

# Über strahlende Energie.

Von

**Dr. Gottlieb Adler.**

---

Vortrag, gehalten den 25. Januar 1893.



Energie schreiben wir einem Körper dann zu, wenn er vermöge irgend einer ihm innewohnenden physikalischen Eigenschaft die Fähigkeit besitzt, Arbeit zu leisten oder, was im physikalischen Sinne hiemit gleichwertig ist, Wärmewirkungen hervorzurufen.

Je nach der Art jener physikalischen Kraft, der sie verdankt ist, unterscheiden wir verschiedene Formen der Energie. Besitzt ein Körper beispielsweise Arbeitsfähigkeit vermöge des Magnetismus oder der Elektrizität, welche ihm innewohnt, dann nennen wir diese Energie „elektrische oder magnetische Energie“.

In vielen Fällen verdankt der Körper seine Arbeitsfähigkeit der Bewegung, in der er als Ganzes begriffen ist; solcher Art ist z. B. die Arbeitsfähigkeit, die ein geworfener Stein, eine losgeschossene Kugel, ein rasch dahinfließender Strom, der Wind besitzt. Wir bezeichnen diese Energieform als Bewegungsenergie.

Unter strahlender Energie nun verstehen wir jene Arbeitsfähigkeit, welche die Licht- und Wärmestrahlen besitzen, welche leuchtende, beziehungsweise warme Körper aussenden. Dass diesen Strahlen Energie innewohnt, geht schon aus der Thatsache allein hervor,

dass sie den Körper, auf welchen sie auffallen, zu erwärmen im Stande sind, und gerade der Betrag der Erwärmung, welchen sie an diesem Körper in einer bestimmten Zeit zu erzielen vermögen, ist das Maß für die Energie, welche diese Strahlen enthalten.

Über das Wesen der strahlenden Energie haben die Physiker sich eine Hypothese zurechtgelegt. Nach dieser ist die strahlende Energie eine Art von Bewegungsenergie, verursacht durch außerordentlich rasche und vollkommen regelmäßig wiederkehrende schwingende Bewegungen eines unwägbaren feinen Körpers, des Äthers, der den leeren Weltraum wie die Gesamtheit der Körper durchdringt.

Je nach der Anzahl der Schwingungen, welche die Äthertheilchen eines Strahles in einer Secunde vollziehen, unterscheidet man verschiedene Sorten von Strahlen, und je nach dieser Anzahl ist auch der Eindruck verschieden, den sie auf unsere Sinnesorgane machen. So lange ihre Anzahl unter 400 Billionen in der Secunde bleibt, so lange wirken sie lediglich auf unseren Gefühlssinn, wir bezeichnen sie dann als „dunkle Wärmestrahlen“. Übersteigt die Anzahl der Schwingungen jedoch 400 Billionen in der Secunde, dann empfinden wir diese Strahlen nicht bloß als Wärme, auch unser Auge wird von ihnen afficiert, und wir bezeichnen sie als „Lichtstrahlen“.

In den letzteren ist die Anzahl der Schwingungen der Äthertheilchen bestimmend für den Farbeindruck, den sie auf das Auge hervorbringen. Jene Lichtstrahlen,

in welchen die Schwingungen am langsamsten sich vollziehen, 400—470 Billionen mal in der Secunde, empfinden wir als roth, die von 520—590 Billionen als gelb, die von 590—650 als grün, die von 650—760 als blau, endlich die raschest schwingenden von 760—800 Billionen in der Secunde als violett.

Die Wärme und Lichtstrahlung, wie sie von Körpern höherer Temperatur ausgeht, ist im allgemeinen aus den verschiedensten Strahlengattungen zusammengesetzt. Dem unsterblichen Newton, dessen 250. Geburtstag wir im Anfange dieses Monats feiern konnten, verdanken wir das Mittel, diese verschiedenen Strahlengattungen auseinanderzusortieren. Das Verfahren besteht darin, die Strahlen, die der Körper aussendet, durch einen durchsichtigen Körper bestimmter Gestalt — ein Prisma — hindurchtreten zu lassen. Bei diesem Durchgange erfahren die einzelnen Strahlengattungen je nach der Anzahl der Schwingungen, die ihre Äthertheilchen in der Secunde vollziehen, ungleichen Widerstand und nach Maßgabe dieses letzteren auch verschiedene Grade der Ablenkung aus ihrer geradlinigen Fortpflanzungsrichtung. Je größer die Schwingungszahl für einen Strahl ist, desto mehr wird er nach dem Durchtritte durch das Prisma aus seiner geraden Richtung abgelenkt erscheinen, so dass man aus dem Platze, wo man einen Strahl nach dem Austritte aus dem Prisma vorfindet, mit Sicherheit erschließen kann, was für eine Strahlengattung man vor sich hat.

Nachdem ich diesen Überblick über das Hypothe-

tische des Gebietes vorausgesendet, will ich zu jenen Erfahrungsthatfachen übergehen, welche die experimentelle Forschung der letzten acht Jahre auf diesem Gebiete zutage gefördert hat.

Grundlegend sind insbesondere die merkwürdigen Resultate geworden, zu denen der amerikanische Physiker Professor Langley gelangt ist. Zur Ausführung seiner Untersuchungen bediente er sich eines Apparates von staunenswerter Empfindlichkeit, mit welchem er bereits Erwärmungen um den millionten Theil eines Celsiusgrades nachweisen konnte; es mag nicht unerwähnt bleiben, dass ein Pittsburger Privatmann durch seine Munificenz die Ausführung dieses merkwürdigen Apparates ermöglichte.

