen in Meterkerzen (Fig. 5):

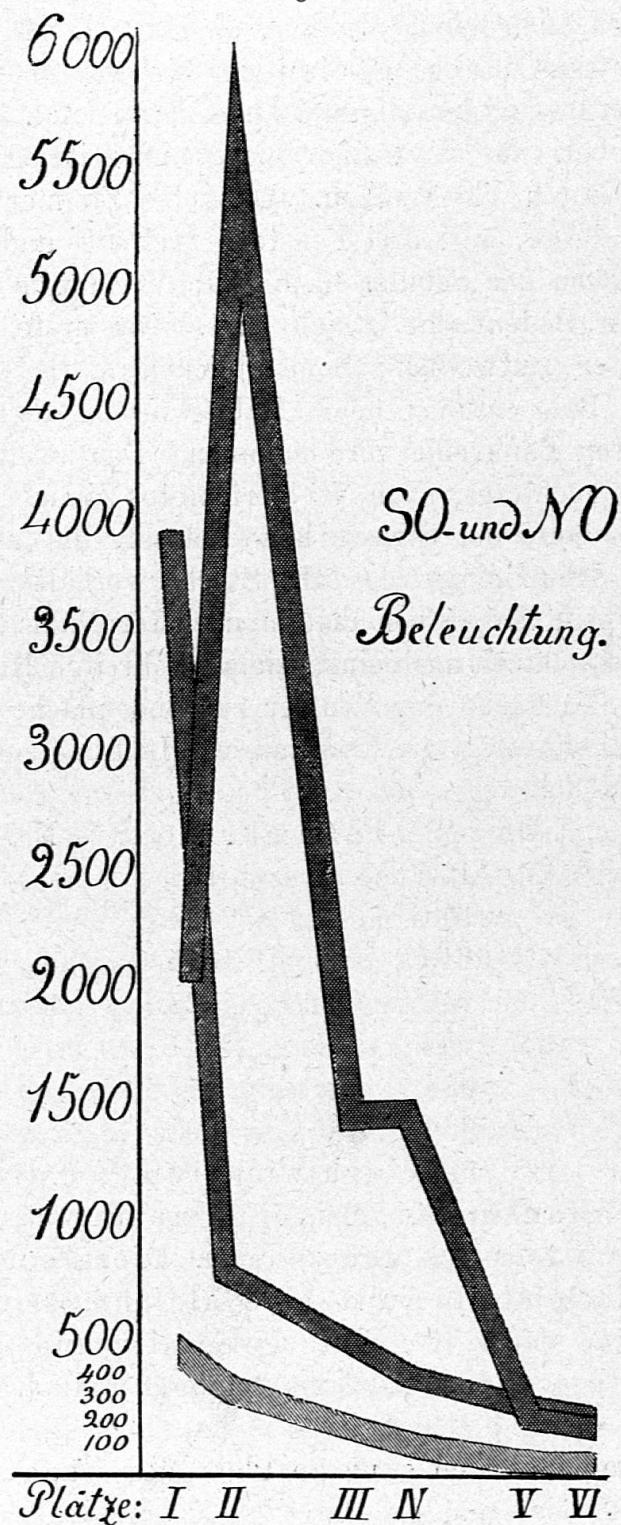
Plätze	S O - Z i m m e r		N O - Z i m m e r
	I.	II.	
I	2100	2130	582
II	6140	1515	404
III	1602	925	236
IV	1602	501	172
V	636	347	92
VI	636	305	79

Auch hier kann man sich wiederum von den kolossalen Helligkeitsschwankungen bei eintretender direkter Insolation der Arbeitsplätze überzeugen. Dieselben verschwinden und an ihre Stelle tritt eine gleichmässige Abnahme der Helligkeit, sowie die Sonne wegfällt und die Beleuchtung eine diffuse wird. Auch im letzteren Falle ist zwar das SO-Zimmer immer noch heller beleuchtet, als das NO-Zimmer, aber auch der am ungünstigsten situierte Platz des letzteren weist noch immer eine mehr als genügende Helligkeit auf.

Die folgenden Untersuchungen sollten zeigen, ob bei nördlicher Lage des Zimmers die Beleuchtung nicht nur der

Fensterplätze, sondern auch der der Innenwand am nächsten

Fig. 5.



liegenden Schultische während der Unterrichtsstunden eine genügende sei. Sie fanden am 7. V. 1898 im Hirschengraben-

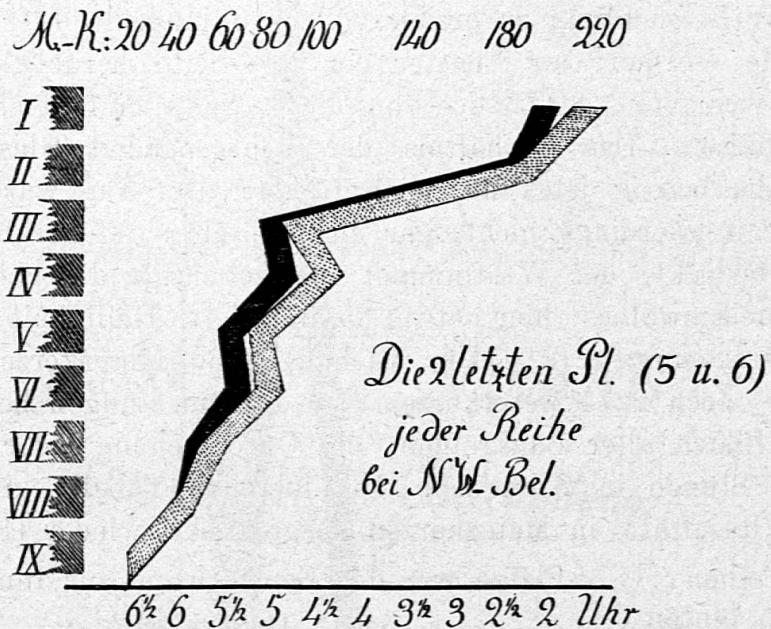
schulhaus zwischen 2 Uhr nachmittags und  $6\frac{1}{2}$  Uhr abends statt, und zwar in einem im I. Stock gelegenen Zimmer, das drei Fenster nach NW und ein Fenster im Rücken der Schüler nach SW besitzt. Das Verhältnis der Glasfläche der Fenster zur Bodenfläche beträgt 1 : 3,5. Während der Beobachtungen wurde, um möglichst reine NW-Beleuchtung zu erzielen, der aus ungebleichter Leinwand bestehende Vorhang am Fenster der SW-Seite herabgelassen, und dadurch wenigstens 80 % des von dieser Seite einfallenden Lichtes zurückgehalten. Das Verhältnis der lichtgebenden Glasfläche zur Bodenfläche betrug jetzt nur noch 1 : 4,4. Der Tag war trüb, der Himmel mit allerdings nicht sehr dichten, aber tief herabhängenden Wolken bedeckt; der Westhimmel war heller als die übrigen Teile des Himmelsgewölbes; hier betrug die induzierte Helligkeit bei Beginn der Untersuchungen ( $2\frac{1}{2}$  Uhr nachm.) 3630 Meterkerzen; abends ( $6\frac{1}{2}$  Uhr) noch 2274 Meterkerzen. Die Lichtmessungen bezogen sich auf alle Plätze aller Bankreihen; die Untersuchung jeder Querreihe nahm  $\frac{1}{2}$  Stunde in Anspruch. Die folgende Tabelle gibt die erhaltenen Resultate, in Meterkerzen ausgedrückt, wieder (Fig. 6):

Bankreihen v. vorne n. hinten (Längsreihen)	Plätze von der Fensterwand zur Innenwand.					
	(Querreihen)					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
I ( $2\frac{1}{2}$ Uhr)	402	324	330	310	211	193
II (3 „ )	402	300	257	219	187	183
III ( $3\frac{1}{2}$ „ )	390	301	179	150	82	76
IV (4 „ )	290	211	133	113	98	81
V ( $4\frac{1}{2}$ „ )	304	203	105	78	70	57
VI (5 „ )	213	209	117	89	75	61
VII ( $5\frac{1}{2}$ „ )	181	151	132	97	55	44
VIII (6 „ )	133	90	55	55	40	42
IX ( $6\frac{1}{2}$ „ )	44	49	17	17	—	—

Es ist selbstverständlich, dass gegen Abend, mit abnehmender Himmelshelligkeit, die Beleuchtungsintensität im ganzen Zimmer, also auch in der Nähe der Fenster sich vermindern musste; das darf uns also an den obigen Zahlenreihen nicht auffallen. Bemerkenswert dagegen ist die mit unbedeutenden Ausnahmen recht gleichmässige Abnahme der Platzhelligkeit von den Fenstern nach der Innenwand hin, in den einzelnen Querreihen; grössere Unregelmässigkeiten kommen hier gar nicht vor. Ebenso beachtenswert ist, dass während der Unterrichtsstunden (von 2—5 Uhr) auch die Arbeitsplätze der zunächst der Innen-

wand stehenden Bank recht gut (zwischen 57 und 211 Meterkerzen) beleuchtet sind; sogar um 6 Uhr wäre die Beleuchtung an diesen Plätzen zum Lesen und Schreiben noch als durchaus genügend zu bezeichnen.

Fig. 6.



Eine weitere Beobachtungsreihe hatte den Zweck, zu untersuchen, ob an einem dunkeln Wintermorgen, zur Zeit des Schulbeginnes, sich wesentliche Unterschiede zeigen in der Beleuchtung eines SO-Zimmers einerseits und eines NW-Zimmers andererseits. Die Messungen fanden am 28. XII. 1900 im I. Stock des Hirschengrabenschulhauses statt, einmal in dem aus der oben erwähnten Versuchsreihe bekannten NW-Zimmer (mit Verdunkelung des nach SW gelegenen Fensters), und sodann in einem reinen SO-Zimmer von der nämlichen Grösse. Der Himmel war an diesem Vormittag mit schweren dunklen Wolken bedeckt; Nebel war nicht vorhanden. Untersucht wurde jeweilen der zunächst der Innenwand gelegene (also mit Bezug auf Tagesbeleuchtung ungünstigste) Platz jeder Bankreihe. Im SO-Zimmer begannen die Messungen um  $8\frac{1}{2}$  Uhr, im NW-Zimmer um  $8\frac{3}{4}$  Uhr. — Nachmittags um  $3\frac{1}{4}$  bzw.  $3\frac{3}{4}$  Uhr wurde derselbe Versuch wiederholt. Der Himmel war ziemlich gleichmässig mit bleigrauen Wolken bedeckt; zeitweise Regen. Die Himmelshelligkeit betrug, im SO gemessen, um  $3\frac{1}{4}$  noch 125 Meterkerzen, um 4 Uhr, im NW gemessen, noch 24 Meterkerzen. Die Resultate dieser Beobachtungsreihe finden sich in der folgenden Tabelle:

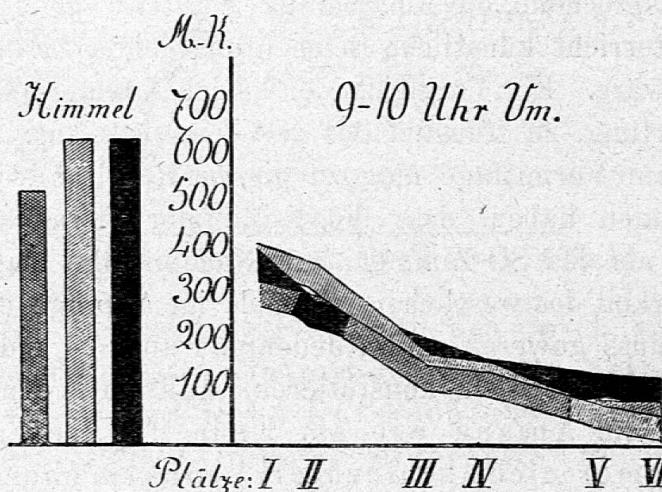
Längsreihen	8 1/2 Uhr	8 3/4 Uhr	3 1/4 Uhr	3 3/4 Uhr
	SO	NW	SO	NW
I	3,1	7,8	10,6	22,0
II	3,7	9,0	10,0	23,5
III	4,6	10,1	9,3	25,4
IV	3,8	12,1	8,0	25,4
V	3,5	13,8	8,5	20,0
VI	3,4	15,4	10,6	11,0
VII	3,4	13,0	11,0	10,2
VIII	4,6	13,0	8,0	7,6
IX	4,6	13,0	—	6,6
X	4,1	—	—	—

Im ganzen war hier, der Jahres- und Tageszeit, sowie der Witterung entsprechend, die Platzhelligkeit durchwegs eine so geringe, dass beim Unterricht künstliche Beleuchtung beider Zimmer erforderlich gewesen wäre. Ein Vergleich der beiden Zimmer fällt, entgegen unserer Erwartung, zu Gunsten des NW-Zimmers aus. Bei den Beobachtungen am Vormittage mag zu diesem Resultat etwas der Umstand beigetragen haben, dass dieses Zimmer etwas später untersucht wurde, als das SO-Zimmer; am Nachmittage mag eine etwas grössere Helligkeit des westlichen Himmels im Anfange der Versuchsreihe von Einfluss gewesen sein. Jedenfalls aber — und das ist von Wichtigkeit — lässt sich konstatieren, dass an einem trüben Wintertage, am Anfang wie am Ende der Unterrichtszeit, das NW-Zimmer nicht schlechter, sondern eher besser beleuchtet war, als das SO-Zimmer.

Schliesslich will ich einer Beobachtungsreihe erwähnen, die von mir erst kürzlich (6. III. 1904) im Hirschengrabenschulhause durchgeführt wurde und die einen Vergleich gestattet zwischen drei nach verschiedenen Himmelsrichtungen orientierten, im übrigen keine wesentlichen Differenzen aufweisenden Zimmern. Der Versuch begann an einem nebeligen Morgen; der Himmel bildete eine gleichmässig graue Fläche; die umliegenden Häuser waren bis auf eine Entfernung von 500 m in Umrissen sichtbar. Als Versuchsstoffe wurden drei Zimmer im III. Stock gewählt: das eine ist ein reines SO-Zimmer mit einseitiger Beleuchtung; der Lichteinfall ist ungehemmt, der Horizont frei. Das zweite ist ein reines NO-Zimmer, ebenfalls mit einseitiger Beleuchtung; in einiger Entfernung von den Fenstern ansteigendes Terrain mit Bäumen (noch unbelaubt) und Häusern; Horizont nicht frei, Lichteinfall gehemmt.

Das dritte Zimmer besitzt linksseitige Beleuchtung von NW und ausserdem im Rücken der Kinder ein Fenster nach SW, das während der Beobachtungszeit verdunkelt wurde; Häuser stehen in grösserer Entfernung, Horizont beinahe frei, Lichteinfall sozusagen ungehemmt.— Je drei Beobachtungsreihen, von denen die erste morgens 8<sup>45</sup> Uhr, die zweite um 11 Uhr vorm., die dritte um 2<sup>30</sup> Uhr nachm. begann, wurden der Reihe nach alle drei Zimmer untersucht, und zwar in jedem derselben alle Plätze der dem Mittel-(grössten)Fenster gegenüberliegenden Querreihe von Schulbänken. Bei Beginn der zweiten Beobachtungsreihe war namentlich in der Höhe der Nebel dünner geworden, die Sonnenscheibe wurde sichtbar und warf in das SO-Zimmer zeitweise sehr intensive Sonnenblicke; der Horizont bleibt

Fig. 7.

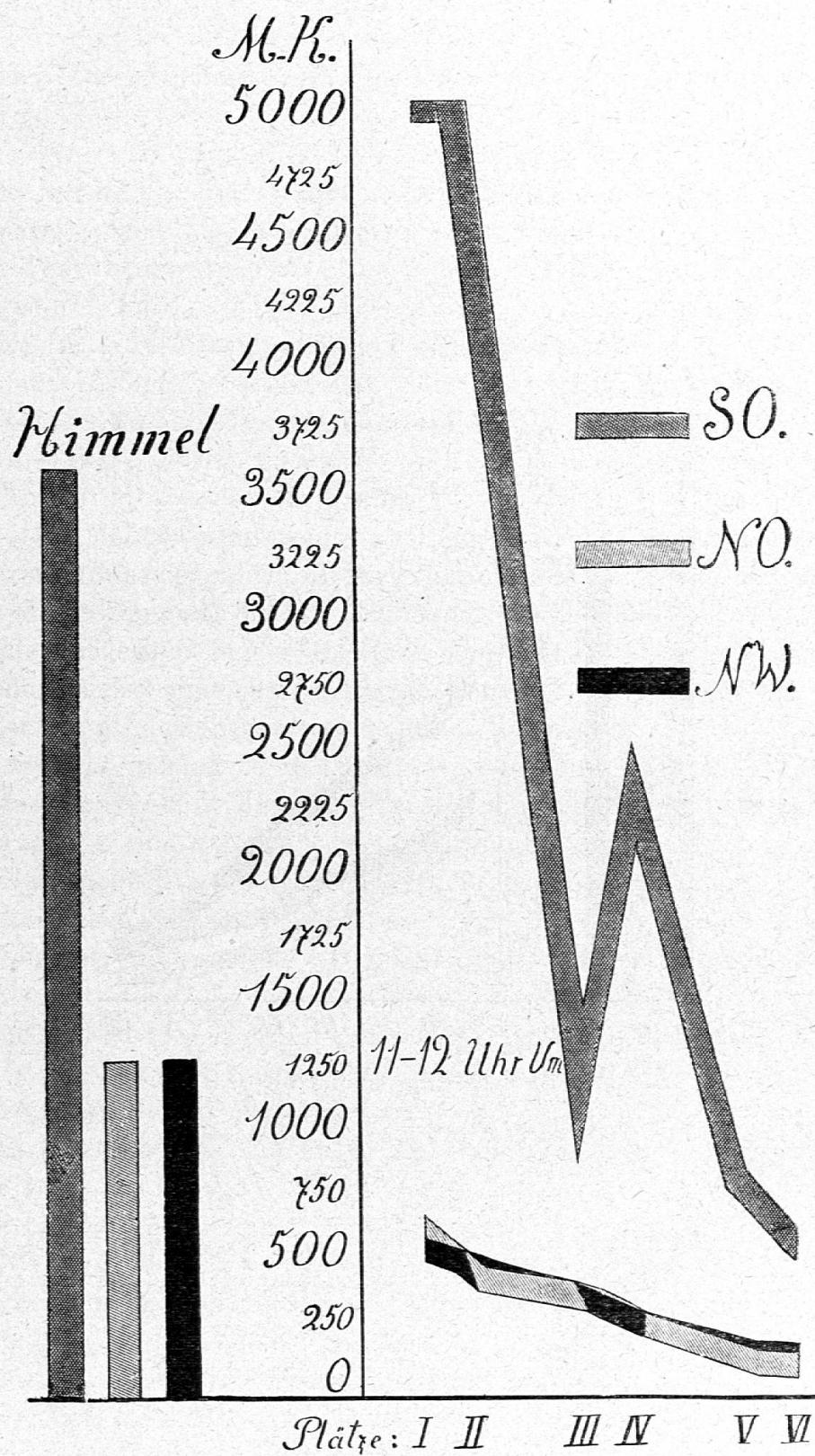


nebelig, doch sieht man bedeutend weiter, als am früheren Morgen. Bei Beginn der dritten Versuchsreihe hatte die Himmelshelligkeit schon wieder abgenommen; die Sonnenscheibe ist noch schwach sichtbar, direktes Sonnenlicht fällt aber in keines der Beobachtungszimmer, dasselbe streift nur noch die Fenster des SO-Zimmers. Die Resultate der drei Beobachtungsreihen sind in der folgenden Tabelle enthalten:

I. Beobachtungsreihe (Fig. 7).

Plätze	SO-Zimmer (8 <sup>45</sup> )	NO-Zimmer (9 <sup>15</sup> )	NW-Zimmer (9 <sup>45</sup> )
1	344	422	410
2	322	377	300
3	158	192	221
4	151	176	184
5	95	81	144
6	101	57	144
Himmelshelligkeit	540	660	660

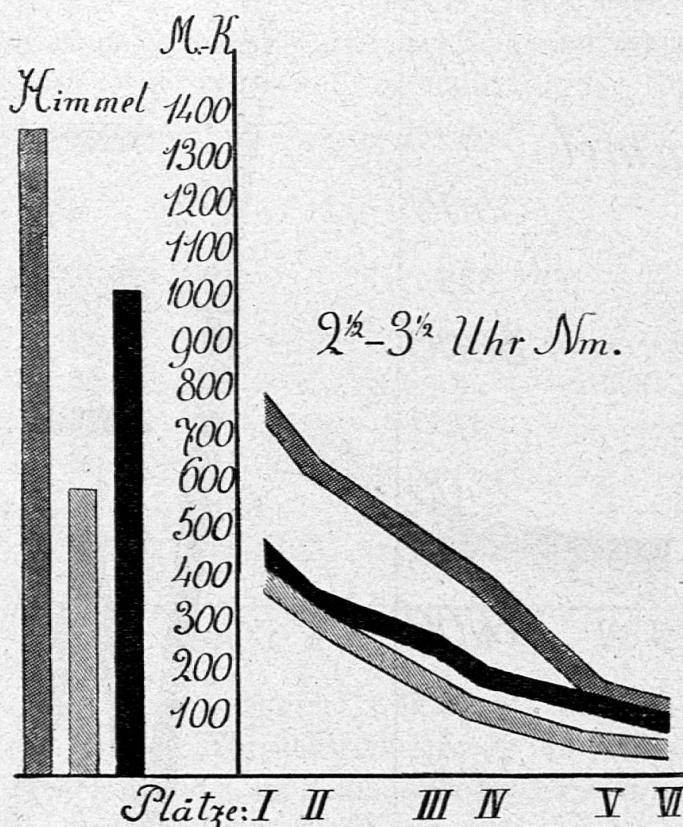
Fig. 8.



