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

**Herausgeber:** Schweizerische Gesellschaft für Schulgesundheitspflege

**Band:** 5 (1904)

**Artikel:** Die indirekte Beleuchtung

**Autor:** Roth, O.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-90977

**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:** 31.07.2025

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

## b) Die indirekte Beleuchtung.

*Von Dr. O. Roth,*

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

---

Die künstliche Beleuchtung der Schulen war lange hinter derjenigen 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, Bureaux 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 ungehinderter 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[1])[2]), 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[3]), 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 Petroleumlampen 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[4]) 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

---

[1]) Mitteilungen des technologischen Gewerbemuseums, Wien 1885 No. 2.

[2]) Burgerstein Leo, zur künstlichen Beleuchtung der Schulzimmer, Zeitschrift für Schulgesundheitspflege 1889, Bd. II No. 17.

[3]) Die Schulhygiene auf der Jubiläumsausstellung der Gesellschaft für Beförderung der Arbeitsamkeit in Moskau. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege 1888 Nr. 10.

[4]) 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 verstummten.

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 [1]).

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 [2]) 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 [3]) verlangt gestützt auf Leseversuche und photometrische Messungen ein Minimum von 10 Meterkerzen [4]).

---

[1]) L. Weber. Die Beleuchtung. Weils Handbuch der Hygiene. Bd. IV, S. 42 u. f.

[2]) Die deutsche Paraffinkerze hatte 20 mm Durchmesser und 50 mm Flammenlänge.

[3]) Cohn, Lehrb. d. Hygiene d. Auges. Wien, Urban & Schwarzenberg 1892. S. 366 u. ff.

[4]) 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 Erismann. Die hygienische Beurteilung der verschiedenen Arten künstlicher Beleuchtung. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1900. S. 6.

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

Erismann[2]) 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[3]) für Zeichensäle mindestens 25 Meterkerzen verlangt. Ich glaube nun, gestützt auf die Antworten, welche ich von den über das Genügen oder Nichtgenügen 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

---

[1]) Kermenauer und Prausnitz. Untersuchungen über indirekte (diffuse) Beleuchtung von Schulzimmern etc. Archiv für Hygiene. Bd. XXIX.

[2]) 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.

[3]) 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 unsern 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, Konfikte 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 possitive Kohle ist wie bei den bis jetzt gebräuchlichen Lampen die obere. Diese Anordnung hat folgenden Grund: An der positiven Kohle, die eine sogenannte Dochtkohle 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 Lichtemmission 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 [1]). Es muss deshalb der grösste Teil des Lichtes einer solchen Bogenlampe nach unten geworfen werden, nach einer von Wedding [2]) 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 obern Wandpartien geworfen. Es muss also weitaus 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 dunkeln 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 Arbeitsobjekte eine ziemlich intensive ist.

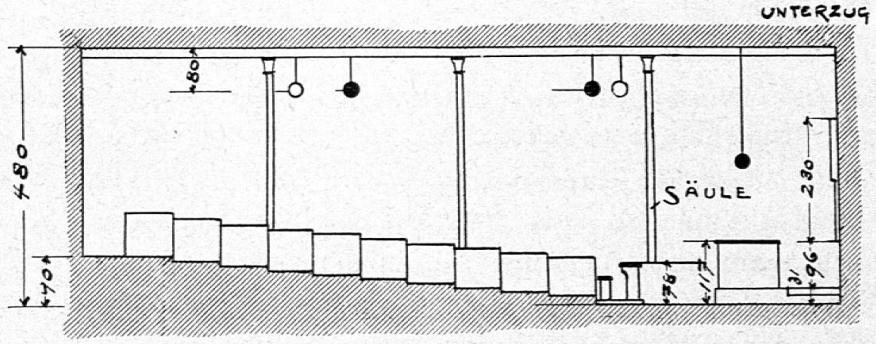
In der Tat ist sie sowohl in diesem als den übrigen Sälen des Maschinenlaboratoriums mit Ausnahme weniger Plätze eine durchaus genügende, zum Teil sehr reichliche. Eine ganze Anzahl von Zeichentischen weisen selbst eine Helligkeit von mehr als 50 Meterkerzen auf.

