V. Ueber künstliche Beleuchtung von Hör- und Operationssälen.²⁾

Von Prof. **Hermann Cohn** in Breslau.

Als Referent für die Frage der künstlichen Beleuchtung stellte ich auf dem Berliner hygienischen Congress³⁾ im Mai 1883 folgende vier Forderungen auf: das künstliche Licht darf 1) nicht unzureichend sein, 2) nicht erhitzen, 3) nicht zucken und 4) nicht blenden. Es ist bisher kein Widerspruch gegen diese Forderungen laut geworden.

Die Technik der Beleuchtung ist in den letzten zehn Jahren bedeutend fortgeschritten, so dass heute nicht mehr viel an der Erfüllung der vier Wünsche fehlt.

Sowohl durch das elektrische Licht, als durch die Regenerativgasbrenner, als durch gute Petroleumbrenner ist es möglich, Arbeitsplätze mehr wie ausreichend zu erleuchten. Für den Hygieniker handelt es sich nicht darum, wie hell es oben in einer Flamme, sondern wie hell es auf dem Arbeitstische oder an der Wandtafel ist, und dies kann leicht mit dem Weber'schen⁴⁾ Photometer in Meterkerzen bestimmt werden. Vor neun Jahren be-

¹⁾ Neuerdings sind bekanntlich bei schweren Phlegmonen die von Langenbeck eingeführten permanenten Bäder mit Irrigation auch wieder in Ehren gekommen.

²⁾ Nach einem in der hygienischen Section der schlesischen Gesellschaft am 6. Januar 1893 gehaltenen Vortrage.

³⁾ Vierteljahrsschrift des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1883.

⁴⁾ Centralzeitung für Optik und Mechanik 1883 No. 16 u. 17. — Vergl. auch mein Lehrbuch der Hygiene des Auges. Wien 1892, p. 351 ff.

reits führte bekanntlich Leonhard Weber, jetzt Professor in Kiel, den Begriff der Meterkerze (MK) ein. Er versteht darunter die Helligkeit einer Fläche, welche 1 m gegenüber von einer Normalkerze aufgestellt ist.

Die Frage, welches Minimum der Beleuchtung des Arbeitsplatzes von der Augenhygiene noch gestattet werden kann, war schwer zu entscheiden. Ich machte zur Feststellung dieser Zahl Versuche¹⁾ über die Schnelligkeit, mit welcher bei verschiedenen Beleuchtungen die Petitschrift der Zeitungen in 1 m Entfernung laut gelesen wird. Das gesunde Auge liest am Fenster bei etwa 300 MK Tageslicht durchschnittlich 16 Zeilen, ebenso bei 50 MK künstlichen Lichts. Bei 2 MK werden aber nur 6 Zeilen mühsam, bei 4 MK: 8 Zeilen, bei 8 MK: 10 Zeilen, bei 10 MK: 12 Zeilen, also dreiviertel so viel als bei gutem Tageslicht gelesen. Eine gute Beleuchtung würde mithin bei 50 MK stattfinden; ich schlug jedoch als Minimum zehn Meterkerzen vor, eine Zahl, die jetzt allgemein angenommen ist.

Die nöthigen 10 MK sind kaum unter einer Gasflamme zu finden, wohl aber unter Glocken und Schirmen, die freilich nur die Plätze dicht unter der Flamme gut oder hinreichend beleuchten, die ferneren Plätze aber dunkel lassen. Wenigstens ergaben meine Messungen²⁾ in unseren Universitäts Hörsälen, dass viele Plätze nur 1–2 MK statt 10 MK zeigten, und dabei ist noch gar nicht der Schatten der schreibenden Hand und des Körpers mit in Rechnung gezogen.

Ganz ähnliche ungünstige Verhältnisse fand neuerdings Renk³⁾ in Halle.

Wie es in dieser Beziehung in den Schulen steht, weiss man nicht. Schulärzte, welche mit dem Weber'schen Photometer diese so nothwendigen Messungen machen und die Curatoren von der Helligkeit auf den Tischen in den Abendschulen in Kenntniss setzen, giebt es meines Wissens in Deutschland nicht. Da aber im Winter auch in den Morgenstunden Gas gebrannt wird, so müssten alle Schulen auf diesen Punkt geprüft werden. Ein Schularzt ohne Photometer gleicht heutzutage einem Arzte ohne Fieberthermometer.