## II. Beobachtungsreihe (Fig. 8).

Plätze	SO (11°)	NO (11°)	NW (12°)
1	5080 <sup>1)</sup>	646	630
2	5080 <sup>1)</sup>	488	520
3	1524 <sup>2)</sup>	410	400
4	2583 <sup>3)</sup>	313	313
5	828 <sup>4)</sup>	173	197
6	646	158	190
Himmelshelligkeit	3600	1320	1335

Fig. 9.



## III. Beobachtungsreihe (Fig. 9).

Plätze	SO (2°)	NO (3°)	NW (3°)
1	815	447	503
2	670	353	394
3	500	210	300
4	410	154	220
5	190	82	159
6	157	67	128
Himmelshelligkeit	1400	618	1040

<sup>1)</sup> Starker Sonnenblick durch leichten Nebel.<sup>2)</sup> Sonne durch den Fensterrahmen etwas abgehalten.<sup>3)</sup> Sonne etwas verschleiert.<sup>4)</sup> Keine Sonne; der Platz ist zu entfernt vom Fenster.

In der ersten Beobachtungsreihe war der Unterschied zwischen den drei Zimmern kein wesentlicher: das zuerst untersuchte SO-Zimmer wies im allgemeinen die niedrigsten Werte auf; das NO-Zimmer, das mit Bezug auf die Umgebung die ungünstigsten Beleuchtungsverhältnisse bietet, zeigte mit Ausnahme der letzten Plätze höhere Werte als das SO-Zimmer, und stand dem NW-Zimmer nur insofern nach, als die letzten beiden Plätze hier wesentlich besser beleuchtet waren als dort. Immerhin war die Beleuchtungsintensität auch an den in nächster Nähe der Innenwand gelegenen Plätzen im NO-Zimmer eine durchaus genügende, im NW-Zimmer sogar eine reichliche.

Ganz besondere Verhältnisse zeigt die zweite Beobachtungsreihe. Hier tritt nämlich im SO-Zimmer der Einfluss der direkten Sonnenbestrahlung auf eine sehr prägnante Weise in die Erscheinung, so dass bei grellen Sonnenblicken die Platzhelligkeit über 5000 Meterkerzen steigt; aber auch da, wo die Sonnenstrahlen direkt nicht hinreichen, ist die Beleuchtungsintensität eine bedeutende. Die anderen Zimmer, die von der Sonne nicht beschienen sind, weisen eine gleichmässige, in der Richtung vom Fenster zur Innenwand in normaler Weise abnehmende Beleuchtung auf. Hiebei ist das NW-Zimmer im allgemeinen etwas heller beleuchtet als das NO-Zimmer, aber der Unterschied ist sehr unbedeutend, und auch die letzten Plätze erhalten in beiden Zimmern ein sehr gutes Licht.

Auch in der dritten Beobachtungsreihe, am Nachmittag, bleibt das SO-Zimmer das am hellsten erleuchtete; es ist auch die Himmelshelligkeit nach SO hin die grösste. Am nächsten kommt ihm das NW-Zimmer, während das NO-Zimmer am meisten zurückbleibt; am grössten ist die Differenz, zu Ungunsten des NO-Zimmers, an den der Innenwand am nächsten gelegenen Plätzen, — aber auch hier ist die Platzhelligkeit noch gegen halb 4 Uhr eine durchaus genügende (67 Meterkerzen).

Es hat sich also aus dieser Untersuchung ergeben, dass auch an einem nebeligen Tage, sobald es zu Sonnenblicken kommt, die NW- und NO-Zimmer vor den SO-Zimmern den Vorzug verdienen, weil sie nicht nur eine gleichmässige, sondern auch eine quantitativ befriedigende Beleuchtung besitzen, während im SO-Zimmer die Sonnenstrahlung störend einwirkt, indem sie sehr grosse Helligkeitsschwankungen hervorruft.

So löst sich für diejenigen, welche sich mit einer nördlichen Lage der Schulzimmer (NO, N, NW) versöhnen können, das Problem

einer zugleich hinreichenden und gleichmässigen Beleuchtung dieser Lokale auf ganz einfache Weise. Schwieriger wird diese Aufgabe für den, welcher aus allgemein hygienischen Erwägungen einer südlichen Orientierung der Klassenzimmer den Vorzug geben zu müssen glaubt, daneben aber doch — wie dies Baginsky, Schubert u. a. tun — eine direkte Insolation der Arbeitsplätze während des Unterrichts vermeiden will. Dieser Situation gibt Schubert (l. c.) folgenden Ausdruck: „Es bleibt — sagt er — das scheinbar so einfache, in Wirklichkeit aber überaus schwierige Problem des Schutzes gegen das direkte Sonnenlicht zu besprechen. Die Sonne darf weder die Augen der Kinder, noch deren Arbeitsplatz treffen, das ist eine selbstverständliche Forderung. Bis jetzt aber wurde noch kein befriedigender Sonnenschutz für die Fenster gefunden. Entweder machen die Vorhänge zu dunkel, so dass sich die Kinder stark auf das Buch beugen müssen und dadurch die Augen schädigen, oder sie blenden das Auge, wie dies bei dünnen weissen Vorhangstoffen der Fall ist.“

Diese Behauptung wird durch die Untersuchungen Cohns<sup>1)</sup> und anderer über den Tageslichtdurchgang durch Vorhänge bestätigt. Cohn hat gefunden, dass in manchen Schulen Vorhänge im Gebrauche sind, welche nur etwa 3 % Licht durchlassen und dass bei Benutzung derartiger Vorhänge die Platzhelligkeit schon in einer Entfernung von 1,5 m vom Fenster an sonnenhellen Tagen auf einige wenige Meterkerzen herabsinkt, also durchaus ungenügend wird. Grüne Holzjalousien lassen nach den Untersuchungen Cohns bei wagrechter Stellung der Brettchen 48—50 % des auffallenden Lichtes durch, bei schräger Stellung derselben 0,6—1,5 %, bei senkrechter nur 0,1 %.

Aus meinen persönlichen Erfahrungen auf diesem Gebiete will ich folgende Beispiele anführen:

1. SO-Zimmer, Fensterplatz, ohne Vorhang . . . . .	1138 Meterkerzen	
"      "      Vorhang aus roher		
"      "      Leinwand heruntergelassen . . . . .	226	"
	Lichtverlust	912 M.-K. = 80 %
2. SO-Zimmer, Sonnenplatz, ohne Vorhang . . . . .	13456 Meterkerzen	
"      "      derselbe Platz mit Vorhang aus		
"      "      roher Leinwand . . . . .	924	"
	Lichtverlust	12532 M.-K. = 93 %

<sup>1)</sup> Cohn, Comptes-rendus et Mémoires du VIII. Congrès Internat. d'Hygiène et Démographie à Budapest, 1894. Tome III, p. 392.

3. SO-Zimmer, Fensterplatz, Sonnenblick, ohne			
Vorhang . . .	2077	Meterkerzen	
" " Vorhang aus ge-			
bleichter Leinwand heruntergelassen .	281	"	
Lichtverlust	1796	M.-K.= 86,5 %	
4. SW-Fenster, Fensterplatz, ohne Vorhang .	463	Meterkerzen	
" " Jalousie aus grü-			
nen hölzernen Stäbchen herabgelassen .	39	"	
Lichtverlust	324	M.-K.= 91,5 %	

Im letzteren Falle war die Platzhelligkeit hinter der herabgelassenen Jalousie völlig ungenügend.

Auch die Form der verschiedenen, zum Sonnenschutz vorgeschlagenen Vorrichtungen (Marquisen, Rollvorhänge, seitlich verschiebbare Vorhänge, Jalousien etc.) ist keine zweckentsprechende. Schubert empfiehlt deshalb einen Versuch mit derjenigen Art von senkrecht stehenden Jalousien, wie sie in neuerer Zeit vielfach für Schaufenster verwendet werden, weil sie die Sonne von der Auslage fern halten, aber doch den Vorübergehenden die Betrachtung der ausgestellten Gegenstände ermöglichen und beliebig, je nach dem Stand der Sonne, gerichtet werden können.

Es ist nicht daran zu zweifeln, dass man in der Tat über kurz oder lang eine Konstruktion dieser Schutzvorrichtungen finden wird, welche in möglichst einfacher Weise die Sonne von den Augen der Kinder und den Arbeitsplätzen fernhält, aber den Eintritt des diffusen Tageslichtes und der Luft (last not least) in hinreichender Menge gestattet. Und doch werden auch derartige Vorrichtungen in der Praxis des Schulunterrichtes sich nicht bewähren — aus dem einfachen Grunde, weil die Beleuchtung oft eine rasch wechselnde ist und in kurzen Zwischenräumen starke und grelle Sonnenblicke und Verdunkelungen der Sonne durch Wolken aufeinander folgen. Hier müssten also die Schutzvorrichtungen, dem wechselnden Bedürfnisse entsprechend, in rascher Aufeinanderfolge bald so, bald anders eingestellt oder gänzlich beseitigt werden. Sollten dies die Kinder auf Geheiss des Lehrers tun, so würde unter Umständen eine fortwährende Unruhe in der Klasse entstehen; würde der Lehrer diese Aufgabe übernehmen, so hätte er zu gewissen Zeiten nichts anderes zu tun, als von Fenster zu Fenster zu eilen, um die Stellung der Schutzvorrichtungen den Verhältnissen anzupassen. Derartige Störungen würden unvermeidlich sein, und es geht nicht an, die Schule ihnen auszusetzen. Das ist die Klippe, an der alle Bestrebungen, die

Kinder bei südlicher Orientierung der Schulzimmer vor der direkten Einwirkung der Sonnenstrahlen zu schützen, scheitern werden. Ist es da nicht vernünftiger, diese Übelstände ganz einfach dadurch zu vermeiden, dass man die Schulzimmer nach einer Himmelsrichtung orientiert, welche von selber den Eintritt direkter Sonnenstrahlen während des Unterrichts ausschliesst. Man kann auch in diesem Falle eine gewisse Besonnung der Zimmer ermöglichen, indem man dieselben an einen nach S, SO oder SW gerichteten Seitenkorridor anschliesst und sie mit breiten Flügeltüren versieht, durch welche zu gewissen Zeiten die Sonne direkten Zutritt hat. Auf diese Weise wird auch die Möglichkeit reichlicher Lüftung der Zimmer garantiert.

Wenn ich nun auch, auf Grund der vorstehenden Untersuchungen — wie mir scheint mit Recht — dazu komme, eine Orientierung der Schulzimmer in nördlicher Richtung jeder anderen vorzuziehen, so möchte ich doch nicht einer schablonenhaften Anwendung dieses Grundsatzes das Wort reden. Ich gebe von vornehmerein zu, dass lokale Verhältnisse eine Abweichung von der Regel rechtfertigen oder sogar gebieten können. So kann z. B. die Richtung des Strassenzuges, an welchen das Schulhaus zu stehen kommt, massgebend sein, obschon ja auch in diesem Falle man für die Schulzimmer noch die Wahl zwischen zwei Seiten hat, denn es können eventuell auch die Korridore etc. nach Süden verlegt werden. Sodann wird man im höheren Norden, namentlich wenn die Ferien sich über den grössten Teil des Sommers ausdehnen, meist keinen Grund haben, die Sonneseite zu vermeiden. Endlich wird man da, wo ein Nachmittagsunterricht nicht stattfindet, die Schulzimmer ohne weiteres nach Westen orientieren können. Aber wo nicht derartige besondere Verhältnisse vorliegen, sollte man die Hauptfassade der Schulhäuser so stellen, dass während der Unterrichtszeit so wenig als möglich direktes Sonnenlicht in die Klassenzimmer eintreten kann. Hieran sollte grundsätzlich festgehalten werden mit Rücksicht auf eine richtige Beleuchtung der Zimmer und im wohlverstandenen gesundheitlichen Interesse der Schulkinder.

Zum Schlusse bemerke ich noch, dass auch Prof. M. Gruber<sup>1)</sup> in seinem auf dem ersten internationalen Kongress für Schulhygiene in Nürnberg gehaltenen Referate über „Normen für Tageslichteinfall in Schulen“ sich dahin ausspricht, dass die direkten Sonnenstrahlen von den Schubänken ferngehalten werden müssen und dass es deshalb

---

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Schulgesundheitspflege, 1904, S. 319.

am besten sei, die Schulzimmer nach Norden, Nordwesten, Nordosten zu orientieren. In gleichem Sinne äusserte sich in der Diskussion Prof. Nussbaum aus Hannover.

---

### Thesen.

1. Das Schulzimmer stellt an die Tagesbeleuchtung ganz andere Forderungen als das Wohnzimmer.
  2. Vom hygienischen Standpunkte aus ist zu fordern: ausschliesslicher Lichteinfall von links bei entsprechender Grösse, Form und Anordnung der Fenster.
  3. Lichteinfall von rechts ist unbedingt und unter allen Umständen zu vermeiden. Fenster, die im Rücken der Schüler angebracht sind, tragen zur Helligkeit der Arbeitsplätze (wenigstens bei schriftlichen Arbeiten) nichts bei; sie geben im Gegenteil zur Entstehung störender Schatten und Lichtkontraste Veranlassung und werden am besten ganz weggelassen.
  4. Der Fenstersturz soll keine Bogenlinie bilden, sondern flach sein.
  5. Im Interesse einer guten diffusen Tagesbeleuchtung müssen die Wände (mit Ausnahme eines etwa 1,5 m hohen Paneels) in mattweisser Farbe gehalten sein.
  6. Die vom allgemein hygienischen Standpunkte aus gerechtfertigte Forderung, dass Räume, in welchen sich Menschen längere Zeit aufhalten, zeitweilig von der Sonne beschienen werden sollen, erleidet mit bezug auf die Schule eine Modifikation in dem Sinne, dass wenigstens während des Unterrichts eine direkte Insolation der Arbeitsplätze ausgeschlossen sein soll.
  7. Durch Vorhänge etc. können die Nachteile einer direkten Sonnenbeleuchtung der Arbeitsplätze im Schulzimmer nicht erfolgreich beseitigt werden.
  8. Auch diffuses Tageslicht garantiert unter im übrigen günstigen Verhältnissen sogar an trüben Tagen eine hinreichende Beleuchtung der Arbeitsplätze.
  9. Eine gleichmässige Beleuchtung während der Schulstunden gewähren nur Zimmer, welche in nördlicher Richtung (N, NW, NO) orientiert sind. Bei ungeteiltem Unterricht ist auch gegen eine Westlage der Schulzimmer nichts einzuwenden. Im übrigen wird man bei der Frage der Orientierung der Schulzimmer nicht schablonhaft vorgehen, sondern jeweilen die lokalen Verhältnisse berücksichtigen.
-

## b) Die indirekte Beleuchtung.

*Von Dr. O. Roth,*

*Prof. der Hygiene am eidg. Polytechnikum in Zürich.*

---

Die künstliche Beleuchtung der Schulen war lange hinter denjenigen anderer Arbeitsräume in bedauerlicher Weise zurückgeblieben. Selbst die Hör- und Zeichensäle der Hochschulen machten hievon keine Ausnahme, und heute noch dürfte eine grosse Zahl von Lehrzwecken dienenden Lokalitäten zu finden sein, deren Abendbeleuchtung in mancher Beziehung zu wünschen übrig lässt.

Dies hat nun allerdings seinen Grund teilweise darin, dass die meisten Schulräume nur verhältnismässig kurze Zeit künstlich erhellt werden müssen, ferner in gewissen Schwierigkeiten, welche sich uns speziell bei der Beleuchtung der Schulen entgegenstellen.

Es fällt uns nicht schwer, in Wohnräumen, Studierzimmern, Büros u. s. w., eine genügende Zahl von Lampen in zweckdienlicher Weise anzubringen. Auch steht uns hiefür seit langem eine grosse Auswahl von Beleuchtungskörpern zur Verfügung. Die Schule aber stellt vermöge der Eigenart ihres Betriebes viel schwieriger zu erfüllende Anforderungen, denen die Beleuchtungstechnik erst in neuerer Zeit gerecht werden kann.

Eine grosse Zahl von Arbeitsplätzen ist in einem verhältnismässig kleinen Raum zusammengedrängt, und von jedem derselben soll der Ausblick auf die Wandtafel, Demonstrationsobjekte u. s. w. ein ungehinderten sein. Dies liesse sich nun allerdings leicht in der Weise erreichen, dass wir einzelne starke Lichtquellen möglichst hoch anbringen, wodurch auch die lästige und schädliche Wärmebestrahlung des Kopfes vermieden würde. Leider verbietet jedoch die in hohem Grade störende Beschattung der Arbeitsobjekte durch den Schüler ein derartiges Vor-

gehen. Es bleibt deshalb nichts anderes übrig als eine grössere Anzahl schwächerer Lampen zu verwenden und diese tiefer zu hängen. Aber auch dann würden wir eine ideale Beleuchtung nur erreichen, wenn wir links vor und über jedem Platz eine Lampe anbrächten, was schlechterdings unmöglich ist. Meistens gibt man mehreren Schülern zusammen eine Lampe. Dies führt aber natürlich zu dem Missstande, dass ein Teil der Schüler die Hauptmenge des Lichtes von rechts erhalten, wobei eine störende Schattenbildung unausbleiblich ist.

Wie schon angedeutet, haben alle tiefhängenden Lampen den Nachteil der stärkern Wärmebestrahlung, die allerdings durch richtig angebrachte Schirme bedeutend herabgemindert werden kann. Ferner erschweren sie den Ausblick auf die Wandtafel. Je mehr Lichtquellen vorhanden sind, desto grösser auch die Zahl der herunterhängenden Leitschnüre oder der Gasröhren und der Schirme, welche die Wandtafel verdecken. Auch eine lästige Blendung kann die Folge einer derartigen Anordnung der Lampen sein.

Wir sehen somit, dass eine zweckentsprechende und zugleich dem Auge zuträgliche Erhellung der Schulräume mittelst gewöhnlicher, direkter Beleuchtung geradezu unmöglich ist. Kein Wunder, wenn sich deshalb in neuerer Zeit Schulmänner und Hygieniker immer mehr der indirekten Beleuchtung zuwenden.

Für diejenigen Leser dieser Zeitschrift, welche mit dem Prinzip dieser Beleuchtungsart nicht bekannt sind, sei in Kürze gesagt, dass dieselbe darauf beruht, dass das Licht erst nach der weissgehaltenen Decke geworfen wird und von dieser auf die Arbeitsplätze, wodurch eine Zerstreuung desselben statt hat.

Da die Lampen bei diesem System sehr hoch angebracht sind, ist der Ausblick auf die Tafel ungehindert, auch kommt die Wärmestrahlung nicht in Betracht. Eine Blendung durch Hineinsehen in die Lichtquellen ist ausgeschlossen, einmal wegen des Hochstandes der Lampen, besonders aber auch wegen den unten an den Flammen angebrachten Schirmen. Störende Schatten treten, wie wir nachher sehen werden, nicht auf.

Bei den grossen Vorzügen dieser Beleuchtungsart muss es auffallen, dass sie erst in jüngster Zeit in ausgedehntem Masse in Schulen Eingang gefunden hat, trotzdem sie keineswegs neu, sondern schon vor mehr als 20 Jahren zum erstenmal versucht worden war.

Jaspar hat dieselbe im Jahre 1881 auf der elektrischen Ausstellung in Paris vorgeführt und zwar mittelst elektrischen Bogenlampen.

Drei Jahre später machte Schlenk<sup>1)</sup><sup>2)</sup>, Vorstand des technologischen Gewerbemuseums in Wien, Versuche mit indirekter Beleuchtung und zwar wiederum mittelst Bogenlampen. Unterhalb jeder Lampe brachte er einen konischen Eisenblechreflektor an, der inwendig blank vernickelt war. Die Resultate waren namentlich inbezug auf Schattenbildung recht günstige, gerieten aber trotzdem in Vergessenheit. Erismann<sup>3)</sup>, der sich für die Einführung dieser Beleuchtungsart auch in neuester Zeit sehr verdient gemacht hat, demonstrierte dieselbe im Jahre 1888 auf der Jubiläums-Ausstellung der Gesellschaft für Förderung der Arbeitsamkeit in einem von ihm eingerichteten Musterschulzimmer.

Als Lichtquelle verwendete er eine besondere Art Petroleum-lampen mit unter denselben angebrachten undurchsichtigen Schirmen von grossem Öffnungswinkel. Die Beleuchtung wurde von den Besuchern allgemein als sehr wohltuend empfunden. Der anfängliche Eindruck der etwas schwachen Erhellung des Raumes schwand, sobald man zu lesen oder schreiben versuchte. Auch hier war ganz besonders die Abwesenheit störender Schlagschatten in die Augen springend.

Einige Jahre später (1892) führte dann Renk<sup>4)</sup> die indirekte Beleuchtung im Hörsaal des hygienischen Institutes zu Halle ein, und zwar mittelst Regenerativgas-Lampen System Butzke.

Erst wurden Reflektoren aus Blech verwendet, dann solche aus Milchglas, welche also nur einen Teil des Lichtes nach der Decke reflektierten, einen andern aber nach unten durchtreten liessen. Wir heissen dies heute halbindirekte Beleuchtung. Der Lichtverlust war bei diesen Reflektoren ein weit geringerer, als bei den ganz undurchsichtigen.

Im Jahre darauf wurde, gestützt auf die günstigen Resultate der Renk'schen Untersuchungen, diese Beleuchtungsart in allen Hörsälen der Universität Halle eingeführt. Die Butzkebrenner ersetzte Renk durch Auerlampen.

Seitdem hat die indirekte Beleuchtung von Jahr zu Jahr mehr Eingang gefunden, und zwar namentlich in Schulen, doch auch in Fabriken. Ich sah sie zum erstenmal im Jahre 1895 anlässlich einer

<sup>1)</sup> Mitteilungen des technologischen Gewerbemuseums, Wien 1885 No. 2.

<sup>2)</sup> Burgerstein Leo, zur künstlichen Beleuchtung der Schulzimmer, Zeitschrift für Schulgesundheitspflege 1889, Bd. II No. 17.