Auch im Hauptgebäude, wo ebenfalls, sowohl Auditorien als

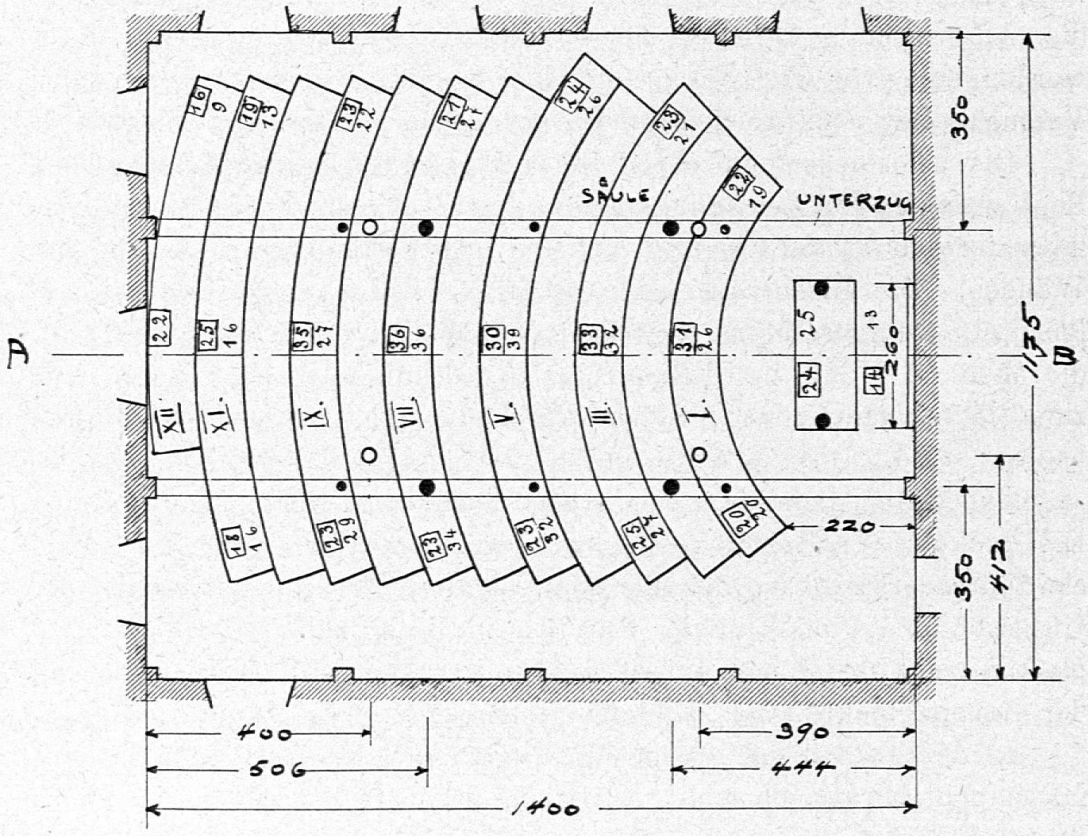
---

[1]) Das Bogenlicht und seine Anwendung. Herausgegeben von Körting und Mathiesen. Leutzsch-Leipzig, S. 4.

[2]) l. c. S. 9.