Um das Licht gleichmässiger auf den Tischen zu vertheilen, sind 1888 von Erismann⁴⁾ in Moskau neue Versuche angestellt worden, nachdem er gesehen, dass der Schatten des Kopfes des Schreibenden fast die Hälfte, der Schatten der Hand fast vier Fünftel des Lichtes raubt. Er brachte undurchsichtige Schirme unterhalb der Lampen an, welche das Licht nach der weissen Decke reflectirten, von wo es diffus herabkam. Allein dadurch entstand eine solche Finsterniss, dass die Tische nur noch 6 MK hatten.

Renk versuchte im vorigen Jahre gleichfalls, unter den Regenerativbrennern trichterförmige Metallreflectoren mit einem Oeffnungswinkel von 120° anzubringen, deren Licht nach der Decke ging. Dabei betrug aber der Lichtverlust auf den Tischen 60%; allerdings waren die Helligkeitsunterschiede an den verschiedenen Plätzen des Tisches unbedeutende geworden. Ein Papierschirm minderte den Lichtverlust auf 53%, ein Schirm von überfangenem Glase auf 35%; dieser liess aber wieder bedeutende Differenzen auf den einzelnen Plätzen und dunklere Schatten entstehen.

Die neueste Errungenschaft sind die interessanten, von dem Berliner Ingenieur Hrabowski erfundenen Reflectoren für Bogenlicht, die für grössere Hörsäle und meines Erachtens besonders für Operationssäle sehr empfehlenswerth sind (sie wurden von mir im physikalischen Auditorium demonstriert). Hrabowski hat zwei Reflectoren construiert, einen für Oberlicht und einen für Seitenlicht.

1. Der Oberlichtreflector. Hrabowski studierte die eigenthümliche Vertheilung des Lichtes von Bogenlampen; er fand die Menge Licht, welche in einem Winkel von mehr als 20° über den Horizontalen nach oben geht, ganz unbedeutend, nur etwa 6% (siehe Fig. 1), ebenso diejenige Lichtmenge, welche mehr als 70° unter den Horizontalen ausgesendet wird, weil da die Kohlenschatten stören. Die Lichtmenge aber, welche von der horizontalen bis 25° herabgeht, beträgt 33%, und diejenige, welche von 25–45° ausgesendet wird, beträgt 42% des Gesamtlichts. Nun construierte Hrabowski den Reflector sehr sinnreich so, dass über eine grosse, weiss gestrichene, concave Decke (siehe Fig. 2 BCDE), die fest mit der Bogenlampe verbunden ist, ein conisches Drahtgestell gestülpt wird, welches mit weissem Stoff überzogen ist (ABEF). An jener Decke hängt ein verstellbarer prismatischer Glasring (GH), der die Flamme umgiebt, und unter der Flamme hängt eine Blende mit Aschenteller aus Opalglas (L).

Die Lichtstrahlen, die von oben bis 25° Neigung kommen, werden direkt von dem conischen Reflector (ABEF) aufgefangen

und nach unten geworfen (die Strahlen sind nur nach AB gezeichnet), sie enthalten 39% des Lichtes; diejenigen von 25–45°, welche 42% Licht führen, müssen hingegen den prismatischen Glasring durchlaufen, werden von ihm auf den Mantel von weissem Stoff reflectirt (HE, HP, HS, HT, HF) und dann erst hinabgeworfen; die Strahlen endlich von 45 bis 70° = 19% des Lichtes treffen auf die Opalglasblende (L); sie gehen zum Theil nach unten durch dieselbe hindurch, zum Theil gehen sie abermals nach dem Reflector (RU, NV, MW) und fallen erst dann auf den Boden. Im Glasring gehen 10% Licht verloren; trotzdem trifft noch fast zwei Drittel des Lichtes den Reflector.

Fig. 1.

Fig. 2.

$\frac{1}{20}$ natürlicher Grösse.