<sup>3)</sup> Die Schulhygiene auf der Jubiläumsausstellung der Gesellschaft für Beförderung der Arbeitsamkeit in Moskau. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege 1888 Nr. 10.

<sup>4)</sup> Renk, F., Beilage zum Preisverkündigungsprogramm der Universität Halle vom Jahre 1892. „Über die künstliche Beleuchtung von Hörsälen.“

Studienreise in zwei grossen Leipziger Geschäften. Heute treffen wir sie auch in der Schweiz in einer grössern Anzahl industrieller Etablissements und die Zahl der Schulen, welche zu diesem Beleuchtungssystem übergehen, mehrt sich in erfreulicher Weise von Jahr zu Jahr.

Nicht zum wenigsten eignet sich dasselbe auch für gewerbliche Lehranstalten, in denen bis spät Abends gearbeitet wird und der Unterricht überhaupt grösstenteils auf die Nachtstunden fällt. In der Gewerbeschule Basels zum Beispiel ist dasselbe schon seit langer Zeit eingeführt und bewährt sich auf das Beste. Ganz besonders aber findet es immer mehr Eingang in den Hochschulen. Ich sah diese Beleuchtung schon vor Jahren im Polytechnikum zu München; wir treffen sie seit geraumer Zeit in der Wiener Anatomie und heute in einer ansehnlichen Zahl von Universitätsanstalten und technischen Hochschulen Deutschlands und Oesterreichs, in der Schweiz im Hygiene-Institut Basel und in neuester Zeit auch in der Universität Bern, ferner in dem neuen anatomischen Institut in Zürich u. s. w.

Im Maschinenlaboratorium des eidgenössischen Polytechnikums wurde dieselbe vor zirka vier Jahren von Herrn Prof. Wyssling durchgeführt, später auch im Hauptgebäude in allen Hör- und Zeichensälen.

So hatte ich denn in Zürich reichlich Gelegenheit, diese indirekte Beleuchtung näher kennen zu lernen und will es nun versuchen, meine Leser an Hand meiner und anderer Untersuchungen mit derselben näher vertraut zu machen.

Ich habe schon bemerkt, dass im Moment des Eintrittes in einen derartig beleuchteten Saal viele den Eindruck geringer Lichtfülle empfangen. Zum Teil mag diese falsche Beurteilung eben gerade daher kommen, dass die Schatten fehlen, nach denen wir oft durch Vergleich die Intensität der Beleuchtung beurteilen, andererseits mögen auch die namentlich bei ganz undurchsichtigen Reflektoren beschatteten Wände den Eindruck geringer Erhellung verursachen. Die meisten überzeugen sich indess sofort beim Betrachten eines Schriftstückes oder dergl., dass dieser erste Eindruck ein unrichtiger war, nur wenige aber brauchen längere Zeit, um sich an die ungewohnte Beleuchtung zu gewöhnen. So habe ich im Anfang unter den Studierenden oft Klagen über ungenügende Helligkeit gehört, die nachträglich bei gleichbleibenden Verhältnissen verstummt.

Dies zeigt uns eben wieder, wie schon so oft bei derartigen Beobachtungen konstatiert wurde, dass das Auge, das sonst so wunderbare Organ des menschlichen Körpers, ein recht mangelhafter Helligkeitsprüfer ist. Es ist deshalb von grosser Bedeutung, dass wir an

Stelle der subjektiven Taxierung die Prüfung mittelst eines Instrumentes setzen können, die uns genauen Aufschluss gibt über die an Arbeitsplätzen vorhandene Helligkeit. Das Photometer, welches zu diesem Zwecke weitaus am besten Verwendung findet, und bei einiger Übung sehr genaue Resultate ergibt, ist das Weber'sche. Das einzige, was es gegen sich hat, ist der hohe Preis, der eben in der genauen Ausführung seinen Grund findet. Von einer Beschreibung desselben muss ich hier absehen. Eine solche findet sich beispielsweise in dem Weilschen Handbuch der Hygiene<sup>1)</sup>.

Hier sei bemerkt, dass alle von mir vorgenommenen Messungen in Grün und Rot ausgeführt wurden, unter Benützung eines grossen weissen Kartons und eines eigens hergerichteten Statifs, wodurch eine stärkere Beschattung durch das Photometer selbst vermieden wurde. Dass trotzdem eine gewisse Beschattung, namentlich durch den Beobachter, unvermeidlich ist liegt auf der Hand. Ich erblicke jedoch hierin keinen Fehler, da ja auch in Wirklichkeit eine Beschattung selbst durch den aufrecht sitzenden Schüler immer stattfindet und also diese Messungsmethode der Praxis ganz gut angepasst ist. Sie wurde übrigens meines Wissens in den meisten derartigen Fällen angewendet.

Als Lichteinheit für photometrische Zwecke dient vorzüglich die Amylacetatlampe, das sogenannte Hefnerlicht, dessen Helligkeit zirka 0,8 deutsche Paraffinkerzen<sup>2)</sup> beträgt. Das Mass, mit welchem wir die Helligkeit eines Arbeitsplatzes messen, ist die Meterkerze, d. h. diejenige Helligkeit, welche der Platz von einer Hefnerkerze aus einem Meter Entfernung erhalten würde.

Man hat sich nun schon längst bemüht, das für gewisse Beschäftigungen nötige Mindestmass der Beleuchtung festzustellen. Diese Frage ist so oft in wissenschaftlichen Zeitschriften und auf Kongressen erörtert worden, dass ich sie nur kurz berühren möchte, bemerke jedoch gleich, dass eine definitive Einigung über diesen Punkt bis jetzt nicht erzielt wurde.

Cohn<sup>3)</sup> verlangt gestützt auf Leseversuche und photometrische Messungen ein Minimum von 10 Meterkerzen<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> L. Weber. Die Beleuchtung. Weils Handbuch der Hygiene. Bd. IV, S. 42 u. f.

<sup>2)</sup> Die deutsche Paraffinkerze hatte 20 mm Durchmesser und 50 mm Flammenlänge.

<sup>3)</sup> Cohn, Lehrb. d. Hygiene d. Auges. Wien, Urban & Schwarzenberg 1892. S. 366 u. ff.

<sup>4)</sup> Dieser Wert ist indessen zu niedrig berechnet, da Cohn die Bestimmungen nur im Rot, d. h. mit der roten Platte des Photometers ausführte. S. hierüber Weber l. c. S. 82 und Erißmann. Die hygienische Beurteilung der verschiedenen Arten künstlicher Beleuchtung. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1900. S. 6.

Kermenauer und Prausnitz<sup>1)</sup> dagegen erklären wenigstens für Hörsäle auch Lichtmengen unter 10 Meterkerzen für genügend. Huth<sup>2)</sup> kommt durch Versuche mittelst Sehproben und Lichtmessungen zu der Ansicht, dass 25—30 Meterkerzen zum Schreiben und Lesen nötig seien.

Erismann<sup>2)</sup> ist der Meinung, dass bei künstlicher Beleuchtung, deren nötige Helligkeit wir immer tiefer anzusetzen gewohnt sind als diejenige des Tageslichtes für feinere Arbeiten, 25 Meterkerzen genügen, für gröbere aber mindestens 12—15 zu verlangen seien. Es sei übrigens bemerkt, dass auch Prausnitz<sup>3)</sup> für Zeichensäle mindestens 25 Meterkerzen verlangt. Ich glaube nun, gestützt auf die Antworten, welche ich von den über das Genügen oder Nicht-genügen der Helligkeit ihrer Arbeitsplätze befragten Studierenden erhielt, sowie auf Angaben von Kollegen und eingelaufene Klagen, dass die von Erismann angegebenen Minimalwerte ungefähr das richtige treffen. Dieselben genügen übrigens bei indirekter Beleuchtung viel eher als bei direkter, bei welcher die Helligkeitswerte in den durch den Zeichnenden oder Schreibenden beschatteten Stellen verhältnismässig viel niedriger sind. Unter dieses Mass möchte ich aber nicht gehen. Plätze in Zeichnungssälen von 20 Meterkerzen und darunter wurden mir immer als zu dunkel bezeichnet, oft auch solche in Hörsälen mit weniger als 15 Meterkerzen. Allerdings war dies gelegentlich einmal auch bei Zeichnungsplätzen mit 30 Meterkerzen der Fall. Es sind eben hier wiederum subjektive Faktoren mit im Spiele und möchte ich deshalb den Antworten, die ich auf mein Befragen betreffend ausreichender Helligkeit erhielt, nur einen orientierenden Wert beilegen.

Jedenfalls tun wir aber gut, die Anforderungen an die indirekte Beleuchtung nicht zu hoch zu stellen, sonst kann es begegnen, dass wegen der damit verbundenen höhern Kosten alles beim alten bleibt. Dass manchmal schwer erfüllbare Anforderungen an die künstliche Beleuchtung gestellt werden, hatte ich wiederholt Gelegenheit zu bemerken. So beklagten sich Studierende über zu grosse Dunkelheit

<sup>1)</sup> Kermenauer und Prausnitz. Untersuchungen über indirekte (diffuse) Beleuchtung von Schulzimmern etc. Archiv für Hygiene. Bd. XXIX.

<sup>2)</sup> Zitiert in Erismanns Arbeit: Die hygienische Beurteilung der verschiedenen künstlichen Beleuchtung mit bez. Berücksichtigung der Lichtverteilung. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Bd. XXXII, Heft 1.

<sup>3)</sup> Prausnitz. Beleuchtung von Zeichensälen. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. XLII, No. 11.

an sehr gut beleuchteten Plätzen, weil sie von früher her gewohnt waren, bei einer Auerlampe zu arbeiten, die sie in zirka 60 cm Entfernung neben sich aufgestellt hatten.

Natürlich ist es vom hygienischen Standpunkt aus nur zu begrüssen, wenn das aufgestellte Mindestmass möglichst überschritten wird, wissen wir ja doch, dass mindestens 50 Meterkerzen nötig sind, um ein gutes diffuses Tageslicht voll zu ersetzen, und dass ein Raum kaum zu hell künstlich erleuchtet werden kann. Wo es also nicht auf die Kosten ankommt, möge man möglichst hohen Anforderungen zu genügen suchen. Andernfalls aber muss man sich nach der Decke strecken. Namentlich scheint mir eine Individualisierung insofern nötig, als wir in unsren Ansprüchen nicht so weit zu gehen brauchen, wenn nur kurze Zeit des Abends bei künstlichem Licht gearbeitet werden soll, während in andern Fällen, z. B. in Gewerbeschulen, wo während eines Teils des Jahres überhaupt nicht bei Tageslicht gearbeitet wird, viel ausgiebiger beleuchtet werden muss. Dies gilt natürlich auch für Institute, Konfekte u. s. w., in denen nicht die von der Tagesarbeit schon angestrengten Augen durch ungenügendes Licht ermüdet werden dürfen.

Bevor ich nun zu den Resultaten der im eidg. Polytechnikum angestellten Versuche übergehe, sei hier einiges über die verwendeten Lampen, Stromstärke etc. vorausgeschickt.

Die Beleuchtung erfolgt in allen Hör- und Zeichensälen durch Gleichstrom-Bogenlampen verschiedener Fabriken, von 8, 10 oder 12 Ampères Stromstärke. Dieselben sind je nach der Anzahl der Lampen in einem Saale in Zweier- oder Dreier-Serien auf 125 Volt Spannung geschaltet. Die Zweier-Serien besitzen einen Vorschaltwiderstand, welcher ein ruhigeres Brennen der Lampen zum Zwecke hat. Der unter den Lampen angebrachte Reflektor ist aus weiss emailliertem Eisenblech gefertigt. Die Beleuchtung ist somit eine ganz indirekte. Der Lichtbogen befindet sich etwas tiefer als die Oberkante des Reflektors. Die positive Kohle ist wie bei den bis jetzt gebräuchlichen Lampen die obere. Diese Anordnung hat folgenden Grund: An der positiven Kohle, die eine sogenannte Dachtkohle ist, d. h. im Innern einen Kern aus Graphit und Wasserglas besitzt, während der Mantel wie die negative Kohle im allgemeinen aus einem Gemisch von Graphit, Russ und Teer besteht, bildet sich bekanntlich ein Krater.

Wird diese positive Kohle unten angebracht, so sammeln sich zeitweilig in deren kraterförmigen Vertiefung Partikelchen unverbrannter Kohlenbestandteile an, was ein unruhiges Brennen der

Lampen zur Folge hat. Dies ist nicht der Fall, wenn die negative spitze Kohle die untere ist.

Den Hauptanteil an der Lichtemission hat, wie bekannt, die positive Kohle, von der etwa 85 % der Gesamtlichtmenge ausgestrahlt wird, während auf den Lichtbogen selbst etwa 5 und die negative Kohle zirka 10 % entfallen<sup>1)</sup>. Es muss deshalb der grösste Teil des Lichtes einer solchen Bogenlampe nach unten geworfen werden, nach einer von Wedding<sup>2)</sup> gefundenen Kurve, am meisten in einem Winkel von 40°, während in horizontaler Richtung weniger als die Hälfte der mittlern hemisphärischen Lichtstärke ausgestrahlt wird, und nach oben selbstredend am wenigsten. Wie schon erwähnt, ist der Lichtbogen noch einige Centimeter tiefer als die Oberkante des Reflektors. So wird verhältnismässig wenig direktes Licht an die Decke und die oberen Wandpartien geworfen. Es muss also weit-aus der grösste Teil des Lichtes erst nach doppelter Reflexion die Arbeitsplätze treffen. Dieser Faktor ist, wie später gezeigt werden soll, für die Erklärung der Resultate der vergleichenden Versuche mit elektrischem und Auer Licht von grosser Bedeutung.

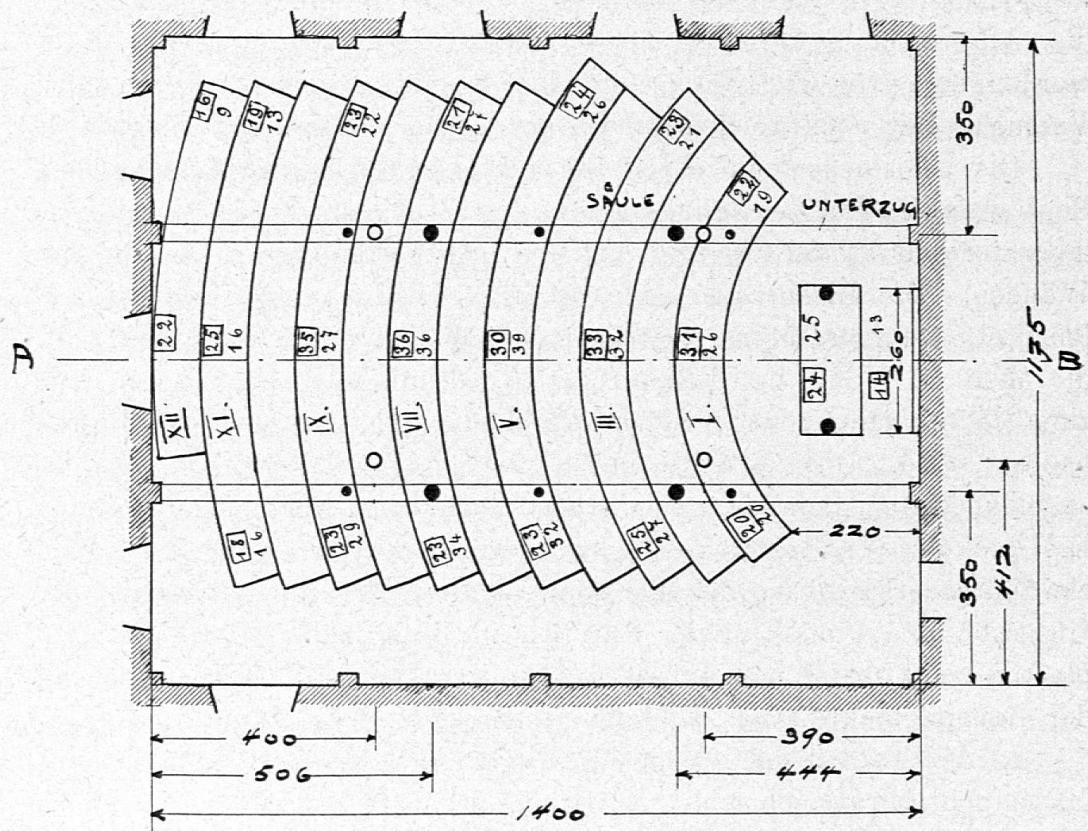
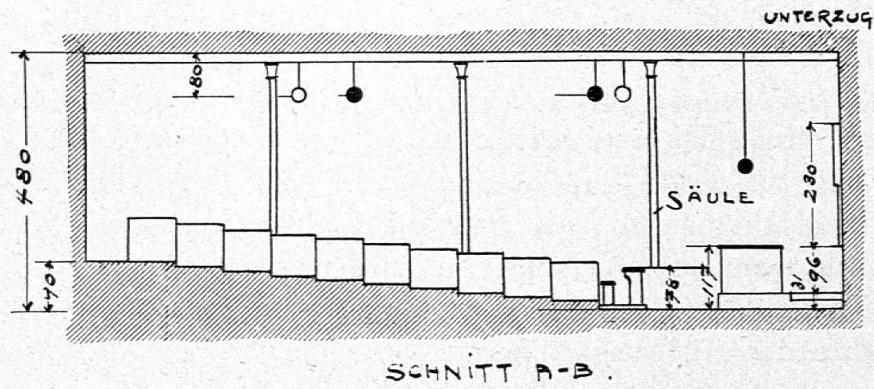
Die bei solcher indirekten Beleuchtung von mir aufgenommene Photographie des Zeichnungssaales C im Dachstock des Maschinenlaboratoriums (Tafel I b) zeigt uns die Lichtverteilung an Decken und Wänden. Die Eisenträger und die Decke selbst sind sehr hell erleuchtet, weniger intensiv, wohl hauptsächlich durch direktes Licht, die obersten Wand- und Fensterpartien. Dann folgt nach unten eine ziemlich scharfe Grenze, welche durch die Schatten der Reflektoren bedingt wird. Diese könnte durch Höherhängen der mittelst Gewicht ausbalancierten Lampen noch etwas nach oben verschoben werden. Die dunklen Wandpartien sind wohl mit ein Grund für den schon erwähnten ersten Eindruck der mangelhaften Erhellung, welchen der Ungewohnte beim Eintritt empfindet. Ein Blick auf die Tischplatten zeigt uns schon auf der Photographie, dass die Beleuchtung der Arbeitssubjekte eine ziemlich intensive ist.

In der Tat ist sie sowohl in diesem als den übrigen Sälen des Maschinenlaboratoriums mit Ausnahme weniger Plätze eine durchaus genügende, zum Teil sehr reichliche. Eine ganze Anzahl von Zeichentischen weisen selbst eine Helligkeit von mehr als 50 Meterkerzen auf.

Auch im Hauptgebäude, wo ebenfalls, sowohl Auditorien als

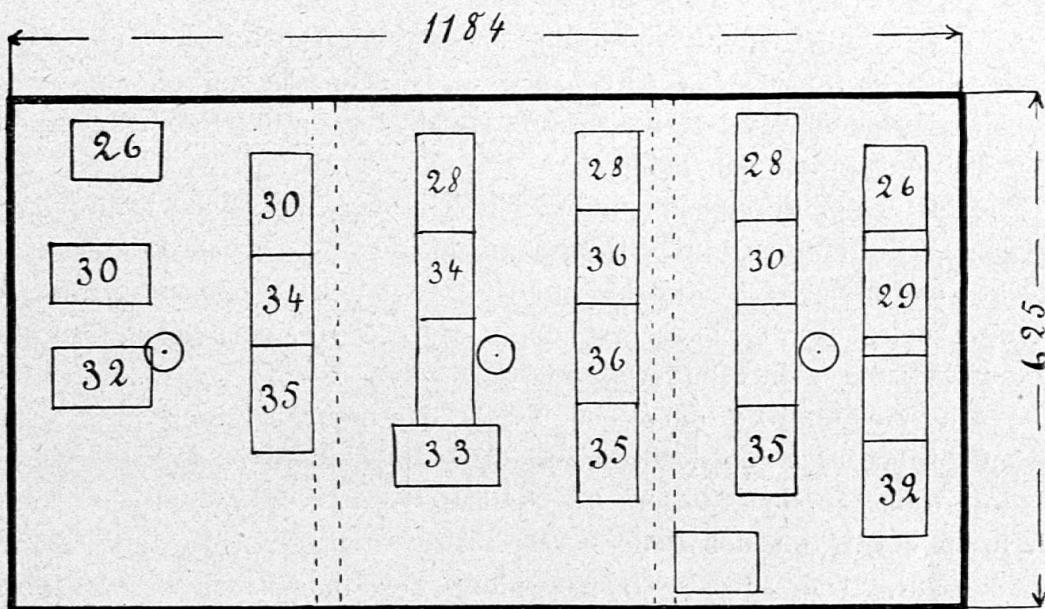
<sup>1)</sup> Das Bogenlicht und seine Anwendung. Herausgegeben von Körting und Mathiesen. Leutzsch-Leipzig, S. 4.

<sup>2)</sup> l. c. S. 9.



Zeichensäle in der gleichen Weise beleuchtet sind, werden heute, nachdem an verschiedenen Orten stärkere Lampen eingesetzt worden, selten mehr Klagen laut über ungenügende Helligkeit und die Resultate zahlreicher, in den letzten drei Jahren vorgenommener

Messungen ergaben auch, dass die früher angegebenen Minimalhelligkeiten meist überschritten werden. Es möge hier beispielsweise der Hörsaal 31 b angeführt werden, der durch vier Bogenlampen von 8 Ampères erleuchtet wird. Die Größenverhältnisse des Saales, sowie die Plazierung der Lampen sind aus der Skizze Seite 9 zu ersehen. Die vier Bogenlampen sind durch innen weisse Kreise bezeichnet, während die schwarzen andere Beleuchtungskörper darstellen, die bei späteren Versuchen zur Verwendung kamen und nur provisorisch angebracht wurden. Die bei elektrischer Beleuchtung gefundenen Platzhelligkeiten sind durch die in Quadraten eingeschlossenen Zahlen bezeichnet und betragen fast überall mehr als 20,



zum Teil weit über 30 Meterkerzen. Drei Plätze wiesen unter 20, der dunkelste immer noch 16 Meterkerzen auf. Die mittlere Helligkeit betrug 25 Meterkerzen.