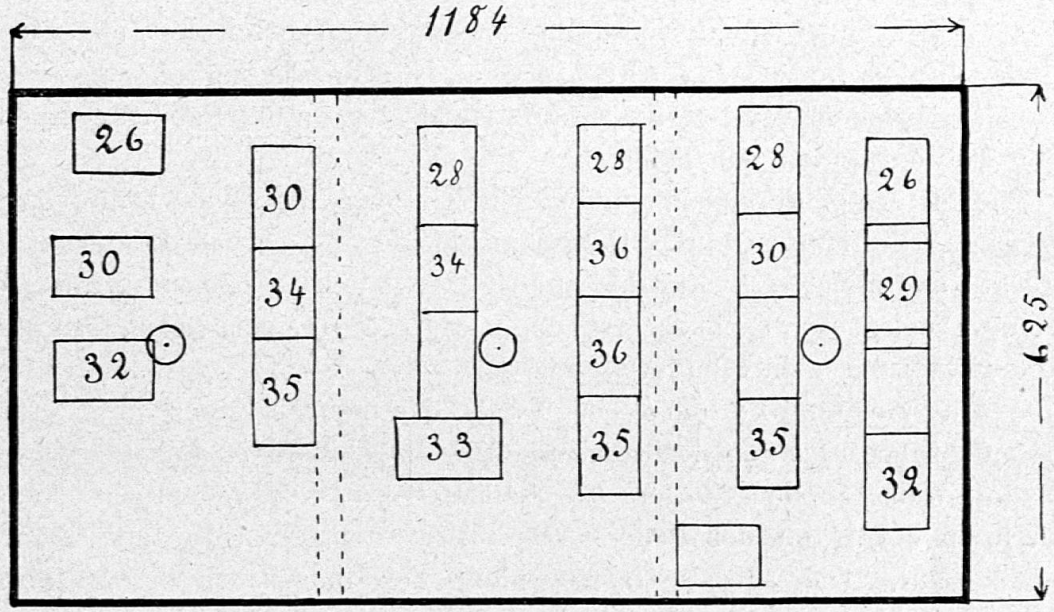



SCHNITT A-B.




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 spätern 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 frühern 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 weitern 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 [1]) 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-

[1]) 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 [1]), 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 unsern heutigen Begriffen keine genügende war. Namentlich war auch die Zahl der Lampen eine zu geringe. Es sind deshalb von Erismann in neuerer Zeit in Zürcher Schulen, die in ausgiebiger Weise mit einer grössern Zahl möglichst gut verteilter elektrischer Glühlampen erleuchtet werden, weitere Untersuchungen [2]) 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 Erismann betont, nur einen bedingten Masstab 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 Erismann zusammen mit Ostroglasoff [3]) zu Anfang der 90er Jahre in Moskau anstellte, wurde im Schatten der schreibenden Hand ein Lichtverlust von 20,9 % gefunden.

Pelzer [4]) 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-

---

[1]) Zitiert in Fr. Erismann: Die hygienische Beurteilung der verschiedenen Arten künstlicher Beleuchtung mit besonderer Berücksichtigung der Lichtverteilung. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege Bd. XXXII, 1900, S. 32.

[2]) l. c. S. 36 u. ff.

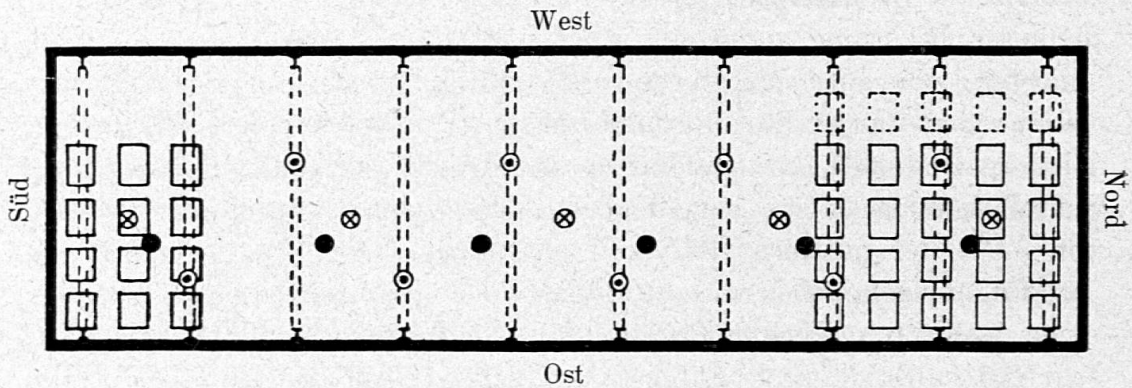
[3]) l. c. S. 42.

[4]) 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




| | | Minimum : Maximum |
|---|---|---|
| Saal *A* ⊗ | | 1 : 2,1 |
| Saal *B* ⊙ | | 1 : 2,9 |
| Saal *C* ● | Ohne Reservetische | 1 : 1,35 |
| | Mit Reservetischen | 1 : 2,05 |
| Hrabowski 1 : 2,27. | | |

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 ⊗ 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 ⊙ bezeichnet. Sie sind an den Deckenträgern und zwar alternierend in 2 Längsreihen angebracht. Im Saal *C* des Dachstocks dagegen sind 6 Lampen mit ● 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 ersteren 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[1]) unter Renk's Leitung in dem Hygienehörsaal der Universität Halle angestellt 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 | „ | „ 8,43 |
| Differenz | „ | „ | „ | 15,09 | „ | „ 1,77 |

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 Beleuchtnng zu erreichen, zeigen uns die bereits erwähnten Untersuchungen Erismanns in verschiedenen Zürcherschulen[2]).

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

[1]) Menning, F. Über indirekte Beleuchtung. Inaugural-Dissertation. München. R. Oldenburg 1892.