Dadurch entsteht im Hörsaal und auf den Tischen ein sehr gleichmässiges, diffuses Licht.

Ich machte eine Anzahl photometrischer Messungen. Die Lampe war mit freundlicher Erlaubniss des Herrn Geh. Rath Prof. Dr. O. E. Meyer in der Mitte der Decke des physikalischen Auditoriums angebracht worden. Ein Zwillingsgasmotor im Keller trieb die Dynamomaschine. Spannungsänderungen zwischen 64–69 Volt erschwerten freilich die Lichtmessung; auch wurden nicht stets 15 Ampère, sondern mitunter 18 Ampère notirt. Daher haben die Messungen keinen absoluten Werth; immerhin sind sie aber für praktische Zwecke verwendbar.

Auf dem Experimentirtisch wurde ein bestimmter Platz in der Mitte photometriert. Wenn, wie gewöhnlich 12 Schmetterlings-Gasflammen über demselben brannten, fand sich daselbst 17 MK; wenn 19 Glühlampen von 50 Volt und 25 Ampère denselben Platz erleuchteten: 18 MK. Dagegen ergab das Mittel von 20 Messungen des Platzes, wenn die Bogenlampe mit dem Oberlichtreflector brannte, 37 MK, bei einer einfachen, freilich hinter ihr angebrachten Bogenlampe nur 16 MK.

In der Mitte 3,10 m unter dem Reflector auf dem ersten Zuhörerplatz 0,95 m über dem Boden, 65 MK, an einem anderen Tage freilich nur 48 MK.

Senkrecht unter der einfachen Bogenlampe, die nur die gewöhnliche Alabasterglocke trug, waren im Mittel von 4 Messungen 17 MK, dagegen unter dem Reflector 42 MK.

Im Saale befinden sich zwei eiserne Säulen. Bei einfachem Bogenlicht fand ich im Schatten einer solchen Säule (Zuhörerplatz No. 163) nur 1,5 MK, bei Reflector aber 2,8 MK. Sicher fand also eine Aufhellung des Schattens statt.

An der Wandtafel wurde die Helligkeit eines weissen Cartons gemessen. Gern hätte ich den Versuch völlig einwandfrei so gemacht, dass erst mit einfacher Bogenlampe gemessen, dann der Reflector über diese Bogenlampe gebracht und nun wieder gemessen worden wäre. Es war aber wegen der zeitraubenden und schwierigen Montirung des Reflectors nur möglich, hinter die Reflectorlampe eine einfache Bogenlampe zu befestigen, so dass die Entfernung der ersteren vom Carton 4,7 m, die der einfachen Bogenlampe aber 5,6 m betrug. Beim Reflector fand ich 8,1 MK, beim einfachen Bogenlicht 5,7 MK auf dem Carton. $47^2:56^2 = 22:31 = 57:81$; hieraus folgt, dass es durch den Reflector auf der Wandtafel nicht dunkler geworden als ohne Reflector. Und

¹⁾ Untersuchungen über den Beleuchtungswerth der Lampenglocken. Wiesbaden 1885, p. 65.

²⁾ Vergl. Berliner klin. Wochenschr. 1885 No. 51.

³⁾ Ueber künstliche Beleuchtung. Programm der Universität Halle 1892.

⁴⁾ Kotelmann's Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege 1888, p. 347.

das ist ein grosser Fortschritt gegenüber den früheren Versuchen von Renk und Erismann, welche bei ihren Reflectoren so grosse Lichtverluste hatten.

Hierzu kommt, dass von keinem Platze des Hörsaales der Flammenbogen gesehen werden kann, jede Blendung des Lehrers, Hörers, Operators, Assistenten also ausgeschlossen ist. Da die an sich nur ganz geringe Wärme gebende elektrische Lampe an der Decke angebracht wird, tritt auch keine Erhitzung der Köpfe ein, die leider bei den Wenham- und Butzke-Lampen so unangenehm ist. Selbst auf der letzten Bank wurden über 10 MK gefunden; das Licht der einen Lampe ist also mehr als ausreichend; es bleibt mithin nur der einzige Uebelstand, den leider noch nicht alle elektrischen Lampen überwunden haben, das ist das zeitweise Zucken. Dieses rührt zum Theil von dem unrichtigen Gange der Dynamomaschine, zum Theil von abbröckelnden Kohlentheilchen im Flammenbogen her. Durch Verbesserung an den Maschinen wird gewiss auch der letzte Wunsch der Hygieniker erfüllt werden, dass das Bogenlicht ganz ruhig brennen soll.