Zu diesen Zahlen ist jedoch zu bemerken, dass ich bei früheren Messungen in dem gleichen Saal mit andern Lampen von nominell gleicher Ampèrezahl eine durchschnittliche Helligkeit von 32 Meterkerzen fand. Die Decken waren jedoch dazumal reinweiss, während sie jetzt etwas grau angelaufen sind. Diese Lampen mussten wegen ihrer sehr grossen Schwankungen entfernt werden.

Des weiteren seien hier auch die in einem Zeichnungssaal (14 b) der Architektenschule gefundenen Messungsresultate erwähnt, die auf der obenstehenden Planskizze eingezeichnet sind. Der dunkelste Platz hatte 26, der hellste 36 Meterkerzen. Mittel 32,2. Die drei Bogen-

lampen à 8 Ampères sind in der Axe des Saales aufgehängt und in der Skizze durch Kreise bezeichnet. Auch hier könnte die Helligkeit durch einen neuen, ganz weissen Deckenanstrich gesteigert werden. Sie hat sich übrigens als vollständig genügend erwiesen.

Natürlich können solche Angaben auch für andere Fälle als Wegleitung dienen für die Bestimmung der nötigen Zahl und Stärke der zu verwendenden Lampen. Es soll dann aber weniger auf die Gesamtbodenfläche Rücksicht genommen werden, als auf diejenige, über welcher sich wirklich Arbeitsplätze befinden. Überhaupt ist in dieser Beziehung die Grösse der Bodenfläche allein nicht massgebend, sondern auch die Form, d. h. das Verhältnis der Länge zur Breite, dem auch die Verteilung der Lampen angepasst werden muss.

Wie schon eingangs erwähnt, ist ein Hauptvorteil der indirekten Beleuchtung die Abwesenheit störender Schatten.

In welchem Masse dies für die Handschatten der Fall ist, zeigen die Photographien auf Tafel II.

Die erste derselben nahm ich bei direkter Beleuchtung mit starken Glühlampen auf. Dass namentlich der Schatten der von rechts auffallenden Lichtstrahlen beim Arbeiten in höchst unzuträglicher Weise stören muss, ist ohne weiteres ersichtlich und durch die Erfahrung genügend erwiesen.

Das zweite Bild derselben Tafel, das ich bei ganz indirekter Beleuchtung in einem Zeichensaale des Maschinenlaboratoriums aufnahm, weist an den Stellen, wo Schatten etwas zu bedeuten hätten, d. h. in der Nähe der Feder- resp. Bleistiftspitze, sozusagen keine solche auf. Die grosse Überlegenheit der indirekten Beleuchtung ist schon hiedurch genügend gekennzeichnet.

Die dritte Aufnahme bezieht sich auf Versuche mit andern Lampen, auf die wir später zu sprechen kommen werden.

Dass auch die Verdunklung des Arbeitsobjektes durch den Oberkörper bei diffuser Beleuchtung eine ganz bedeutend geringere ist, als bei gewöhnlicher, liegt auf der Hand.

Es sind von Erismann und seinen Schülern eine grosse Anzahl von Untersuchungen über die Helligkeit der beschatteten Stellen bei verschiedener Beleuchtung ausgeführt worden. Dr. Bubnoff<sup>1)</sup> fand in einem Saale einer Moskauer Schule mit direkter Beleuchtung an einem Platze eine Helligkeit von 8,2 Meterkerzen, solange derselbe unbeschattet war, wenn sich aber ein Schüler zum Schreiben hin-

---

<sup>1)</sup> Zeitschrift f. Schulgesundheitspflege I, 1888, S. 367.

setzte, betrug sie nur noch 4,6 Kerzen, im Halbschatten der schreibenden Hand 2,6 und im vollen Schatten derselben nur noch 1,5 Meterkerzen. Es ist nun allerdings zu bemerken, dass diese Messungen schon im Jahre 1888 stattfanden, als die Beleuchtung der Schulräume überhaupt noch recht weit zurück war. Auch die sehr interessanten Untersuchungen Dr. Ostroglasoffs<sup>1)</sup>, bei welchen in einem Saale ein Lichtverlust von 55 % der mittlern Platzhelligkeit gefunden wurde, sobald sich ein Schüler an den betreffenden Platz setzte, von 75 %, wenn sich alle Schüler zum Schreiben hinsetzten, sind in Räumen angestellt worden, deren Beleuchtung an und für sich nach unsren heutigen Begriffen keine genügende war. Namentlich war auch die Zahl der Lampen eine zu geringe. Es sind deshalb von Erisman in neuerer Zeit in Zürcher Schulen, die in ausgiebiger Weise mit einer grössern Zahl möglichst gut verteilter elektrischer Glühlampen erleuchtet werden, weitere Untersuchungen<sup>2)</sup> in dieser Richtung angestellt worden. Wie zu erwarten war, gestalteten sich hier die Verhältnisse allerdings günstiger, immerhin wurde aber doch die in einem Saale 41 Meterkerzen betragende mittlere Platzhelligkeit auf 28 herabgedrückt, sobald sich jemand in Schreibstellung an die betreffenden Plätze setzte, was einem Verlust von 32 % der mittlern Helligkeit entspricht.

Im übrigen geben diese Zahlen, wie auch Erisman betont, nur einen bedingten Maßstab für die störende Wirkung der Schatten, die sehr gross sein kann in Fällen, wo eine Messung unmöglich ist, z. B. wenn nur ein schmaler Streifen in den Bereich jener Stelle auf dem Papier fällt, wo die Feder oder der Bleistift aufgesetzt wird.

Bei Untersuchungen mit indirekter Beleuchtung mittelst Petroleumlampen, die Erisman zusammen mit Ostroglasoff<sup>3)</sup> zu Anfang der 90er Jahre in Moskau anstellte, wurde im Schatten der schreibenden Hand ein Lichtverlust von 20,9 % gefunden.

Pelzer<sup>4)</sup> verwendete bei seinen diesbezüglichen Versuchen eine Pappscheibe, mittelst welcher er die Beschattung des Papiers immer in genau gleicher Weise bewerkstelligte. Er fand bei direkter Be-

<sup>1)</sup> Zitiert in Fr. Erisman: Die hygienische Beurteilung der verschiedenen Arten künstlicher Beleuchtung mit besonderer Berücksichtigung der Lichtverteilung. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege Bd. XXXII, 1900, S. 32.

<sup>2)</sup> l. c. S. 36 u. ff.

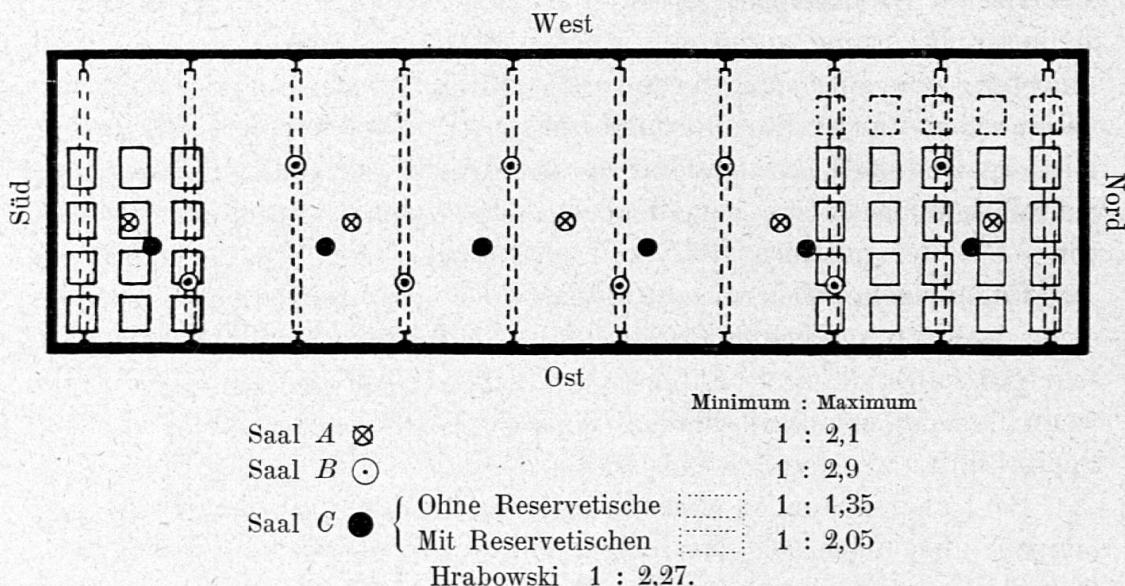
<sup>3)</sup> l. c. S. 42.

<sup>4)</sup> Pelzer, Studien über indirekte Beleuchtung. Inaugural-Dissertation. Halle a. S. C. A. Kaemmerer u. Co. 1893.

leuchtung, je nach höherer oder tieferer Aufhängung der Lampen, einen Verlust von 20,3 bis 26,3 %, bei ganz indirekter nur einen solchen von 11,6 bis 11,9 %.

Bei den Beschattungsversuchen, die ich in dem auf Tafel I photographisch abgebildeten Zeichnungssaal C im Dachstock des Maschinenlaboratoriums vornahm, wurde immer zuerst die Helligkeit des freien, d. h. nur durch das Photometer und den Beobachtenden beschatteten Platzes bestimmt (S. auch Seite 5). Gleich darauf liess ich denselben von meinem Assistenten durch Vornüberbeugen des Oberkörpers, ungefähr wie dies beim Zeichnen geschieht, beschatten, und zwar an allen Plätzen, so gut es möglich war, in gleichem Masse.

Beistehende Planskizze zeigt die Anordnung der Tische in den 3 gleich grossen Zeichensälen des Maschinenlaboratoriums zur Zeit meiner Untersuchungen. Diejenigen, an welchen Messungen nicht



vorgenommen wurden, sind nicht eingezeichnet. In den Sälen der untern 2 Stockwerke bestanden die einzelnen Reihen aus 4, in demjenigen des Dachstocks ebenfalls, mit Ausnahme der von rechts gerechnet ersten 5 Reihen, in welchen im Seitengang, der ursprünglich frei bleiben sollte, je ein Tisch eingesetzt war. Diese letzteren Tische sind auf der Planskizze punktiert.

Die Deckenträger sind ebenfalls mittelst punktierten Linien eingezeichnet. Die Verteilung der Lampen ist in den verschiedenen Stockwerken eine verschiedene. Diejenigen im Saal A des ersten Stockes, 5 an der Zahl, im Plan mit  $\otimes$  bezeichnet, sind in einer Reihe in der Längsrichtung des Saales aufgehängt, und zwar in der

Mitte zwischen den Deckenträgern. Die Verteilung auf diese Felder geht aus der Skizze hervor.

Im zweiten Stock Saal *B* finden sich 8 Lampen, mit  $\odot$  bezeichnet. Sie sind an den Deckenträgern und zwar alternierend in 2 Längsreihen angebracht. Im Saal *C* des Dachstocks dagegen sind 6 Lampen mit  $\bullet$  bezeichnet, in einer Reihe und zwar etwas mehr von der Mittellinie des Saales entfernt, als diejenigen des ersten Stockes, gerade über der Mitte der ursprünglichen vierplätzigen Tischreihen.

Die der Skizze beigedruckten Zahlen beziehen sich auf die Lichtverteilung, von der nachher die Rede sein wird.

Die Beschattungsversuche wurden in den, von Norden nach Süden gerechnet, ersten 4 Tischreihen vorgenommen.

Geschah die Beschattung nur von der gegen die Nordwand des Saales gelegenen Kante der Tische, so betrug der Lichtverlust im Mittel 12 %, er steigerte sich aber auf 16 %, wenn die Resultate der Beschattung von der entgegengesetzten Seite in Rechnung gebracht wurden.

Es gibt also in dem Saale Zeichenplätze, deren Helligkeit eine ganz andere ist, je nachdem der Zeichnende sich auf die eine oder andere Seite des Tisches stellt. Die Erklärung hiefür gibt sich von selbst und es ist ohne weiteres klar, dass dieser Unterschied am grössten sein muss an den beiden Enden des Saales, an der Wand, wo die Beleuchtung fast ausschliesslich durch eine Lampe erfolgt. Geschieht die Beschattung z. B. am Nordende in der für den Beschauer der Planskizze ersten Tischreihe zur Rechten von Süden her, so wird der betreffende Platz dunkler sein müssen, als bei Beschattung von der entgegengesetzten Seite, weil in ersterem Falle die lichtaussendende Deckenfläche vor und über dem Zeichner eine verhältnismässig kleine ist, eine Aufhellung der Schatten also nur in geringerem Masse stattfindet.

So ergab sich denn auch am Tische in der nordöstlichen Ecke bei der Beschattung von Süden 38 %, bei einer solchen von Norden nur 10 % Lichtverlust, am Platz daneben 39 % im ersten Falle, 11 % im zweiten. Weiter gegen die Mitte des Saales zu waren die Unterschiede bedeutend kleiner. In der fünften Reihe z. B. betrug die Helligkeit im Mittel aus den Messungen an drei verschiedenen Tischen bei Beschattung von Norden 14, von Süden 22 %.

Nebenbei sei bemerkt, dass diese Resultate übrigens auch in gewissem Grade von der partiellen Beschattung der Deckenfelder durch die Eisenträger beeinflusst werden.

Ein weiterer grosser Vorzug der indirekten Beleuchtung ist die bessere Verteilung des Lichtes auf die verschiedenen Plätze eines Arbeitsraumes. Es ist dies schon zu Anfang der Einführung dieser Beleuchtungsart betont und seitdem von allen Seiten bestätigt worden.

Wenn wir in dieser Richtung vergleichende Versuche anstellen wollen, muss natürlich auch die zur Beobachtung kommende direkte Beleuchtung den Anforderungen entsprechen, die wir billigerweise an sie stellen können. Es dürfen nicht schlechte Installationen für direkte Beleuchtung, wie man sie so häufig findet, und bei denen, wie ich selbst beobachtete, gelegentlich die einen Plätze bis zu sechsmal dunkler sind, als andere, mit guten für direkte verglichen werden.

Solche einwandsfreie Versuche sind z. B. von Menning<sup>1)</sup> unter Renk's Leitung in dem Hygienehörsaal der Universität Halle ange stellt worden und zwar mit vier möglichst günstig verteilten Regenerativgasbrennern, die für die Versuche mit diffusem Licht mit innen weissgestrichenen Metallreflektoren versehen wurden, welche das Licht an die Decke warfen. Die Resultate waren folgende:

Hellster Platz bei direkter Beleuchtung	33,29	bei indirekter	10,20
Dunkelster Platz	"	"	18,2
Differenz	"	"	15,09

Das Verhältnis der minimalen Helligkeit zur maximalen war also bei direkter Beleuchtung 1 : 1,83, bei indirekter Beleuchtung 1 : 1,21. Eine so günstige Verteilung bei direkter Beleuchtung wie sie hier zu Tage trat, dürfte übrigens sehr selten sein. Vielleicht ist sie auf die Regenerativbrenner zurückzuführen, welche jedoch aus andern Gründen heute weniger mehr in Gebrauch sind.

Wie schwer es ist, eine so zufriedenstellende Gleichmässigkeit der Erhellung der verschiedenen Plätze eines Schullokals mittelst gewöhnlicher Beleuchtung zu erreichen, zeigen uns die bereits erwähnten Untersuchungen Erismanns in verschiedenen Zürcherschulen<sup>2)</sup>.

In einem Zimmer für 42 Schüler fanden sich 9 elektrische Glühlampen à 16 Kerzen. Der Helligkeitsdurchschnitt betrug 18,8, das Minimum 9, das Maximum 30 Meterkerzen. Minimum und Maximum verhielten sich also wie 1 : 3,3.

Ein anderes Schulzimmer für 27 Schüler war durch 11 solche Lampen erleuchtet, also durch eine Anzahl, über die man wohl kaum hinausgehen kann. Die Helligkeit des Raumes war denn auch eine

<sup>1)</sup> Menning, F. Über indirekte Beleuchtung. Inaugural-Dissertation. München.  
R. Oldenburg 1892.

<sup>2)</sup> I. c. S. 36.

brillante, auf den Subsellien wurden im Durchschnitt 41,6 Kerzen gemessen, auf einigen bis zu 57; andere aber wiesen nur 25—30 und ein Platz nur 14 Kerzen auf; also trotz dem grossen Aufwand an Licht wiederum eine recht mangelhafte Verteilung, die sich auch hier, wie Eismann nachweist, bei der Beschattung in noch viel bedeutsamem Masse fühlbar macht.

Dass es verhältnismässig leicht ist, mittelst indirekter Beleuchtung eine genügende Gleichmässigkeit der Erhellung der verschiedenen Arbeitsplätze zu erlangen, beweisen ausser den zahlreichen anderwärts gemachten Erfahrungen auch die Resultate der neuen Beleuchtungsanlage unserer technischen Hochschule.

Vergegenwärtigen wir uns die im Zeichensaal 14 b (Planskizze Seite 10) des Hauptgebäudes gefundenen Werte, so sehen wir, dass das Minimum sich zum Maximum verhält wie 26 : 36 oder wie 1 : 1,38. Im Saal C des Maschinenlaboratoriums war dieses Verhältnis 1 : 1,35 ohne die in der Skizze Seite 13 punktiert eingetragenen Tische. Diese Resultate stehen somit nur unbedeutend hinter denjenigen des eben erwähnten Menning'schen Versuches zurück. Etwas weniger günstig ist die Verteilung im Hörsaal 31 b (Plan Seite 9), Minimum : Maximum = 1 : 2. (Die nur selten in Abendvorlesungen benutzte Bank XII ist hier nicht einbezogen.)

Ungleich verhalten sich diese Werte im Zeichnungssaal A (1 : 2,1) und demjenigen im III. Stock des Maschinenlaboratoriums mit Einbeziehung der erwähnten in letzterem provisorisch eingesetzten Tische (Planskizze Seite 13).

Im II. Stock aber waren die dunkelsten Plätze fast dreimal weniger stark beleuchtet, als die hellsten.

Diese Resultate geben uns eine gewisse Wegleitung für die Plazierung der Lampen.

Sie zeigen uns, dass in langgestreckten Räumen wie z. B. die erwähnten Zeichnungssäle die Beleuchtungskörper am besten in einer Längsreihe über der Mitte der Tischreihen angebracht werden, während die Anordnung derselben übers Kreuz, wie sie gelegentlich empfohlen wurde, weniger günstig ist. Dies ist leicht aus unserer Skizze zu ersehen. Die im Zeichnungssaal des II. Stockes in der nordöstlichen und südwestlichen Ecke im Beleuchtungsbereiche von nur einer Lampe stehenden Tische sind zugleich sehr weit von den intensiv erhellten Deckenabschnitten entfernt und weisen deshalb auch verhältnismässig sehr niedrige Helligkeiten auf, die unter dem früher erwähnten Minimalmass stehen.

In breiteren Sälen ist die symmetrische Anordnung der Lampen in zwei Reihen die vorteilhafteste. Sie hat sich z. B. im Hörsaal 31 b (Planskizze Seite 9) gut bewährt. Eine schwache Verschiebung der beiden Lampen über der achten Bank nach hinten müsste die Verteilung verbessern, natürlich auf Kosten der Helligkeit in der Mitte des Saales, die aber trotzdem noch eine mehr als genügende sein würde. Auch dürfte es im allgemeinen vorteilhaft sein, die Lampen am Ende einer Bankreihe nicht zu weit von der Wand anzubringen.

Wie schon angedeutet, sind wir bei der indirekten Beleuchtung nicht allein auf die elektrischen Bogenlampen angewiesen. Es sind wiederholt auch Glühlampen zu 2 oder 3 an einem Beleuchtungskörper angewendet worden. Für gewöhnlich kommt jedoch der Betrieb einer solchen Installation zu teuer zu stehen.

Wenn man aber auf die Kosten nicht zu sehen braucht und schon elektrische Beleuchtung vorhanden ist, können Glühlampen insofern mit Vorteil verwendet werden, als sie ruhiger brennen und in der Bedienung einfacher sind. Ich möchte sie z. B. für Zimmer von Privathäusern empfehlen, in denen mehrere Kinder zugleich schriftliche Arbeiten zu machen haben.

Wo elektrischer Strom nicht zur Disposition steht, kann mit sehr gutem Erfolg Auerlicht verwendet werden. Es sind in neuester Zeit sogar Stimmen laut geworden, die diesem den Vorzug geben. Ich komme auf diesen Punkt zurück.

Renk, der ganz im Anfange der Einführung des Gasglühlichtes dessen grosse Vorzüge gegenüber den sonstigen Gasbrennern durch Versuche feststellte, deren Resultate er in einem Gutachten niederglegte, ist wohl der erste gewesen, der dasselbe für indirekte Beleuchtung verwendete. Später sind dann namentlich Kermenauer und Prausnitz<sup>1)</sup> und Bayr<sup>2)</sup> für dasselbe eingetreten und heute ist es auch auf diesem Gebiete zum gefährlichen Rivalen der Bogenlampe geworden. Prausnitz<sup>3)</sup> empfiehlt die Auerlampen mit Lochzylin dern, die eine noch grössere Leuchtkraft haben. Ich habe solche auch zu meinen später zu erwähnenden Versuchen in Saal 31 b verwendet.