[2]) l. 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 Erismann nachweist, bei der Beschattung in noch viel bedeutenderem 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.)

Ungefähr gleich 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 niedere 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 niederlegte, ist wohl der erste gewesen, der dasselbe für indirekte Beleuchtung verwendete. Später sind dann namentlich Kermenauer und Prausnitz[1]) und Bayr[2]) für dasselbe eingetreten und heute ist es auch auf diesem Gebiete zum gefährlichen Rivalen der Bogenlampe geworden. Prausnitz[3]) empfiehlt die Auerlampen mit Lochzylindern, die eine noch grössere Leuchtkraft haben. Ich habe solche auch zu meinen später zu erwähnenden Versuchen in Saal 31 b verwendet.

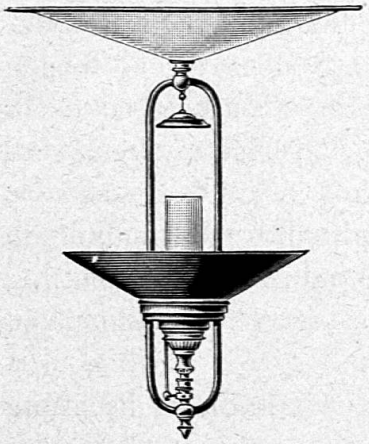
---

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

[2]) Bayr, E. Über Beleuchtungsversuche in Lehrzimmern. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege Bd. 11. 1898.

[3]) 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 [1]) 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 frühern vergleichenden Versuche mit Butzke-Lampen,

---

[1]) 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 grössern 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 verschieden hohe Aufhängung der Beleuchtungskörper war bei ganz indirekter Beleuchtung viel geringer. So verhielten sich bei dieser[1]) 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.

---

[1]) l. 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 [1]) und in dem Handbuch für Schulhygiene von Burgerstein und Netolitzky [2]) 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 I a zu ersehen, ebenso der Opalglasreflektor. Den Licht-

[1]) Cohn, H. Über künstliche Beleuchtung von Hör- und Operationssälen. Deutsche medizinische Wochenschrift 1893. S. 621.

[2]) 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 Deckenanstrich 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

spätern Versuchen mit ganz indirekter Auerbeleuchtung genau an derselben Stelle des Kathedertisches die Helligkeit des horizontal hingelegten, des senkrecht aufgestellten und des schief gehaltenen, mit der obern 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 Glühfäden 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 Adnexraum 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 × 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 wohnlicher 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[1]), welche in einem Hörsaale 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[2]) 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 $m^2$ 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

---

[1]) l. c. S. 128 u. ff.

[2]) 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 Papierschirme, 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 Gaslampen, 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 Bogenlampen 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 Helligkeitsschwankungen waren lange nicht so bedeutend wie bei vielen frühern 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 rührt 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[1]) 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“[2]). Die mit diesen Versuchen betraute er-

---

[1]) l. c. S. 152 u. 153.

[2]) 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 $m^3$ 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 Kohlenstifte und Messermiete, dann ferner Abschreibung und Verzinsung.

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

Bevor der ausführliche Bericht über die Münchner 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 frühern im grünen und roten Licht mit dem weissen Karton vor, die Münchner Kommission mit der Milchglasplatte und senkrecht gestelltem Photometertubus, wodurch sich eine geringere Helligkeit der mittlern Plätze bei unsern 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 Münchner 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 Münchner 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 unsern 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 unsern 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 grössere 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 unsern 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 Seziersaale 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 beizuwohnen, 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 Münchner Kommission, wenigstens mit dem einen der von ihr geprüften beiden Lampenmodelle mit umgekehrter Kohlenstellung annähernd den gleichen Helligkeitsgewinn erzielte.