Der Oberlichtreflector von Hrabowski ist patentirt; das Patent besitzen Siemens & Halske. Der Preis des Reflectors schwankt nach der Grösse zwischen 100 und 120 Mark; die Lampe kostet ebensoviel.

2. Der Seitenlichtreflector. (Figur 3.) Er besteht aus zwei schräg an der Wand und excentrisch zu einander angeordneten Reflectoren. Der Hauptreflector (ABCD) hat die Grösse eines Atelierfensters. Der kleinere

Fig. 3.

Reflector (EFGH), in dessen Mitte sich der Leuchtpunkt der Bogenlampe befindet, besteht aus verschiedenen transparentem Material. Die Hälfte des vom Leuchtpunkt ausgestrahlten Lichts (OJ, OC) gelangt nach einmaliger Reflexion vom Hauptreflector auf die zu beleuchtenden Objecte; die andere Hälfte des Lichtes (OP, OR), welche auf den Transparentreflector (FG) fällt, wird theils durchgelassen, theils von diesem auf den Hauptreflector (PL, RK) geworfen. Der grosse Helligkeitseffekt wird dadurch erzielt, dass bei der Umwandlung des directen in diffuses Licht ein nur geringer Verlust eintritt. Was durch die einmalige Reflexion und die Absorption des transparenten Glases verloren geht, wird durch die Sammlung nach der einen Seite wieder gewonnen. Der Apparat erscheint wie ein grosser Leuchtkörper, der auf allen Seiten gleich hell ist und in der Mitte eine etwas hellere Stelle hat. Durch Einlegen transparenter Glasscheiben kann die Helligkeit dieser Stelle beliebig verändert werden, so dass der Lehrer oder Künstler sich selbst die Schatten beliebig weich oder hart machen kann.

Meine Messungen bei diesem, ebenfalls sehr interessanten Reflector, lassen sich mit denen des Oberlichtreflectors nicht vergleichen, da hier nur eine 9 Ampère-Bogenlampe zur Verfügung stand. Das Licht war also viel geringer; doch kann das natürlich durch stärkere Lampen vermehrt werden. Die Spannung schwankte zwischen 45—48 Volt in der Lampe und zwischen 96—98 Volt in der Dynamomaschine; bald wurden 8, bald 9 Ampère notirt. Ich fand 1,7 m von der Lampe (Durchschnitt von 3 Messungen) 11,6 MK; 4,1 m entfernt noch 7,8 MK und in 10 m auf der gegenüberliegenden Wand 1,3 MK.

Das Licht fällt schräg von oben, wie Tagesatelierlicht, ist diffus, blendet nicht und giebt weiche Schatten. Bei Tageslicht hat man am Fenster 100 mal so grosse Helligkeit, wie an der gegenüberliegenden Wand; ich fand allein in 2 m Entfernung nur 9 mal so viel Licht als an der 10 m entfernten Wand (11,6 MK: 1,3 MK). Diese Beleuchtung eignet sich daher weniger für Hör- und Operationsäle, als für Zeichensäle, Museen u. s. f. und ist bereits in solchen in Berlin eingeführt.

Herr Dr. Ernst Heilborn in Berlin sendete mir auch eine ausgezeichnete Photographie, die er mit diesem Lichte aufgenommen; freilich waren 12 Minuten Expositionszeit nöthig.

Der Seitenlichtreflector von Hrabowski ist ebenfalls patentirt. Das Patent besitzt die Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft in Berlin. Der Preis schwankt zwischen 174 und 250 Mark.

Für Hör- und Operationsäle würde ich den Oberlichtreflector vorziehen. Es wäre zu wünschen, dass derselbe in allen Universitätsanstalten eingeführt würde; freilich müssten die Techniker sowohl das elektrische Licht, als die Reflectoren etwas billiger herstellen!