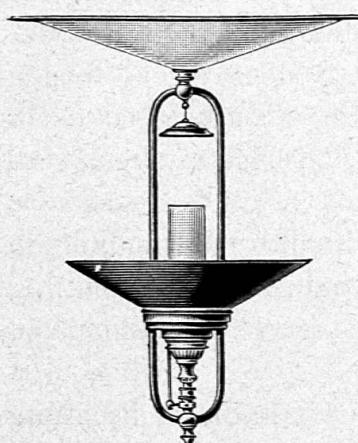
---

<sup>1)</sup> F. Kermenauer und W. Prausnitz. Untersuchungen über indirekte (diffuse) Beleuchtung von Schulzimmern, Hörsälen und Werkstätten mit Auerschem Gaslicht. Archiv f. Hygiene XXIX S. 107.

<sup>2)</sup> Bayr, E. Über Beleuchtungsversuche in Lehrzimmern. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege Bd. 11. 1898.

<sup>3)</sup> Prausnitz, W. Die Beleuchtung von Zeichensälen. Journal f. Gasbeleuchtung. XLII Nr. II.

In einfacher Weise kann man sich eine gewöhnliche Auerlampe in der Weise in eine solche für indirekte Beleuchtung umwandeln, dass man den Lampenschirm unten anstatt oben anbringt und den Zwischenraum zwischen diesem und dem Brennerkranz, welcher das Glas aufnimmt, mittelst einer Metallplatte verschliesst. Solche Lampen sind auf Seite 118 der erwähnten Arbeit von Kermenauer und Prausnitz abgebildet. Der Schirm muss leicht weggenommen werden können, behufs Reinigung, welch letztere nicht unterbleiben darf. Staub u. dgl. auf dem Reflektor müsste natürlich einen unter Umständen ziemlich bedeutenden Lichtverlust zur Folge haben.



Eine andere Art Beleuchtungskörper für diesen Zweck wurde von Egloff und Co. in Turgi, teilweise nach meinen Angaben hergestellt. Die Lampe ist nebenstehend abgebildet. Der Brenner ist ein sogenannter Starklichtbrenner von zirka 200 Kerzen Helligkeit. Der undurchsichtige, emaillierte Metallschirm kann behufs Reinigung durch Zug nach unten entfernt werden. Über der Lampe befindet sich ein grosser konvexer, ebenfalls emaillierter Reflektor, der die ihn treffenden Strahlen zerstreut. Auf demselben werden

die sich als Russ etc. ausscheidenden, festen Verbrennungsprodukte abgelagert und können leicht durch ein feuchtes Tuch beseitigt werden, während diese sonst zu einer nicht zu entfernenden Schwärzung der Decke führen, die einen häufigern Kalkanstrich nötig machen.

Bayr<sup>1)</sup> liess ebenfalls einen Schirm an der Decke anbringen, der mit weißer Farbe gestrichen war.

Solche Lampen sind seit etwa 2 1/2 Jahren in einem Raume unserer hygienischen Sammlung im Betrieb und bewähren sich dort recht gut. Ebenso ist dies auch anderwärts der Fall.

Neuerdings werden diese Lampen auch mit zwei Brennern angefertigt. Die Resultate meiner photometrischen Messungen bei indirekter Beleuchtung mittelst Auerlicht sollen später erwähnt werden.

Die Auerlampen sind es ganz besonders, welche zur halbindirekten Beleuchtung Verwendung finden. So hat Renk an diesen Lampen nicht Metallreflektoren, sondern solche aus Milchglas angebracht, gestützt auf die früheren vergleichenden Versuche mit Butzke-Lampen,

<sup>1)</sup> l. c. S. 146.

die einen weit geringern Lichtverlust ergaben, wenn der undurchsichtige Reflektor durch einen solchen durchscheinenden ersetzt wurde. Auch die erwähnten, von Prausnitz verwendeten Lampen, haben Milchglasschirme; diese werfen natürlich nur einen Teil der Strahlen nach der Decke, einen andern lassen sie durchgehen, wodurch, wie übrigens auch von den genannten Forschern betont wird, indes wieder Schatten sichtbar werden, aber allerdings lange nicht in so störendem Masse, wie bei ganz direkter Beleuchtung.

Durch eine Reihe von Versuchen, und zwar mit Bogen- und Auerlampen, das eine Mal solchen mit ganz undurchsichtigen, das andere Mal mit Milchglasreflektoren, bin ich indes zu der Ansicht gelangt, dass wenigstens für Zeichnungssäle die ganz indirekte Beleuchtung namentlich wegen des vollständigen Fehlens von störenden Schatten doch vorzuziehen ist. Dass die Kosten einer solchen unter heutigen Verhältnissen trotz des grösseren Lichtverlustes keine besonders hohen sind, soll später gezeigt werden.

Im übrigen ist zu bemerken, dass sowohl die Schattenbildung und Helligkeit als die Lichtverteilung bei halb indirekter Beleuchtung in viel bedeutenderem Masse von der Distanz zwischen Lampe und Decke abhängig sind, als bei ganz indirekter.

Die erwähnten Pelzerschen Versuche sind auch in dieser Richtung sehr instruktiv.

Er fand bei ganz diffuser Beleuchtung und Hochstand der Lampen eine nur um 5 % grössere, mittlere Platzhelligkeit, als wenn er dieselben 80 cm tiefer hängte. Verwendete er aber Milchglasschirme, so erreichte er bei Tiefstand einen Gewinn von etwas über 13 %.

Auch die Beeinflussung der Lichtverteilung durch verschiedene hohe Aufhängung der Beleuchtungskörper war bei ganz indirekter Beleuchtung viel geringer. So verhielten sich bei dieser<sup>1)</sup> die Helligkeiten des dunkelsten und hellsten Platzes bei Lampentiefstand wie 1:1,31, bei Hochstand wie 1:1,34; bei Verwendung von Milchglasschirmen aber ergab sich bei Tiefstand ein Verhältnis von 1:2,23, bei Hochstand wie 1:1,55.

Auch der Verlust an Licht durch Beschattung variierte bei den beiden Beleuchtungsarten in ganz verschiedener Weise.

Bei ganz indirekter Beleuchtung betrug er bei Lampentiefstand 11,6 %, bei Hochstand 11,9 %, bei halbindirekter aber 26,2 % bei Tiefstand und 21,7 % bei Hochstand.

---

<sup>1)</sup> I. c. S. 23 und 24.

Ein Tieferhängen der Lampen bewirkte somit bei halbindirekter Beleuchtung einen Gewinn an Helligkeit, aber eine schlechtere Lichtverteilung und einen grössern Verlust bei Beschattung, bei ganz indirekter Beleuchtung aber ist das Resultat ein umgekehrtes. Der jeweilige Unterschied aber kleiner.

Die Erklärung dieser Resultate geht ohne weiteres aus dem Umstande hervor, dass die Glasreflektoren sehr viel Licht durchlassen und somit eine mehr direkte Beleuchtung bedingen.

Es wurde bereits erwähnt, dass diese Versuche mit nach unten brennenden Regenerativbrennern angestellt wurden. Bei Auerbrennern dürften sich wegen ihrer vorwiegenden Lichtemission nach der Seite und oben etwas andere relative Werte ergeben.

Meine eigenen Untersuchungen über den Einfluss der Lampendistanz von der Decke beziehen sich nur auf Bogenlampen mit Metallreflektoren. Sie ergaben in den erwähnten Zeichnungssälen an verschiedenen Plätzen Helligkeitsdifferenzen von höchstens 4 %, wenn die Lampendistanz zwischen 80 und 140 cm variierte.

Betreffend Einfluss der Zimmerhöhe auf die Helligkeit der Arbeitsplätze bei halbindirekter Beleuchtung verweise ich auf die bereits zitierte Arbeit von Kermenauer und Prausnitz, aus der hervorgeht, dass Höhendifferenzen von 90 cm keine praktisch bedeutende Unterschiede in der Erhellung bedingen.

Für elektrische halbindirekte Beleuchtung werden gewöhnlich Bogenlampen mit unter denselben angebrachten halbkugligen oder konischen Reflektoren aus Opalglas verwendet; hie und da findet man auch noch die Hrabowskyschen Lampen, welche ihrer interessanten Konstruktion halber hier erwähnt werden sollen. Der Zeichnungssaal C des Maschinenlaboratoriums war einige Zeit mit solchen Lampen versehen. Eine Abbildung des Hrabowskyschen Oberlichtreflektors findet sich in einem Aufsatz von Cohn<sup>1)</sup> und in dem Handbuch für Schulhygiene von Burgerstein und Netolitzky<sup>2)</sup> abgebildet. Unter der Lampe findet sich der gewöhnliche, etwas lichtdurchlässige Reflektor aus Opalglas, oben an derselben dicht unter dem Reguliergehäuse ein grosser Schirm teilweise aus weissem Tuch gefertigt, der durch ein Drahtgestell getragen wird. Die Gestalt desselben ist aus der Photographie Tafel Ia zu ersehen, ebenso der Opalglasreflektor. Den Licht-

<sup>1)</sup> Cohn, H. Über künstliche Beleuchtung von Hör- und Operationssälen. Deutsche medizinische Wochenschrift 1893. S. 621.

<sup>2)</sup> Burgerstein und Netolitzky. Handb. f. Schulhygiene. Weyls Handbuch der Hygiene, 16. Lieferung. Jena. Gust. Fischer 1895. S. 113.

bogen umgibt ein verstellbarer prismatischer Glasring, der auf der Photographie nicht sichtbar ist.

Ein Teil der Strahlen geht nun direkt nach dem obern weissen Reflektor, ein anderer Teil, der sonst als direktes Licht seitlich nach unten auf die Plätze geworfen würde, wird von dem Prisma abgelenkt und gelangt ebenfalls an diesen Reflektor. Ein kleinerer Teil geht zum Opalglasreflektor und wird von diesem teils wieder reflektiert, teils nach unten durchgelassen. So wird ein grosser Teil des Lichtes diffus gemacht.

Eine solche Installation findet sich beispielsweise seit dem Jahre 1892 in den Zeichen- und Malsälen der Basler Gewerbeschule, die ich unter der freundlichen Führung des Direktors, Herrn Spiess, zu besichtigen das Vergnügen hatte. Es fiel mir sofort die grosse Helligkeit in den betreffenden Räumen auf. Die Verteilung war eine weit bessere als bei direkter Beleuchtung, auch die Schatten weit weniger scharf, aber immerhin, wenigstens an gewissen Plätzen, entschieden deutlicher, als sie mir von anderwärts bei gewöhnlicher halbindirekter Beleuchtung im Gedächtnis waren. Hingegen war die Helligkeit senkrechter und auch weniger geneigter Flächen eine bedeutend grössere als bei ganz indirekter Beleuchtung, bei der Wandtafeln, aufgehängte Demonstrationszeichnungen etc. etwas schlecht wegkommen. Ich habe dies zwar nicht durch Messung feststellen können. Der Unterschied war aber entschieden vorhanden. Für Malsäle dürfte dieser Vorteil der Hrabowsky-Lampe in Betracht kommen und wären diesbezügliche genauere Untersuchungen interessant. Die nur kurze Zeit im mehrerwähnten Zeichnungssaale *C* des Maschinenlaboratoriums aufgehängten Lampen waren leider schon wieder entfernt, als ich auf diesen Punkt aufmerksam wurde. Dagegen konnte ich mich über Helligkeit und Gleichmässigkeit der Lichtverteilung bei solcher Beleuchtung orientieren. Erstere war um ein Bedeutendes grösser als bei ganz indirekter Beleuchtung durch Lampen von an und für sich gleicher Lichtstärke. Das Verhältnis war bei meinen Beobachtungen ungefähr 5 : 3. Die mehrfach erwähnten, nachträglich eingesetzten Tische, wurden hier nicht in Rechnung gebracht.

Dabei ist aber zu bemerken, dass diese Vergleichswerte nicht ohne weiteres auf anderwärtige Verhältnisse übertragen werden dürfen, da der ursprünglich nicht für indirekte Beleuchtung berechnete Decken-anstrich meine damaligen, bei ganz indirekter Beleuchtung gewonnenen Resultate ungünstig beeinflussen musste. Auch die Deckenträger mögen stellenweise die Platzhelligkeit etwas herunterdrücken. Bei den

Hrabowsky-Lampen kommt selbstredend die Farbe der Decke viel weniger in Betracht. Dagegen gestaltet sich die Lichtverteilung bei dieser entschieden ungünstiger. Das Verhältnis des dunkelsten zum hellsten Platze war  $1 : 2,27$  bei Weglassung der provisorischen Tische im Seitengang, bei Lampen mit undurchsichtigem Reflektor aber  $1 : 1,35$ .

Wurden die Messungen auf diesen Tischen mit in Rechnung gebracht, so gestaltete sich das Verhältnis noch mehr zu Ungunsten des Hrabowskyreflektors, nämlich  $1 : 3,9$  bei Anwendung dieses letztern und  $1 : 2,05$  bei ganz diffusem Licht.

Diese Verhältnisse kommen auf den Photographien der Tafel I allerdings nur teilweise zum Ausdruck, da die beiden Originalplatten nicht die gleiche Weichheit besassen und es zudem fast unmöglich war, bei der Reproduktion die Lichtverteilung im Raume richtig wiederzugeben, ohne stellenweise alle Details zu opfern. Doch lassen die Abbildungen folgendes deutlich erkennen: Bei der ganz indirekten Beleuchtung (Abbildung b) gelangt das Licht nach der Decke und erleuchtet dieselbe in grosser Ausdehnung bis zu den Wänden, auch diese noch in ihren obersten Abschnitten. Auf der Abbildung a dagegen ist die Decke verhältnismässig dunkel, die Schirme und die Glocke der Hrabowsky-Lampen dagegen sehr hell. Das Licht fällt von einer kleinern, intensiver beleuchteten Fläche aus auf die Plätze, was die erwähnte weniger gute Verteilung leicht erklärt. Der untere Teil der Wände und die Wandtafel sind heller beleuchtet als bei b.

Auf der bei dieser Beleuchtung aufgenommenen Photographie (Tafel II 3) geht die Anwesenheit immerhin noch störender Hand- und Bleistiftschatten hervor.

Man wird also heute diese Art Lampen für halbindirekte Beleuchtung nur da mit gutem Erfolg verwenden, wo es auf gänzliches Fehlen der Schatten nicht ankommt. Sie haben dann allerdings ausser der bessern Erhellung schiefer und senkrechter Flächen andern gegenüber den Vorzug, dass die Decke nicht weiss gehalten werden muss.

Wie schon angedeutet, ist die Helligkeit nicht horizontaler Flächen bei ganz diffuser Beleuchtung eine geringere. Es zeigen uns dies z. B. die Messungen an der Wandtafel des Hörsaals 31 b (Planskizze Seite 9). Der in der Nähe derselben stehende Experimentiertisch wies 24, die mit weissem Karton belegte Tafel aber nur 14 Kerzen auf. Hier konnte allerdings die verschiedene Distanz von den maximal erleuchteten Deckenabschnitten als Versuchsfehler mitgewirkt haben. Um diesen auszuschliessen, bestimmte ich bei den

späteren Versuchen mit ganz indirekter Auerbeleuchtung genau an derselben Stelle des Kathedertisches die Helligkeit des horizontal hingeklebten, des senkrecht aufgestellten und des schief gehaltenen, mit der oberen Fläche gegen den Saal gekehrten Kartons.

Die Messungen ergaben folgende Werte:

Wagrechter Karton	25,0	Meterkerzen
Senkrechter "	18,4	"
Schiefgehaltener Karton	23,7	"

Ein anderer ähnlicher Versuch wurde im Zeichensaal *A* des Maschinenlaboratoriums, also bei elektrischer indirekter Beleuchtung angestellt und ergab bei senkrechtem Karton 21, bei horizontalem 31 Meterkerzen.

Wegen der weniger guten Erhellung der Wandtafel wurden, auf meinen Wunsch, nach Einführung der indirekten Beleuchtung die zwei mit gewöhnlichen Blechreflektoren versehenen Auerlampen, welche speziell für die Tafelbeleuchtung bestimmt waren, in dem auch meinen Vorlesungen dienenden Hörsaal 31 b belassen. Dieselben sind über den beiden Enden des Kathedertisches aufgehängt und in der Skizze durch zwei schwarze Kreise bezeichnet. Natürlich könnten sie auch über der Tafel angebracht werden. Die Helligkeit der mit weissem Karton belegten Tafel stieg bei dem ebenerwähnten Versuche nach dem Anzünden dieser Lampen auf 36,2 Kerzen. Mit diesem bedeutenden Zuwachs an Licht müssen allerdings schwache Reflexe an der Tafelfläche in Kauf genommen werden, die indes sehr wenig stören. Es können also leicht, wenn dies nötig ist, zur Verstärkung der Tafelbeleuchtung spezielle, direkt beleuchtende Lampen verwendet werden, deren Flammen natürlich den Zuhörern durch Reflektoren verdeckt werden müssen. Bei elektrischer Beleuchtung würden Glühlampen in Betracht kommen, jedoch, falls sie in der Weise plaziert werden wie in unserm Hörsaal, mit matten Birnen, da sonst der Vortragende zu sehr von den Glühdioden geblendet würde.

Selbstverständlich kann die indirekte Beleuchtung, jene mit Hrabowsky-Lampen ausgenommen, nur dann mit gutem Erfolge durchgeführt werden, wenn die Deckenfläche hell gestrichen und vor Nachdunkeln geschützt wird. Weitaus am besten ist eine ganz weisse Decke und hat sich in dieser Beziehung der Kalkanstrich gut bewährt, der allerdings öfter als sonst erneuert werden muss. Dies ist vielleicht der einzige wichtigere Nachteil dieser sonst so vorteilhaften Art der Schulbeleuchtung.

Es sind verschiedene Faktoren, welche eine Schwärzung der Decke veranlassen können, einmal die Beleuchtung selbst. Elektrisches Licht kommt dabei nicht in Betracht, wohl aber Gas, dessen Verbrennungsprodukte an die Decke gelangen und Russ absetzen. Schon das Aufsetzen von Hütchen auf die Lampengläser ist von gewissem Vorteil, namentlich aber kann ein passender Deckenreflektor, wie ein solcher auf Seite 18 beschrieben wurde, bis zu einem gewissen Grade Abhülfe schaffen. Jedenfalls dauert es dann ziemlich lange, bis eine Schwärzung in der Umgebung der Lampe eintritt und von der emaillierten Oberfläche des Reflektors selbst kann der Russ, wie schon bemerkt, leicht entfernt werden. Auch Staub kann ein Nachdunkeln der Decke bedingen. Es ist also auch von diesem Standpunkt aus das hygienisch so wichtige feuchte Kehren zu empfehlen. Besonders kommt der an Öfen und Dampfheizkörpern abgelagerte Staub in Betracht. Wie oft sieht man über solchen Wand und Decke dunkel angelaufen und über den Dampfzuleitungsröhren von der Wand bis gegen die Mitte der Decke hinein sich erstreckende schwarze Streifen und Flecken als deutliche Spuren der Staubversengung. Eine wiederholte Reinigung der in Betracht kommenden Heizflächen, welche sehr häufig ganz unterbleibt, wäre wenigstens bei Zentralheizungen neuerer Konstruktion leicht möglich.

Die Decken mit Ölanstrich zu versehen, ist nicht immer ratsam. Bei elektrischem Licht hat dies nichts gegen sich, bei Gasbeleuchtung aber sah ich wiederholt schon nach kurzer Zeit infolge der starken Erwärmung erst eine Gelb-, dann eine Braunfärbung des ursprünglich ganz weissen Anstriches eintreten.

Folgende Versuche mögen den Einfluss der Deckenfarbe bei indirekter Beleuchtung illustrieren.

Einen kleinen Adnextraum unseres Laboratoriums, dessen ursprünglich weisse Decke stark beschmutzt war und einen stark grauen Farbenton aufwies, richtete ich für indirekte Beleuchtung ein. Als Lichtquelle diente mir ein Starklichtbrenner, als Reflektor ein innen weiss gestrichener Blechschirm. Ich bestimmte dann auf Tischhöhe an verschiedenen Stellen die Platzhelligkeit. Nachher liess ich die vorher gereinigte Decke ganz schwach blau streichen und machte, nachdem der Anstrich getrocknet, unter sonst gleichen Verhältnissen an den gleichen Stellen photometrische Messungen. Hierauf wurde die Decke mit ganz weissem und schliesslich mit ziemlich hellem, blauem Papier beklebt, dessen Farbenton aber deutlich dunkler war, als derjenige des Deckenanstriches.

Die unter diesen Verhältnissen gewonnenen Resultate waren folgende:

Graue, beschmutzte Decke . . .	Mittlere Helligkeit	12,3	Meterkerzen.
Hellblau gestrichene Decke	"	23,0	"
Mit weissem Papier beklebte Decke	"	30,0	"
Mit blauem Papier beklebte Decke	"	13,2	"

Wenn wir nun allerdings diese verschiedenen Werte nicht allein auf die Deckenfärbung, sondern auch auf das Material des Überzuges, das eine Mal Putz mit Kalk, das andere Mal ebensolcher mit Leimfarbe und schliesslich Papier zurückzuführen haben, dürfte doch die Farbe die Hauptrolle gespielt haben und es bestätigt somit dieser Versuch die allgemein vertretene Ansicht, dass bei indirekter Beleuchtung die Decken weiss gehalten werden sollen.

Sehr weit verbreitet scheint nun auch die Meinung zu sein, dass unter allen Umständen auch der Anstrich der Wände und die Farbe der Rouleaux von ziemlich erheblichem Einfluss sei. Einige zufällig gemachte gegenteilige Beobachtungen haben mich veranlasst, dieser Frage näher zu treten.

Man legte anfänglich grossen Wert darauf, dass in den Zeichnungssälen des Maschinenlaboratoriums die absichtlich ganz weiss gehaltenen Tuchrouleaux während der künstlichen Beleuchtung herunter gelassen werden, und auch ich hatte den subjektiven Eindruck, dass dadurch ein Gewinn an Helligkeit erreicht werde. Zufällig waren nun einmal während meinen Messungen aus Versehen die Fenster unverhängt geblieben, was mich bewog, die Bestimmungen zu wiederholen. Zu meinem Erstaunen fand ich nur minime oder gar keine Differenzen. Ich wiederholte den Versuch und zwar an ganz verschiedenen Plätzen mit demselben Erfolg. Auch in einem Zeichnungssaal im Hauptgebäude konnte ich irgendwie erhebliche Unterschiede nicht konstatieren, und zwar gleichviel, ob ich einen Platz in der Mitte des Saales wählte, oder einen solchen, der nur 1,3 Meter vom Fenster entfernt war. Somit scheinen mir wenigstens für die indirekte Bogenlampenbeleuchtung die Vorhänge nicht von Wichtigkeit zu sein.