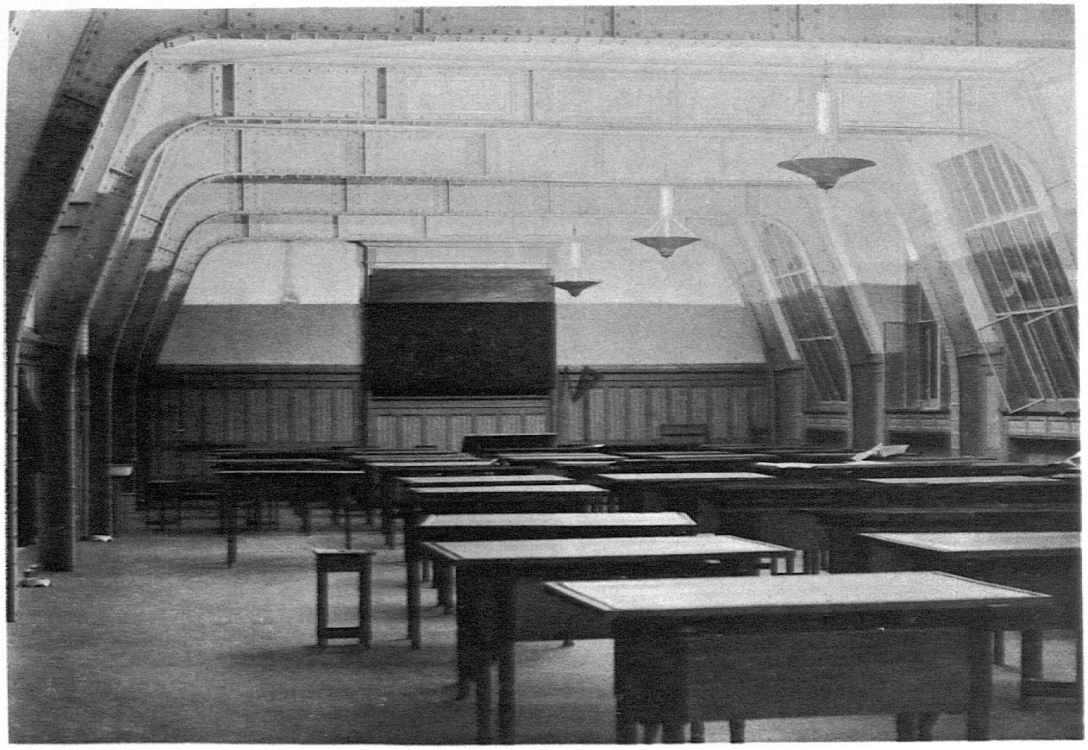
Was die Constanz des Lichtes betrifft, so brannten bei unserm Versuche die neuen Lampen allerdings nicht ganz so ruhig wie die zum Vergleich benutzten gewöhnlichen. Eigentlich störende, zuckende Schwankungen konnten wir indess nicht wahrnehmen.

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.

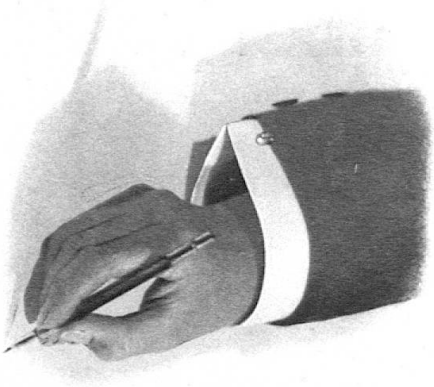
*a*



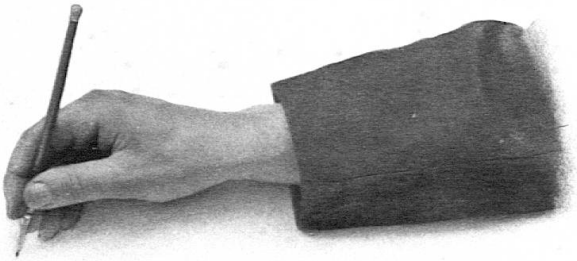
*b*

Lichtdruck von Brunner & Co., Zürich.

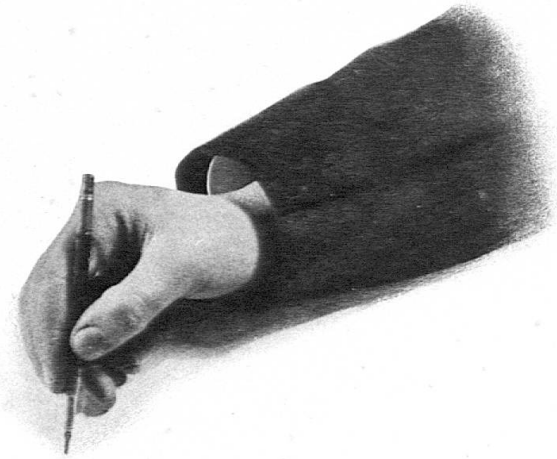
Tafel II.



1



2



3

Lichtdruck von Brunner & Co., Zürich.