Auch den Einfluss der Wandfarbe suchte ich durch Versuche festzustellen. In dem Zeichnungssaal 14 b, von dem bereits die Rede war, machte ich Messungen auf zwei verschiedenen Plätzen in verschiedener Entfernung von der Türwand, bevor und nachdem ich den obersten Teil derselben mit mattem, schwarzem Papier überzogen hatte. Die Höhe des Saales beträgt 4,7 Meter. Das Papier

war in zwei Streifen auf der Wand befestigt, der untere 1 m, der obere 1,4 m breit, sodass zusammen 2,4 m von der Decke gerechnet mit Papier überzogen waren. Das Wegnehmen des unteren Streifens hatte keine Helligkeitsdifferenz zur Folge, dagegen bewirkte die Entfernung des oberen einen Helligkeitszuwachs von 13—15 % oder durchschnittlich 4 Meterkerzen. Die mittlere Helligkeit betrug ohne schwarzes Papier 32 Meterkerzen.

Diese Differenz würde aber eine viel kleinere gewesen sein, wenn für den Versuch anstatt schwarzem Papier ein helleres, aber immerhin noch gefärbtes genommen worden wäre. Daraus möchte ich den Schluss ziehen, dass nur die Farbe der obersten Wandpartie einigermassen in Betracht kommt, dass aber hellgehaltene Anstriche genügen und ganz weisse, so wichtig sie für die Decke sind, hier nicht notwendig erscheinen. Dies gilt wenigstens für Beleuchtung mit Gleichstrombogenlampen. Allerdings wäre es möglich, dass bei abnormem Tiefstand derselben, bei welchem mehr Licht die Wand trifft, die Farbe der letzteren von grösserem Einfluss wäre. Für die Praxis aber kommt dies selbstredend nicht in Betracht.

Eine andere Frage schien mir zu sein, ob vielleicht bei Beleuchtung durch Auerlampen mit ihrer ganz abweichenden Lichtemission, bei der mehr direkte Strahlen an die Wand geworfen werden, doch ein praktisch ins Gewicht fallender derartiger Einfluss bestehe.

Bei einem ähnlichen Versuche mit Auerbeleuchtung im Hörsaal 31 b hatte ich an den obersten Partien der den Fenstern gegenüberliegenden weissgetünchten Längswand einen zirka 1 m breiten Streifen schwarzen Papiers angebracht und dann Messungen an 5 der zirka 2 m von dieser Wand entfernten Eckplätzen verschiedener Bänke vorgenommen, ebenso nach Beseitigung des Papiers. Der höchste an einem Platz beobachtete Lichtverlust war 4,7 %, der mittlere Verlust nur 3,4 %. Ein heller nicht weisser Wandanstrich hätte also wohl gar keinen nennenswerten Unterschied ergeben.

Andere Resultate erhielt ich allerdings in dem niederen kleinen Raume unseres Laboratoriums, von dem schon vorhin die Rede war. Während der genannte Hörsaal 31 b eine Höhe von 4,8 m hat, weist dieser nur eine solche von 3,2 m auf und eine Grundfläche von  $3,5 \times 2,9$  m. Der Raum war in gleicher Weise wie bei den Deckenversuchen durch eine Starklichtlampe mit weissem Reflektor beleuchtet. Unter der Lampe stand ein Tisch, der mit seinem einen Ende bis an die Wand reichte. Diese war mit einer ursprünglich hellgrünen, aber zahlreiche braune Flecken aufweisenden Tapete

überzogen. Auf die von dem Tisch berührte Wand brachte ich in ihrer ganzen Länge abwechselnd weisses und schwarzes Papier, und zwar einen 1 m breiten Streifen, der jeweilen bis zur Decke reichte. Die Messungen wurden auf dem Tisch und zwar an drei Stellen vorgenommen, die erste hart an der Wand, die zweite 80 cm, die dritte 160 cm von derselben entfernt.

Die Verluste gegenüber den Helligkeiten bei mit weissem Papier belegter Wand betrugen:

	Bei schwarzem Papier	Bei beschmutzter grüner Tapete
Platz I	4,2 Meterkerzen = 30,7 %	2,5 Meterkerzen = 18,25 %
" II	4,5 " = 28,7 %	2,6 " = 16,56 %
" III	4,1 " = 26,1 %	2,1 " = 13,64 %

Mittel: 28,6 % : 16,15 %.

Wie aus diesen Zahlen ersichtlich, war hier der Einfluss der Wandfärbung ein grösserer, als bei den früheren Versuchen in den Sälen 31 b und 14 b. Ich glaube dies wenigstens zum Teil auf die kleinern Raumdimensionen, namentlich die geringere Höhe und die kleinere Distanz der Plätze von der Wand zurückführen zu müssen. Dass diese Distanz einen gewissen Einfluss ausübt, geht deutlich aus den ganz erheblich verschiedenen Verlusten von Platz I und III hervor.

Übrigens sind auch die in dem letzten Versuch gefundenen Werte nicht derart, dass wir in solchen Fällen unbedingt einen ganz weissen Anstrich der oberen Wandpartien verlangen müssten. Eine nicht beschmutzte, hellgrüne Tapete hätte sicherlich viel kleinere Differenzen gegenüber weissem Papier ergeben. Eine um nur 1 bis 2 Meterkerzen bessere Beleuchtung der Arbeitsplätze wird uns, wenigstens wenn dieselbe eine an sich ziemlich reichliche ist, nicht bestimmen, gewisse Farbentöne, welche den Raum namentlich zur Tageszeit schon viel wohñlicher machen, von der Wand ganz auszuschliessen. Dass wir dieselben schon wegen der Tagesbeleuchtung hell wählen müssen, liegt auf der Hand.

Um den Einfluss der Vorhänge auch bei indirektem Auerlicht kennen zu lernen, machte ich schliesslich noch einen diesbezüglichen Versuch in dem mittelst solchem erleuchteten Raume unserer hygienischen Sammlung, indem ich ein Fenster zeitweise ganz mit weissem Papier verklebte. Der Lichtverlust bei Wegnahme des Papiers betrug 1,1 Meterkerzen, d. h. die Helligkeit ging von 36,1 Meterkerzen auf 35,0 herunter, also wieder ein Unterschied, der praktisch nicht ins Gewicht fällt.

Eine sehr wichtige Frage ist natürlich die, ob nicht die Kosten einer derartigen Beleuchtung dieselbe für viele Verhältnisse geradezu unerschwinglich machen, ist ja doch schon zu Anfang ihrer Einführung, so von Renk und seinen Schülern, gezeigt worden, welch bedeutende Mengen Licht unter Umständen dabei durch Absorption verloren gehen können und zwar wie leicht begreiflich mehr bei ganz diffuser als bei halbindirekter Beleuchtung.

Dass indes bei der letztern auffallenderweise unter gewissen Verhältnissen sogar mehr Licht auf die Plätze gelangen kann als bei direkter, zeigt ein interessanter Versuch von Kermenauer und Prausnitz<sup>1)</sup>, welche in einem Hörsaal Messungen anstellten, der mittelst Auerlampen halbindirekt erleuchtet war. Als gleich nachher die Glasschirme beseitigt wurden, hatte die Helligkeit an der Mehrzahl der Plätze abgenommen. Natürlich waren hier die Brenner höher angebracht, als dies zum Zwecke direkter Beleuchtung geschehen wäre; auch waren sie bei der zweiten Versuchsreihe (ohne untern Reflektor) nicht mit den gewöhnlichen Lampenschirmen versehen, die mehr Licht auf die Plätze hätten gelangen lassen, welche Faktoren natürlich ungünstig auf die direkte Beleuchtung einwirken mussten. Dieser und zahlreiche andere Versuche zeigen uns aber jedenfalls recht deutlich, dass man ohne zu grosse Zahl von Lampen resp. zu hohen Gasverbrauch auch bei indirekter Beleuchtung auskommen kann.

Direktor Bayr<sup>2)</sup> in Wien berechnet nach vergleichenden in verschiedenen Schulzimmern angestellten Versuchen die Kosten der indirekten Auerbeleuchtung in einem Schulzimmer auf 0,408, in einem andern auf 0,317 Kreuzer pro 10 Meterkerzen pro m<sup>2</sup> und Stunde, für direktes Auerlicht auf 0,108 Kreuzer und für diffuses elektrisches Bogenlicht (Gleichstrom) auf 0,613 Kreuzer. Dabei sind sowohl die Anschaffungs- als die Betriebskosten inkl. diejenigen für alljährlich erforderliche Zimmerreinigung in Anschlag gebracht. Natürlich gelten diese Zahlen nur für die betreffenden Strom- und Gaspreise, welche an andern Orten ganz andere sein können.

Bei der Wichtigkeit dieser Frage schien es mir nicht ohne Wert zu sein, weitere vergleichende Versuche über die Kosten der beiden Lichtquellen anzustellen und zwar womöglich unter sonst

<sup>1)</sup> I. c. S. 128 u. ff.

<sup>2)</sup> Bayr E. Über Beleuchtungsversuche in Lehrzimmern etc. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege Jahrg. XI 1898. S. 153.

ganz gleichen Verhältnissen. Ich konnte dies am besten dadurch erreichen, dass ich in einem Saal, der sonst elektrisch beleuchtet war, Auerlampen anbringen liess, deren Installation von dem städtischen Gaswerk in zuvorkommendster Weise übernommen wurde. Die Lampen wurden mir gütigst von der früher erwähnten Fabrik überlassen, unterschieden sich jedoch insofern von dem Seite 18 abgebildeten Modell, als sie mit zwei anstatt einem Brenner (Starklichtbrenner) versehen waren.

Als untere Reflektoren dienten mir in diesem Falle weisse Papier-schirme, die gerade so hoch gewählt wurden, dass von keinem Platz der glühende Auerstrumpf zu sehen war.

Aus äussern Gründen war es nicht möglich, die Lampen ganz genau an dieselbe Stelle zu bringen, an der sonst die Bogenlampen waren. Diese wurden während des Versuchs mit den Auerlampen nicht beseitigt, sondern nur heruntergezogen. Die Aufhängung der Gaslampen geht aus dem Plan des Hörsaales 31 b, Seite 9, hervor, der auch für diese Beobachtungen gewählt wurde. Die Gas-lampen, mit schwarzen Kreisen bezeichnet, sind auf der linken Seite (von der Wandtafel aus gerechnet) etwas näher der Wand angebracht, da sie an dem Balken leichter befestigt werden konnten. Die vordern zwei Gaslampen sind etwas mehr nach hinten, die hintern etwas mehr nach vorn aufgehängt als die elektrischen mit hellen Kreisen bezeichneten Bogenlampen. Die zwei über dem Kathedertisch aufgehängten Lampen zur direkten Beleuchtung kommen hier nicht in Betracht. Zu bemerken ist, dass die Auerlampen erst nach Abschluss der Versuche mit den Bogenlampen installiert wurden.

Der Gasverbrauch wurde durch Einschaltung einer Gasuhr in das Hauptzuleitungsrohr des Saales gemessen, ebenso wurde der Druck bestimmt. Durch wiederholte vergleichende Messungen hatte es sich gezeigt, dass die Helligkeit der Plätze von den dazumal vorhandenen Druckschwankungen unabhängig war.

Bei dem Versuche mit elektrischem Licht kamen vier Bogen-lampen von 8 Ampères zur Verwendung. Herr Kollege Farny hatte die Freundlichkeit, Stromstärke und Spannung zu kontrollieren. Die Ampèrezahl betrug im Mittel 8,5, die Voltzahl 40. Die Helligkeits-schwankungen waren lange nicht so bedeutend wie bei vielen früheren Untersuchungen. Trotzdem gebe ich die gefundenen Werte nur in ganzen Meterkerzen an. Es dürfte sich überhaupt bei irgendwie deutlichen Schwankungen, wenigstens bei höherer Kerzenzahl, empfehlen, in den Angaben die Dezimalen wegzulassen. Sie können

leicht eine Genauigkeit vortäuschen, die in Wirklichkeit nicht vorhanden ist. Wegen des Vergleiches gebe ich auch die von mir bei Auerbeleuchtung gefundenen Werte nur in ganzen Zahlen an, trotzdem die Schwankungen hier sehr geringe waren.

Die Resultate meiner vergleichenden Beobachtungen sind in der Planskizze eingezeichnet. Bei der Berechnung der mittleren Helligkeit ist Bank XII, die, wie schon erwähnt, nur selten abends benutzt wird, weggelassen, ebenso sind nur die Zuhörerplätze in Rechnung gebracht. Die obern in Quadrate eingeschlossenen Zahlen beziehen sich auf elektrisches, die untern, freien, auf Auerlicht.

Aus diesen Zahlen ergibt sich

Bei Gasbeleuchtung:

Mittlere Helligkeit . . .	26 Meterkerzen
Dunkelster Platz . . .	13 "
Hellster Platz . . .	39 "

Bei elektrischer Beleuchtung:

Mittlere Helligkeit . . .	25 Meterkerzen
Dunkelster Platz . . .	18 "
Hellster Platz . . .	36 "

Es gaben somit die vier Auerlampen mit zusammen acht Starklichtbrennern eine um eine Kerze grössere mittlere Helligkeit als die Bogenlampen.

Die Verteilung aber war bei erstern eine schlechtere als bei den letztern.

Dies röhrt von der schon erwähnten verschiedenen Aufhängung der Lampen her, zu der ich teilweise durch die Deckenverhältnisse gezwungen wurde. Die elektrischen Lampen hingen in der Längsausdehnung des Saales weiter auseinander, was in den mittlern Plätzen eine geringere, auf den hintern dagegen eine verhältnismässig grössere Helligkeit zur Folge hatte. Die zwei hintern Auerlampen waren, wie sich auch durch den Versuch ergab, zu weit nach vorne angebracht; es mussten deswegen die hintersten Plätze viel dunkler werden, die mittlern aber sehr hell (36 und 39 Kerzen). Zudem waren die Gaslampen links (vom Katheder aus gesehen) näher den Eckplätzen als diejenigen der andern Seite. Letztere mussten infolgedessen verhältnismässig dunkler werden.

Übrigens liesse sich wohl, wie schon bemerkt, auch die Verteilung des Lichtes bei der elektrischen Beleuchtung durch geringe Lampenverschiebung noch etwas günstiger gestalten.

Wie in beiden Beleuchtungsarten die mittlere Helligkeit durch

veränderte Lampenaufhängung beeinflusst würde, ist wenigstens zahlenmässig nicht ohne weitere Versuche anzugeben.

Jedenfalls geht aus den Resultaten meiner vergleichenden Beobachtungen hervor, dass die Helligkeit der Gasbeleuchtung eine durchschnittlich höhere war, und zwar verhielten sich die Durchschnitte wie 1 bei Bogenlampen zu 1,04 bei Auer.

Es ist schon wiederholt betont worden, dass die Lichtemission bei elektrischen Bogenlampen mit gewöhnlicher Kohlenstellung eine ganz andere ist als bei Auerlampen. Dieselbe ist bei den letztern für indirekte Beleuchtung viel günstiger, weil ein grosser Teil des Lichtes direkt an die Decke geht und also nur einmal reflektiert wird, ehe es zu den Arbeitsplätzen gelangt, während bei der Gleichstromlampe nur ein kleiner Teil der Strahlen direkt nach der Decke geht, weitaus der grössere aber erst nach zweimaliger Reflexion auf die Plätze fällt. So kommt es, dass mit den an und für sich viel lichtstärkern Bogenlampen bei diesen Versuchen eine weniger intensive Beleuchtung erzielt werden konnte.

Vergleichen wir die in unserm Falle pro Stunde aufgewendeten Kosten für Gas und Elektrizität.

Der Gasverbrauch betrug für die acht Brenner pro Stunde 2,14 Kubikmeter.

Der Preis beträgt in Zürich pro  $m^3$  25 Centimes.

Also kostete die Stunde für die indirekte Beleuchtung mit Gas 53,5 Cts.

Der Stromverbrauch der vier in Zweier-Serien geschalteten Bogenlampen von 8,5 Ampères beziffert sich bei einer Leitungsspannung von 125 Volt auf 21,25 Hektowatt.

Als Strompreis nehme ich 6,0 Cts. pro Hektowattstunde an; es dürfte dies wenigstens für städtische Verhältnisse ein ziemlich niederer Ansatz sein. Die Kosten würden sich dann für den Strom per Stunde auf 127,5 Cts. belaufen. Sie wären also 2,38 mal grösser als diejenigen für das bei Auerbeleuchtung verbrauchte Gas.

Da aber bei letzterer eine 1,04 mal grössere Helligkeit erzielt wurde, muss dieses Verhältnis sich noch mehr zu Ungunsten der elektrischen Beleuchtung gestalten, welche also in diesem Falle fast 2,5 mal teurer zu stehen kam.

Wie schon bemerkt, wurden früher im gleichen Saal Versuche mit vier andern Lampen von nominell gleicher Ampèrezahl angestellt und dabei eine durchschnittliche Helligkeit von 32 Meterkerzen konstatiert. In welchem Masse an diesem Unterschiede die

spätere Verfärbung der Decke und die Verschiedenheit der Lampenkonstruktion beteiligt ist, lässt sich schwer sagen. Die elektrische Beleuchtung würde unter diesen Bedingungen zweimal so teuer gewesen sein als diejenige mit Gas.

Man hat in neuester Zeit wiederholt versucht, die mit den indirekten Auerlampen erzielte Helligkeit noch weiter durch Spiegelreflektoren zu steigern, welche aus versilberten Glaslamellen bestehen. Einige Versuche, die ich anstellte, bewiesen mir jedoch, dass der Gewinn, wenn überhaupt ein solcher vorhanden, ein ausserordentlich kleiner ist und somit die hohen Anschaffungskosten solcher Lampen nicht rechtfertigt. Es hatte sich nämlich gezeigt, dass durch Auflegen gelblichen Packpapiers auf diese Reflektoren im Maximum 4,5 % Licht für die Arbeitsplätze verloren ging; bei einem andern Versuch mit weissem Papier konnte ein deutlicher Unterschied überhaupt nicht konstatiert werden.

Bei den Bestimmungen zur Feststellung der Kosten der beiden verschiedenen Lichtarten konnte ich nur Strom- und Gasverbrauch in Rechnung bringen. Verschiedene andere Faktoren musste ich unberücksichtigt lassen, weil mir ein genauer Einblick in ihren Einfluss auf die Beleuchtungskosten fehlte. Es kommen unter anderm die Installations- und Lampenpreise in Betracht, welch letztere bei der elektrischen Beleuchtung natürlich höher sind, ferner der Unterhalt der Lampen, die Kohlen etc., dann die Glühstrümpfe und Gläser bei den Auerlampen, die Instandhaltung der Decke und verschiedenes andere mehr.

In der bereits zitierten Arbeit Bayrs<sup>1)</sup>) sind diese Faktoren neben dem Gas- und Stromverbrauch ebenfalls berücksichtigt.

Nachdem ich meine Versuche bereits abgeschlossen und deren Resultate im Schweiz. Verein für Schulgesundheitspflege mitgeteilt hatte, wurde mir eine sehr wertvolle Arbeit zugestellt, in welcher die Ergebnisse ähnlicher, noch ausgedehnterer, vergleichender Untersuchungen über die Kosten verschiedener indirekter Beleuchtungsarten niedergelegt sind. Es ist dies ein vorläufiger Bericht Dr. Schillings, betitelt: „Ergebnisse der Münchner Versuche über die indirekte Beleuchtung von Schul- und Hörsälen mit Gas und elektrischem Bogenlicht“<sup>2)</sup>). Die mit diesen Versuchen betraute er-

<sup>1)</sup> l. c. S. 152 u. 153.

<sup>2)</sup> Vorgelegt an der Jahresversammlung des deutsch. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern in Hannover 1904.

weiterte Heizkommission des Vereins der Gas- und Wasserfachmänner verfolgte unter anderm auch den Zweck, die Frage zu prüfen, wie sich die Kosten dieser Beleuchtung mittelst Gas zu denjenigen mit elektrischen Bogenlampen verhalten, und kam dabei zu dem Schlusse, dass bei einem Strompreis von 6 Pf. pro Hektowattstunde und einem Gaspreis von 20 Pf. pro m<sup>3</sup> die Energiekosten bei Elektrizität 1,56 mal grösser waren als bei Gas. Die Gesamtkosten betrugen bei Elektrizität 1,31 mal mehr. Dabei sind ausser den Energiekosten in Rechnung gebracht: bei den Auerlampen die Ausgaben für Glühkörper, Zylinder, Gasmessermiete und Anstrich der Decke, bei den Bogenlampen diejenigen für Kohlestifte und Messermiete, dann ferner Abschreibung und Verzinsung.

Wenn wir die von der Münchener Kommission gefundenen Energiekosten mit unsren diesbezüglichen Resultaten vergleichen, so fällt uns auf, dass die Kosten für elektrische Beleuchtung sich nach unsren Versuchen verhältnismässig bedeutend höher stellen, umso mehr als wir einen niederern Strompreis in Anschlag gebracht haben (60 Cts. anstatt 60 Pfennige in München).

Bevor der ausführliche Bericht über die Münchener Untersuchungen vorliegt, wird es nicht möglich sein, die Verschiedenheit der Resultate genau zu deuten. Immerhin ist zu bemerken, dass die Versuchsbedingungen nicht die gleichen waren. So nahm ich die Messungen analog den früheren im grünen und roten Licht mit dem weissen Karton vor, die Münchener Kommission mit der Milchglasplatte und senkrecht gestelltem Photometertubus, wodurch sich eine geringere Helligkeit der mittlern Plätze bei unsren Versuchen ergab, während, wie ich durch Messungen feststellte, die an den Bankenden gelegenen Plätze kaum weniger Licht infolge Beschattung durch den Beobachter und das Photometer erhielten. Ich werde übrigens für diesen speziellen Zweck in Zukunft auch die von der Münchener Kommission angewendete Art der Messung wählen, wenn ich auch überzeugt bin, dass bei meiner Art des Vorgehens nur die absoluten Werte beeinflusst wurden, nicht aber unsere bei elektrischer und Gasbeleuchtung gefundenen Vergleichswerte, da beide in gleicher Weise bestimmt wurden. Dagegen dürften folgende Verschiedenheiten der Versuchsanordnung in Betracht zu ziehen sein:

Bei den Münchener Versuchen wurden für die elektrische Beleuchtung 3, für die Gasbeleuchtung 8 Lampen verwendet, deren Reflektoren eine Reduktion der lichtreflektierenden Deckenfläche zur Folge haben mussten, was bei unsren Versuchen nicht der Fall war.

Wir konnten die Lampenzahl bei Gas und elektrischer Beleuchtung gleich wählen, da wir von geringern Anforderungen an die Platzhelligkeit ausgingen, als die Münchner Kommission bei ihren Versuchen bei ganz indirekter Beleuchtung.

Bei letztern mussten die Gaslampen in zwei Reihen angeordnet werden, die elektrischen dagegen in einer Reihe, während bei unsren Messungen Gas- und Bogenlampen in annähernd gleicher Verteilung angebracht waren. Inwiefern dieser Unterschied in der einen oder andern Richtung von Einfluss war, wage ich nicht zu beurteilen.

Die Decke war zur Zeit meiner Versuche nicht mehr ganz weiss, was offenbar die elektrische Beleuchtung in höherm Grade ungünstig beeinflussen musste, als diejenige mit den Auerlampen, welche, wie schon erwähnt, mit einem obern weissen Schirm versehen waren.

Die von uns verwendeten Glühstrümpfe der Starklichtlampen waren ganz neu, diejenigen der Münchnerlampen hatten schon eine Brenndauer von 300 Stunden, was aber nach den Münchner Versuchen von geringem Belang wäre, da die Abnahme der Platzhelligkeit nach 300 Stunden höchstens 5,9% betragen soll.

Verschiedene der genannten Faktoren können somit recht wohl unsere Resultate der indirekten Beleuchtung mit Gas günstiger gestaltet haben, als diejenigen der Münchner Versuche. Ob bei den letztern die elektrischen Bogenlampen, vielleicht infolge stärkerer Beanspruchung, anderer Lampenkonstruktion, oder aus irgend andern Gründen eine grösse Lichtausbeute gaben, kann ich als Nichttechniker nicht beurteilen.

Insofern stimmen unsere Ergebnisse mit denen der Münchener Untersuchungen überein als auch sie für das Gas geringere Kosten ergeben.

Eine andere Frage ist nun die, ob die Gasbeleuchtung in anderer, namentlich hygienischer, Beziehung der elektrischen ebenbürtig sei. Natürlich soll hier nur von der indirekten Beleuchtung die Rede sein; Faktoren, wie die Blendung und Wärmebestrahlung, kommen also nicht in Betracht.

Ein wesentlicher Vorteil des Auerlichtes vor dem elektrischen Bogenlicht ist die gleichmässige Intensität. Die Schwankungen sind, wenn nicht durch kalten Luftzug eine Abkühlung der Strümpfe erfolgt und die Brenner sonst in Ordnung sind, sehr gering.

Die Lampen mit Lochzylinder hat man allerdings bei offenen Lampen ganz besonders vor starken Luftströmen zu schützen. Die Bogenlampen aber zeigen auch bei guten Lampen Schwankungen bis

zu 10 und mehr Prozenten. Sie waren bei meinen Untersuchungen in der Regel grösser bei Dreier- als bei Zweierschaltung. Viel störender als diese langsamverlaufenden Schwankungen ist das plötzliche Aufflackern, das, wenn es sich öfter wiederholt, ausserordentlich unangenehm sein kann. Diese Erscheinung ist jedoch im allgemeinen gegen früher viel seltener geworden, wohl nicht zum wenigsten infolge Vervollkommnung der Kohlen.

Sonst aber steht die Auerbeleuchtung der elektrischen gegenüber in hygienischer Beziehung entschieden nach. Die Luftverderbnis ist zwar des geringern Gasverbrauchs wegen kleiner als bei gewöhnlichen Gaslampen, aber immerhin noch vorhanden. Auch bei unsren Versuchen, bei denen während der ganzen Dauer gegen vier Kubikmeter Gas verbrannt wurden, mussten wir die Luft als sehr stark verdorben und wenigstens beim Eintritt unangenehm zu atmen bezeichnen. Eine chemische Untersuchung wurde unterlassen, da wir über diesen Punkt genügend orientiert sind. Es ist übrigens zu bemerken, dass die Fenster absichtlich geschlossen gehalten wurden, um ein absolut ruhiges Brennen der Flammen zu gewährleisten. Natürlich kann die verdorbene Luft durch geeignete Ventilationsvorrichtungen in genügendem Masse abgeführt werden und gibt uns die Technik genug Mittel an die Hand, die Lufterneuerung in einer Weise zu bewerkstelligen, dass kein störender Luftzug die Lampen trifft. Besser ist es natürlich, wenn darauf schon beim Bau von Schulanstalten Rücksicht genommen wird. Nachträglich lassen sich die nötigen Einrichtungen oft schwerer anbringen.

In Betracht zu ziehen ist auch die Giftigkeit des unverbrannten Leuchtgases. Offene Hahnen, undichte Röhren können auch in Schulen einmal Unglück stiften. Hiegegen empfiehlt sich ein kleiner Apparat, der an jedem Saal anzubringen ist und unter dem Namen Muchals Gaskontrolleur bekannt ist. Sollte beim Schliessen des Haupthahns noch ein Hahn in dem betreffenden Schulraume offen geblieben sein, so wird dies an dem genannten Apparat leicht bemerkt.

Im Fernern ist bei den Auerlampen ein häufigeres Erneuern des weissen Deckenanstriches nötig und ist auch ihre Bedienung weniger einfach. Bogenlampen sind leicht so aufzuhängen, dass sie zum Zwecke des Kohlenersatzes heruntergezogen werden können; die Auerlampen dagegen müssen an der Decke festgemacht werden und sind dann nur mittelst einer Leiter zu erreichen, wenn ein Glühstrumpf oder Glas erneuert werden soll, es sei denn, dass ein Schlauchstück eingeschaltet würde, was aber der so leicht ent-

stehenden Undichtigkeiten halber nicht ratsam ist. Das Anzünden kann mittelst immer brennender Stichflamme oder irgend einer Art Zünder bewerkstelligt werden.

Hier ist allerdings zu bemerken, dass Auerlampen, wenn irgendwelche Störungen eintreten, leichter ohne besondere Fachkenntnis wieder in stand gestellt werden können.

Störungen im Abbrand der Kohlen u. s. w. werden auch bei den hochhängenden mit Schirm versehenen Bogenlampen leicht wahrgenommen; bei Auerbrennern dagegen wird ein Durchschlagen der Flamme und dergleichen öfter erst nach längerer Zeit bemerkt.

Wenn nun auch vom hygienischen Standpunkte ruhig brennende elektrische Bogenlampen den Vorzug verdienen, so dürfen doch die erwähnten Nachteile des Gases nicht zu hoch angeschlagen werden, besitzen wir ja doch für die meisten derselben genügende Mittel zur Abhülfe und sehr oft können ausser den Kosten zwingende Gründe vorhanden sein, Gas zu verwenden, dessen Eignung für die indirekte Beleuchtung wie zahlreiche derartige Installationen zeigen, ausser Zweifel steht.

Die grossen Vorzüge der diffusen Beleuchtung überhaupt sind in Vorstehendem genügend betont worden, und es wird unter gewöhnlichen Verhältnissen ihre Durchführung kaum auf Schwierigkeiten stossen. Gelegentlich aber können die baulichen Verhältnisse derart sein, dass keine weisse Decke zu Gebote steht. Dies ist z. B. bei Oberlicht der Fall. Hier hilft man sich oft, wie es bei indirekter Beleuchtung von Fabriken mittelst Bogenlampen geschieht, in der Weise, dass man über den Lampen weisse Schirme anbringt, die das Licht nach unten senden. Eine solche Anlage befindet sich z. B. im grossen Seziersaal der Zürcher Anatomie, der halbindirekt beleuchtet ist.

Natürlich eignet sich die indirekte Beleuchtung für jene Zwecke nicht, bei denen Schatten geradezu erforderlich sind. Hieher gehört das Zeichnen nach Modellen, für welches dann eigene direkte Lampen Verwendung finden. Hiefür sind spezielle Konstruktionen ausgeführt worden.

Nach Abschluss dieser Arbeit bot mir Herr Professor Farny Gelegenheit, einem Versuche beizuwollen, bei dem abwechselnd Lampen mit gewöhnlicher und solche mit umgekehrter Kohlenstellung zur Verwendung kamen. Es ist schon früher erwähnt worden, dass letztere eine viel bessere Ausnutzung des Lichtes ergeben müssten, dass aber bis jetzt dieses System wegen des unruhigen Brennens nicht

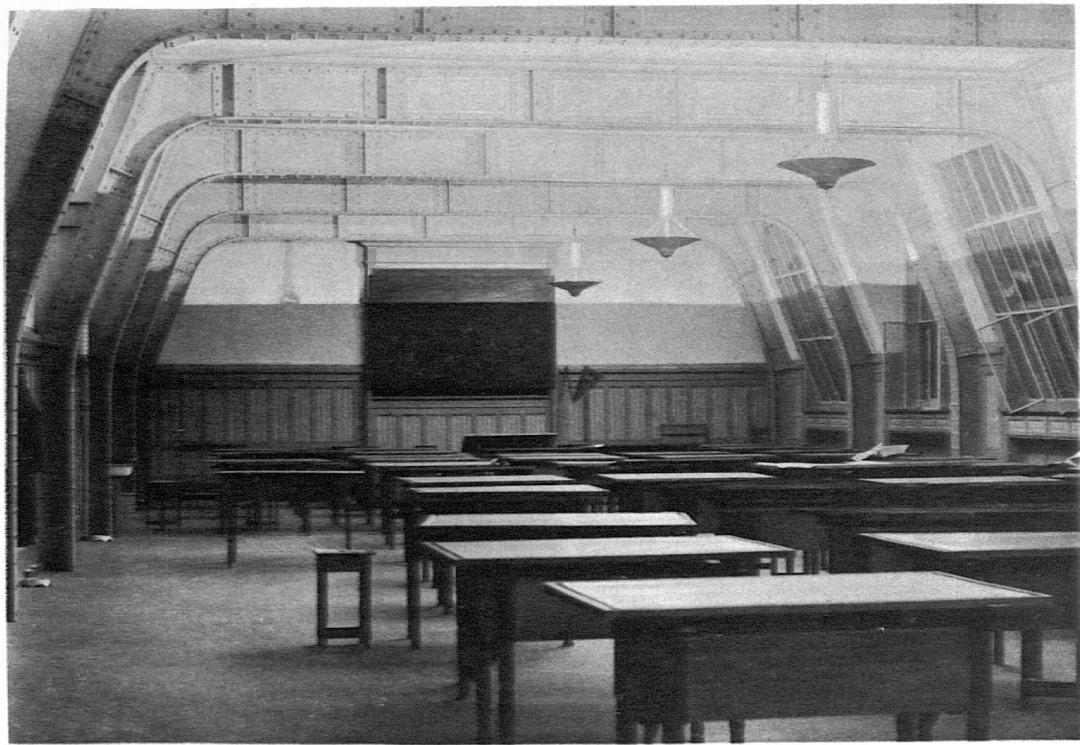
angewendet wurde. In der Tat war auch bei unserm Versuche die Lichtausbeute eine viel grössere als bei den gewöhnlichen Bogenlampen bei gleichem Energieverbrauch. Die mittlere Helligkeit betrug das 1,6fache. Hier sei bemerkt, dass auch die Münchener Kommission, wenigstens mit dem einen der von ihr geprüften beiden Lampenmodelle mit umgekehrter Kohlenstellung annähernd den gleichen Helligkeitsgewinn erzielte.

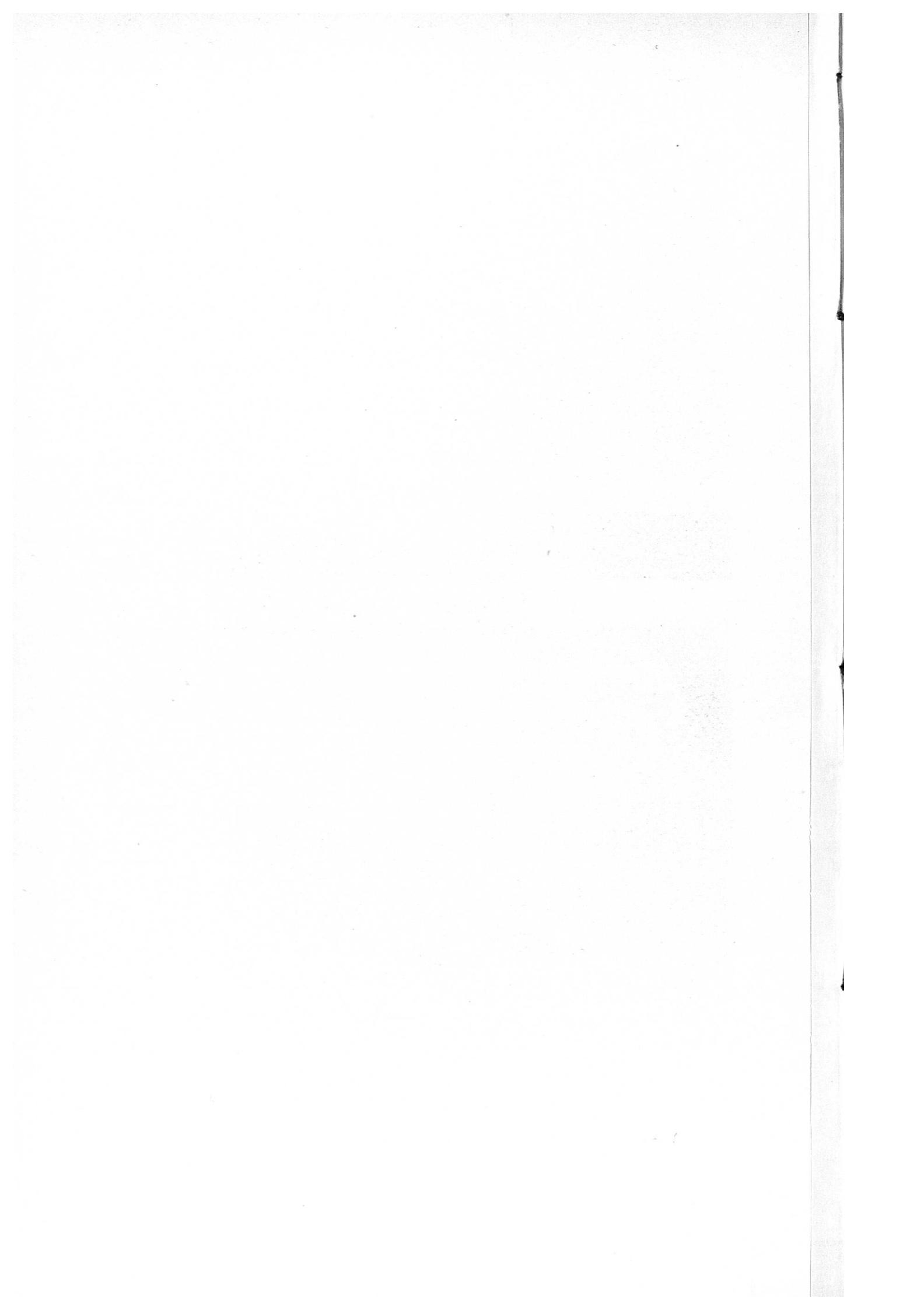
Was die Constanze des Lichtes betrifft, so brannten bei unserm Versuche die neuen Lampen allerdings nicht ganz so ruhig wie die zum Vergleich benutzten gewöhnlichen. Eigentlich störende, zuckende Schwankungen konnten wir indess nicht wahrnehmen.

Ein abschliessendes Urteil über diese neuen Bogenlampen wird erst nach längerer Erfahrung möglich sein. Sollten sich dieselben betreffend Gleichmässigkeit des Lichtes bewähren, so würden sie für die indirekte Beleuchtung einen grossen Fortschritt bedeuten.

---

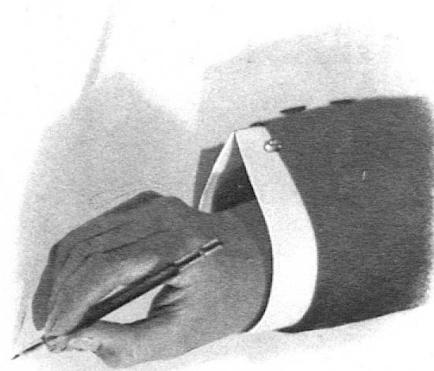
Tafel I.



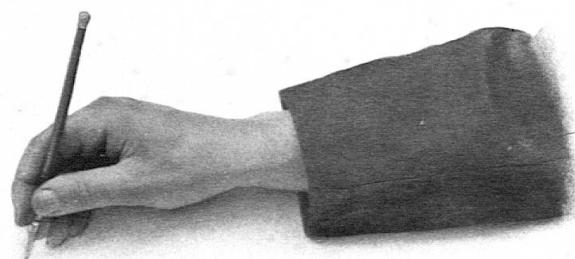


Tafel II.

1

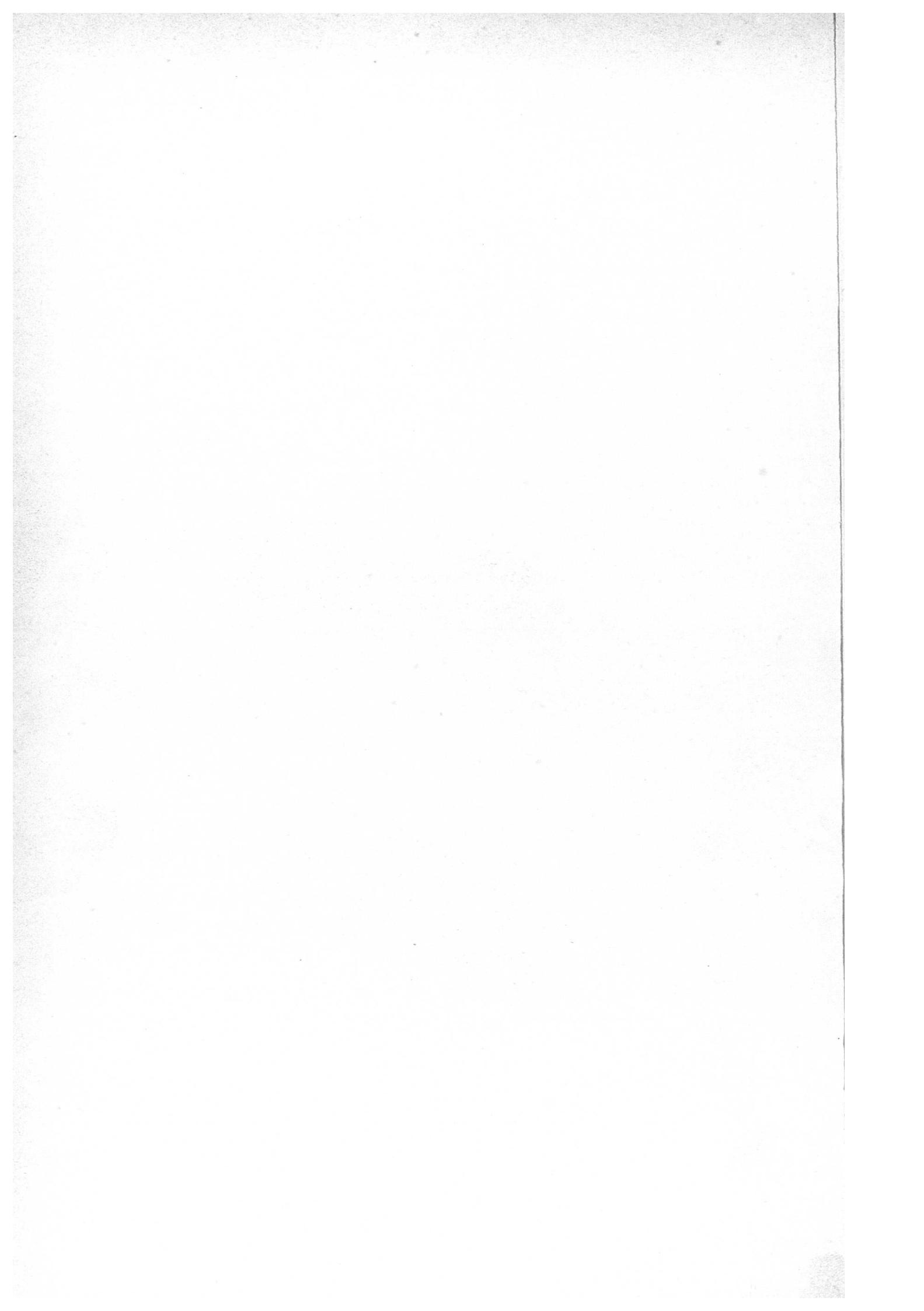


2



3





*C. Korreferat von Professor Dr. Emmert,*

*Bern.*

---

Alles Licht ist um so besser, je mehr es sich den Eigenschaften des Sonnenlichtes als Lichtquelle nähert.

Als Leuchtquelle besitzt das Sonnenlicht die Intensität, welche von keinem anderen Leuchtmittel erreicht wird.

Gleichwohl benützen wir das Sonnenlicht, eben wegen seiner Intensität, so zu sagen niemals direkt, sondern immer indirekt oder abgeschwächt, indem wir dasselbe durch Wände, Storen, Vorhänge, Schirme, Brillen u. a. abhalten. Die Natur selbst hat uns durch die Vegetation die Möglichkeit gegeben, uns hinter Sträuchern und Bäumen gegen das direkte Sonnenlicht zu schützen.

Das von der Natur für das Licht empfänglich gemachte Auge, dessen ganze Funktion von der Empfindungsfähigkeit für Licht abhängt, ist für direktes Sonnenlicht zu empfindlich und wird durch solches geblendet, selbst geschädigt, oder zum mindesten unangenehm davon berührt.

Die Mehrzahl aller Dinge, die uns umgeben, sehen wir nicht dadurch, dass sie von der Sonne direkt beschienen sind, sonst würden wir fort dauernd geblendet sein, sondern dadurch, dass Atmosphären — oder indirektes Licht, unser Auge trifft, oder solches Licht, welches, von einem Gegenstande zum andern geworfen, in unser Auge gelangt.

Derart abgedämpftes Licht, welches sich durch die Vielheit der reflektierenden Flächen überall hineindrängt und durch Reflexion in gewissem Grade immer wieder sich selbst verstärkt, ist das unserem Auge zuträglichste und angenehmste. Immerhin soll nicht vergessen werden, dass durch die Absorption von Licht durch die beleuchteten Flächen nach vielfacher Reflexion allmählich so viel Licht verloren gehen kann, dass nur durch reflektiertes Licht erleuchtete Räume dunkel erscheinen.

Selbst das intensive Sonnenlicht kann durch Wolken, Nebel, Rauch in solchem Grade absorbiert werden, dass wir zu künstlichem

Licht unsere Zuflucht nehmen müssen. Ich erinnere nur an vorüberziehende Gewitter, an düstere, nebelige Novembertage und an die Rauchstadt London.

Nicht nur diese Erscheinungen der Natur und Industrie sind es jedoch, welche die Tageshelle teilweise herabsetzen, sondern ganz besonders das durchschnittlich alle 24 Stunden wiederkehrende Verschwinden der Sonne durch Drehung der Erde ist es, warum wir, je nach der Jahreszeit, in früheren oder späteren Abendstunden künstliches Licht bedürfen.

Die Notwendigkeit hiefür liegt überall vor, wo die Zeit des Tages nicht ausreicht, um diejenige Arbeit zu leisten, welche von dem Einzelnen oder von einer Mehrheit gefordert wird.

Wo Einzelne sind, können sie nach Bedürfnis und Geschmack sich einrichten, wo aber eine Vielheit von Menschen sich aufhält, wie besonders in Schulen, wo es sich gleichzeitig um das grösstmögliche Wohl heranwachsender Generationen handelt, für welche zu sorgen diejenigen Behörden eine hohe Verpflichtung haben, welchen die Macht des Schulzwanges in die Hände gelegt ist, sind die Verhältnisse andere und schwierigere.

Allerdings würde die Frage künstlicher Beleuchtung in Schulen dahinfallen, wenn der berechtigten Forderung Baginskys nachgelebt werden könnte, der in seinem Werke über Schulhygiene sagt:

„Als wichtiger, für die Schulhygiene feststehender Grundsatz muss gelten, dass der Schulunterricht nur auf die Tageszeit zu beschränken sei, sodass also für die Schule jede künstliche Beleuchtung überflüssig erscheint.“

So weit sind wir jedoch leider noch nicht, und es wird geraume Zeit gehen, bis wir dieses zu erstrebende Ziel erreicht haben werden.

Es kann aber und wird erreicht werden, denn es gibt Gymnasien in Norddeutschland, in welchen seit einer Reihe von Jahren jeglicher Nachmittags- und Abendunterricht ausgeschaltet ist, dafür aber Vormittags je 5 Unterrichtsstunden gehalten werden. Ich glaube, dass auch aus andern hygienischen Rücksichten, Aufhebung des Nachmittags- und Abendunterrichts anzustreben sei.

So lange wir aber mit künstlicher Beleuchtung, insbesondere für Lehrräume zu rechnen haben, ist es notwendig, sich damit zu beschäftigen und gewisse grundsätzliche Forderungen aufzustellen, da wir nicht warten können bis zu jener hypothetischen Zeit, wo die künstliche Beleuchtung so sehr vervollkommen sein wird, dass die schädlichen Wirkungen, insbesondere aufs Auge, eliminiert sein

und gar vielleicht der künstlichen Beleuchtung wegen grösserer Gleichmässigkeit und Beständigkeit der Vorzug vor dem Tageslicht gegeben werden wird.

Die Lösung der Frage künstlicher Beleuchtung in Lehrräumen, besonders Schulen, ist keineswegs leicht. Es sind zu viele Faktoren, welche hier mitsprechen und der rastlos strebende Geist des Menschen trägt durch immer neue Erfindungen und Entdeckungen nicht wenig dazu bei.

Vorerst muss objektiv und subjektiv festgestellt werden, wie viel Licht notwendig ist, dann erst, mit welchen Hülfsmitteln dieses erreicht werden kann.

Objektiv lässt sich eine beleuchtete Fläche in Bezug auf ihre Helligkeit beurteilen, wenn wir vergleichsweise eine dunkle Fläche durch so und so manche Kerze beleuchten. Es wird sich dann herausstellen, wie viele Kerzen in bestimmter Entfernung aufgestellt notwendig sind, um eine gleiche Beleuchtungsintensität hervorzubringen, wie die auf ihre Helligkeit zu prüfende Fläche sie hat.

Die Aufgabe, ein Normallicht zu finden, das unveränderlich und überall zu haben ist, das also als konstantes Helligkeitsmass benutzt werden könnte, ist bis dahin nicht gelöst. Man behilft sich in Deutschland und England mit Kerzen, in Frankreich mit einer Lampe. In Süddeutschland hat man die Stearinkerze, in Norddeutschland die Paraffin- oder norddeutsche Vereinskerze, in England die Wallrathkerze und in Frankreich eine Rübölllampe, nach ihrem Erfinder „Carcel“ genannt.

Um die Helligkeit einer beleuchteten Fläche zu messen, hat Leonhard Weber den Begriff der Meterkerze (MK) in die Wissenschaft eingeführt und versteht darunter die Helligkeit eines weissen Papiers, das, aus einem Meter Abstand, von einer sogenannten „Normalkerze“ senkrecht bestrahlt wird.

Weber haben wir auch einen wertvollen Lichtmesser (Photometer), sowie einen Raumwinkelmesser zu verdanken, mit welch letzterem die Grösse der Himmelsfläche gemessen werden kann, von welcher jeder einzelne Schulplatz direktes Himmelslicht erhält.

Untersuchungen des Augenarztes und Professors Uhthoff in Breslau haben ergeben, dass das Sehvermögen der Augen bei einer Lichtstärke von 33 Meterkerzen — nach Cohn 55 Meterkerzen — am besten ist, und dass es bis zu 10 Meterkerzen langsam, bei weiterer Herabsetzung der Beleuchtung aber rapid abnimmt.

Der Augenarzt und Professor H. Cohn in Breslau, der sich um Schulhygiene überhaupt und die Beleuchtungsfragen im speziellen

ausserordentlich verdient gemacht hat, hatte schon früher, auf Grund zahlreicher Leseproben bei verschiedenen Helligkeitsgraden, 10 Meterkerzen künstliches Licht als Helligkeitsminimum für Schülerplätze festgestellt. Nach L. Weber erhält man von dieser Helligkeit einen ungefährnen Begriff, wenn man ein Blatt Papier 15 cm. unter und 20 cm. seitlich von einer Paraffinkerze hinlegt; man wird finden, dass die Beleuchtung sehr mässig ist. Manche bezeichnen sie daher auch als ungenügend.

Da nun der Begriff von „Licht“ überhaupt, mit dem Vorhandensein eines lichtempfindenden Organes lebender Wesen, speziell des Menschen, auf engste verknüpft ist, so dass Licht ohne Auge und Auge ohne Licht keine Existenzberechtigung hätte, so ist alles Licht eigentlich nur eine Empfindung des Subjekts und daher eine subjektive Empfindung; folgerichtig ist daher unser Auge als die oberste Instanz zu betrachten, welcher allein das Urteil über hell und dunkel zusteht.

In diesem subjektiven Urteil beruht nun eben teilweise die Schwierigkeit, allgemein gültige Grundsätze über Beleuchtung aufzustellen und die Notwendigkeit, physikalische Messungsmethoden zu Rate zu ziehen.

Das Bedürfnis nach Licht, um Gleiche wahrzunehmen, ist individuell sehr verschieden und das Helligkeitsbedürfnis des einen kann für den andern nicht massgebend sein.

Sehr instruktiv sind in dieser Hinsicht zwei Versuchsreihen, die eine von Cohn in Breslau, die andere von Katz in Petersburg. Ersterer fand bei Erwachsenen, dass es Augen gibt, welche schon bei 1,6 Meterkerzen volle Sehschärfe haben, während andere erst bei 16,7 Meterkerzen, also 10 mal stärkerem Licht das Nämlich erreichen.

Ebenso fand Katz bei 86 Schülerinnen die grössten Verschiedenheiten. Volle Sehschärfe hatten 5 Schülerinnen bei 1—2 Meterkerzen.

29	"	"	2—4	"
31	"	"	4—6	"
11	"	"	6—8	"
2	"	"	8—10	"
3	"	"	10—12	"
2	"	"	12—14	"
3	"	"	14—16	"

Gewiss kann daher das Urteil einzelner in der Frage der Beleuchtung — natürlicher und künstlicher — nicht massgebend sein, denn was

für den einen zu viel, ist für den andern zu wenig u. s. w. Massgebend kann hier nur das Urteil von Fachmännern sein und ich glaube, dass die Augenärzte, welche jahraus, jahrein ganz besonders mit den Verhältnissen der Sehschärfe zahlreicher Menschen unter den verschiedensten Lebensbedingungen es zu tun haben, am besten in der Lage sind, in dieser Sache mitzusprechen; war es ja doch ohnehin ursprünglich eine rein ophthalmologische Frage, welche den Anstoss dazu gab, den Schultischen, Schreibutensilien und Beleuchtungsverhältnissen mehr als es Jahrzehnte, eigentlich Jahrhunderte lang der Fall gewesen war, Aufmerksamkeit zuzuwenden; das ist die Verlängerung des Augapfels — die Kurzsichtigkeit.

Massenuntersuchungen erwiesen, dass in gebildeten Ständen diese Krankheit häufiger vorkommt, als in ungebildeten, und dass dieselbe von Schulkasse zu Schulkasse in Bezug auf Häufigkeit und Grad so sehr zunimmt, dass in obersten Gymnasialklassen nicht selten 100 % Kurzsichtiger gefunden werden.

Unsere Kenntnisse von der Kurzsichtigkeit und unsere Vermutungen über deren Ursachen und Entstehung zwangen uns, darauf zu dringen, dass sowohl im Hause wie in der Schule, alle diejenigen Schädlichkeiten ausgeschaltet werden, von welchen wir in allerster Linie einen ungünstigen Einfluss auf die Augen, speziell auf die Entwicklung der Kurzsichtigkeit und deren Fortschreiten vermuten mussten.

Dieses waren die Schultische, welche ein Vornüberbeugen des Kopfes überflüssig und selbst unmöglich machen sollten und dadurch zugleich einen günstigen Einfluss auf das Knochengerüst, speziell die Wirbelsäule ausüben mussten.

Ausser den Schultischen waren es besonders die Beleuchtungsverhältnisse durch Tages- sowohl, wie durch künstliches Licht.

Nirgends war Licht in den Schulzimmern gleichmässig verteilt und ist es zum Teil heute noch nicht; an einzelnen Plätzen war zu viel Licht und blendete, an andern zu wenig. Wo aber zu wenig, da sind wir gezwungen, uns dem Gegenstande, welchen wir erkennen sollen, weit über das Mass dessen, was unserem Auge unschädlich ist, zu nähern, womit sich ein grösserer Aufwand von Akkommodation und Konvergenz verbindet, die dem Auge nach älteren und allerneuesten Vermutungen über die Ursachen der Kurzsichtigkeit ganz besonders nachteilig sind.

Es genügt eben nicht, an jedem Platze des Schulzimmers gewöhnlichen Zeitungsdruck mehr oder weniger mühsam entziffern zu können, — nein; erst dann genügt die Beleuchtung, wenn an jedem

Plätze, bei natürlichem und bei künstlichem Licht kleiner und kleinster Druck ohne Mühe und namentlich ohne Annäherung des Gegenstandes, oder an den Gegenstand gelesen werden kann.

Gerade wir Augenärzte müssen daher mit unentwegter Ausdauer darauf beharren, dass die Beleuchtungsverhältnisse in den Schulen nicht nur genügende, sondern vorzügliche seien.

Die Aufgabe, durch künstliche Beleuchtung ausreichende Helligkeit in den Schulzimmern zu erlangen, ist auch in unserer Zeit noch schwieriger zu erfüllen, als dieses für Tageslicht der Fall ist. Für Tageslicht bleibt keine andere Wahl und wir haben es kostenfrei, so lange die Steuerbehörden nicht auch die Zahl der Fenster belasten: Für künstliches Licht aber stehen uns verschiedene Materialien zur Verfügung, deren Anlage sowohl, wie deren Verbrauch bezahlt werden müssen.

Dahin sind in gegenwärtiger Zeit Elektrizität, Gas, Acetylen und Petrol zu rechnen.

In Städten, wo Gas- und elektrische Anlagen vorhanden und genügende Finanzierung gesichert ist, hat die Frage künstlicher Beleuchtung Aussicht, einer befriedigenden Lösung entgegen zu gehen; in kleinen Städten aber und Dörfern, wo weder Gas noch Elektrizität zu finden sind, muss man sich vorläufig mit dem minderwertigen Petrol behelfen, da Acetylen, welches bezüglich Helligkeit Gas und Elektrizität nicht nachstehen würde, bis dahin noch keine genügende Sicherheit und Zuverlässigkeit bietet.

Die konstruktiven Einzelheiten verschiedener Lampensysteme können hier nicht besprochen werden, da dieses zu weit führen würde, ebenso nicht die Lampen selbst, da fast täglich die Zahl neuer Erfindungen wächst und zu vieles von örtlichen, baulichen und finanziellen Verhältnissen abhängt.

Obschon ich mich mit den vom Referenten, Herrn Prof. Dr. Roth aus Zürich, über die künstliche Beleuchtung aufgestellten und in Nr. 4 dieses Jahrganges der Schweiz. Blätter für Schulgesundheitspflege bereits niedergelegten Thesen zum grössten Teil einverstanden erkläre, sei mir gleichwohl gestattet, als Korreferent über die nämliche Frage folgende Grundsätze allgemeiner und spezieller Natur aufzustellen: I. Als allgemeine Grundsätze, an welchen überall festgehalten werden sollte, nenne ich:

1. Eine gute Beleuchtung soll ausreichende Helligkeit für jeden Schülerplatz liefern.
2. Die Beleuchtung muss im ganzen Raume eine möglichst gleich-

mässige sein; stärkere Schatten und Reflexe müssen vermieden werden.

3. Die lichtgebenden Flammen müssen ruhig und gleichmässig sein, nicht flackern, zucken oder wechselnde Grösse haben.
4. Kein direktes Licht soll das Auge treffen.
5. Die Umgebung des Arbeitsgegenstandes soll nicht heller sein als dieser selbst. Schultische sollen daher keine helle Farbe haben.
6. Das Beleuchtungsmaterial soll die Luft möglichst wenig oder nicht verunreinigen und weder durch Wärmestrahlung noch durch Wärmeproduktion unangenehm sein; zugleich muss stets auch die ökonomische Seite sowohl wie die Gefährlichkeit des Beleuchtungsmaterials berücksichtigt werden.

II. Bezuglich der speziellen Grundsätze werden mit dem Fortschreiten der Industrie da und dort Modifikationen eintreten müssen, was nicht unberücksichtigt gelassen werden darf. Bis auf weiteres glaube ich aber, dass wir die folgende Forderungen aufstellen dürfen und müssen:

1. Bei freier Wahl zwischen direkter und indirekter Beleuchtung, d. h. also solcher Beleuchtung, wo die Flamme ihre Lichtstrahlen direkt auf Tische, Bücher, Tafeln, Menschen wirft, oder solcher, wo die Flamme überhaupt nicht sichtbar ist, sondern durch unterhalb der Flamme angebrachte, flach trichterförmige, undurchsichtige Blechschirme, die als Reflektoren dienen, ihre Lichtstrahlen an Decke und Wände sendet, von welchen dieselben nach allen Richtungen in den Raum zurückgeworfen werden und als sogenanntes diffuses oder zerstreutes Licht denselben erleuchten, ist der indirekten künstlichen Beleuchtung ebenso gut, wie der indirekten natürlichen oder Tagesbeleuchtung bei weitem der Vorzug zu geben.

Die Gründe dafür liegen darin, dass bei direkter Beleuchtung nur die Stellen erleuchtet sind, welche direkten Strahlen zugänglich sind, während alle anderen in relativer Dunkelheit sich befinden, sodass bedeutende Helligkeitskontraste zwischen beleuchteten und unbeleuchteten Stellen entstehen. — Ganz anders also als bei indirekter Beleuchtung, wo von allen Seiten her gleichmässig Licht zuströmt,

und daher grelle Gegensätze in Licht und Dunkel, Blendung, stärkere Reflexe u. s. w. in Wegfall kommen.

2. Um indirekte Beleuchtung möglichst nutzbar zu machen, müssen die Zimmerdecken und mindestens das obere Drittel der Wände zwar matt, aber möglichst glatt und weiß angestrichen sein, wodurch die Erhellung des zu beleuchtenden Raumes beträchtlich zunimmt.
3. Zu indirekter Beleuchtung eignen sich wegen ihrer Helligkeit Gas und Elektrizität, und zwar das Gas als Gasglühlicht in Form von Auerbrennern (sog. Strümpfe aus Baumwollgewebe, getränkt in gewissen Salzen, wobei die Baumwolle verbrennt und die Asche als Leuchtkörper zurückbleibt) und Elektrizität als sogenanntes Bogenlicht (zwei Kohlenspitzen, welche der elektrische Strom überspringt). Elektrisches Glühlicht eignet sich nicht wegen seiner gelblich-rötlichen Farbe, zu geringer Intensität und zu hohem Preis.
4. Wo Gas und Elektrizität nicht zu haben sind, wie in vielen Landschulen, muss vorläufig Petroleum an deren Stelle treten und es ist eine Vielheit kleinerer Lampen wegen der gleichmässigeren Verteilung des Lichts ver einzeln grösseren vorzuziehen.

Immer sollen Rund- oder Sonnenbrenner verwendet werden und niemals ungeschützte Flammen. Immer soll die Flamme von unten gedeckt sein durch kleine abgestumpfte Kegel aus Mattglas; ferner soll über der Lampe ein Schirm sich befinden, dessen Höhestellung von der Konstruktion der Lampe abhängt. Flachere und grössere, lackierte Schirme, welche als Reflektoren dienen, konzentrieren das Licht weniger als schmalere und steilere und sind daher für Schulzwecke vorzuziehen.

Immer soll das Licht den Schülern, für welche eine Lampe bestimmt ist, möglichst von links her zufallen.

5. Als unterste Grenze für die Helligkeit der einzelnen Arbeitsplätze durch künstliche Beleuchtung ist an einem Aequivalent von 10 Meterkerzen, für Zeichensäle an einem solchen von 25 Meterkerzen festzuhalten.
6. Wo Gas- und elektrisches Licht zu haben sind, ist dem elektrischen Bogenlicht immer der Vorzug zu geben.

Nicht nur meine eigenen Erfahrungen haben mir bewiesen, dass

Auerlicht ohne sehr gute Ventilationsvorrichtungen, die in Schulen meistens fehlen, weil sie zu teuer sind, die Luft sehr bedeutend verunreinigt, sondern es liegt auch vom Ende des Jahres 1903 in der Nummer 42 der Münchener medizinischen Wochenschrift ein im Auftrage der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vormals Schuckert & Co. in Nürnberg auf Grund einer Reihe von vergleichenden Untersuchungen verfasstes Gutachten des Elektro-Ingenieurs Dr. E. W. Lehmann-Richter vor, aus welchem mit aller Sicherheit hervorgeht, dass Gasglühlicht nicht unbeträchtlich und die erlaubten Grenzen übersteigend sowohl die Temperatur erhöht, als auch den Kohlensäuregehalt der Luft vermehrt, während bei elektrischem Bogenlicht beides nicht der Fall ist.

Die Betriebskosten des Auerlichts, sagt Dr. Lehmann, seien zwar anfangs kleiner als die des Bogenlichts, aber nach kurzer Brenndauer — auch ohne Berücksichtigung der Zündflamme — erreichen sie diejenigen des Bogenlichtes. Bei Berücksichtigung der Zündflamme — was bei öffentlichen Anstalten meistens in Betracht kommt — sind jedoch die Kosten des Auerlichts bedeutend grösser, als die des Bogenlichts.

Auch Wehner in Berlin sagt in seinem in diesem Jahre erschienenen Encyklopädischen Handbuch der Schulhygiene auf Seite 721, dass, wenn man sich auf die Erzeugungskosten von 100 Normalkerzen Helligkeit bezieht, das elektrische Bogenlicht sich billiger stellt, als jedes andere Licht, das elektrische Glühlicht jedoch teurer als Gasglühlicht, und Petroleumlicht ungefähr gleich hoch wie Gasglühlicht.

Immerhin darf nicht vergessen werden, dass die Kostenfrage vielfach von örtlichen Verhältnissen abhängt.

Klassifizieren wir die verschiedenen Leuchtmaterialien nach ihrem hygienischen und physikalischen Wert, so steht 1. das elektrische indirekte Bogenlicht oben an, ihm folgt 2. das Gasglühlicht, wo elektrisches nicht zu haben, oder zu teuer ist, und endlich 3. das Petroleumlicht, wo beides nicht vorhanden.