Das Princip, auf welchem so überaus feine Temperaturmessungen beruhen, ist die außerordentliche Empfindlichkeit, mit der die elektrische Leitungsfähigkeit eines Kupferdrahtes auf eine Temperaturerhöhung reagiert.

Da die elektrische Leitungsfähigkeit des Kupfers der Temperatursteigerung streng proportional abnimmt und schon ganz geringfügige Änderungen im elektrischen Leistungsvermögen messend nachgewiesen werden können, so konnte das oben angeführte Resultat der exacten Messung von Temperaturerhöhungen um Millionentheile eines Celsiusgrades vom Langley'schen Apparate, dem Bolometer, erreicht werden.

Eine der interessantesten Untersuchungen Professor Langleys bezog sich auf die Empfindlichkeit

des menschlichen Auges für die verschiedenen Farbengattungen.

Er brachte Strahlen verschiedener Farbe auf genau die gleiche Energie; die Energiegleichheit der Strahlen konnte er leicht dadurch controlieren, dass sie in derselben Zeit, etwa 1 Minute, den Kupferdraht seines Bolometers um den gleichen Betrag erwärmen mussten. Es stellte sich nun heraus, dass die verschiedenfarbigen Strahlen trotz absoluter Gleichheit der in ihnen enthaltenen Energie vom Auge als ungleich intensiv empfunden und beurtheilt wurden.

Langley fand als Mittelwert von Resultaten, die vier verschiedene Beobachter erhielten, die folgenden Zahlen. Bezeichnet man den Helligkeitseindruck, den ein Strahl von bestimmter Energie und von carmoisinrother Farbe macht, mit 1, dann macht ein kirschrother Strahl derselben Energie den Eindruck einer 1200mal größeren Helligkeit, ein gelber den einer 28.000fachen, ein grüner den einer 100.000fachen Helligkeit. Von hier nimmt der Eindruck aufs Auge ab; ein blauer Lichtstrahl wirkt 62.000 mal, ein violetter 1600 mal heller als der carmoisinrothe gleicher Energie.

Anders ausgedrückt besagen diese Zahlen, dass das Auge für die verschiedenen Farbengattungen ungleich empfindlich ist, am empfindlichsten für die grünen, am unempfindlichsten für die dunkelrothen, und ziffernmäßig ausgedrückt: das menschliche Auge ist für die grüne Farbe 100.000mal empfindlicher als für Carmoisinroth.

Eine zweite Versuchsreihe Professor Langleys erstreckte sich auf die dunkle Wärmestrahlung, wie sie von Körpern ausgeht, deren Temperatur zwischen  $200^{\circ}$  und  $0^{\circ}$  C. gelegen ist.

Bei diesen Untersuchungen durfte Langley die Sortierung der Strahlen nicht durch ein Glasprisma vornehmen, sondern durch ein Prisma aus Steinsalz. Denn Glas lässt von der Strahlung wohl die für das Auge wirksamen Strahlen ausnahmslos nahezu ungeschwächt durch, gegen die dunklen Wärmestrahlen aber verhält es sich geradezu wie ein absolut undurchsichtiger Körper, es verwehrt diesen Strahlengattungen den Durchgang vollständig. Ich möchte nebenbei erwähnen, dass auf eben dieser Eigenschaft des Glases die mit unseren Glashäusern beabsichtigte Wirkung beruht. Ihre Glasbedachung gestattet der Sonnenstrahlung ungehinderten Zutritt zu den Gewächsen; wenn aber zur Nachtzeit der Boden seine Wärme — ausschließlich dunkle Wärme — in den Weltraum zu strahlen strebt, dann verwehrt die Glasbedachung diesen Strahlensorten den Austritt zur Gänze.

Nicht ohne Interesse ist, dass Langley bei seinen Untersuchungen fand, dass das genaue Gegenspiel des Glases — der Ruß biete, insofern als er den sichtbaren Strahlen den Durchgang fast völlig verwehrt, den dunklen hingegen fast gänzlich gestattet. Eine Rußschichte, die er auf einer Steinsalzplatte in solcher Dicke anbrachte, dass sie nur mehr 1 Procent der leuchtenden Strahlen durchließ, gestattete noch  $90\%$



der dunklen Wärmestrahlung den Durchgang. Nur Steinsalz erweist sich als in gleichem Maße für die sichtbare wie für die dunkle Strahlung durchgängig.

Mit Hilfe eines Steinsalzprismas zerlegte so Langley die Strahlung, wie sie von dunklen Körpern verschiedener Temperaturen im Intervall von 0—300° C. ausgesendet wurde, in die verschiedenen in derselben enthaltenen Strahlensorten. Er fand zunächst das übrigens vielfach früher vermuthete Resultat, dass mit dem Ansteigen der Temperatur eines Körpers zu der ursprünglich von diesem ausgesendeten Strahlung neue Strahlengattungen hinzutreten, welche stärker vom Prisma abgelenkt werden, in denen also die Schwingungen der Äthertheilchen rascher erfolgen als in den ursprünglichen Strahlensorten.

Bei einer gewissen Temperatur, die übrigens nach Untersuchungen von Weber in Zürich für die verschiedenen Substanzen verschieden ist und ungefähr 400° beträgt, treten zuerst jene Strahlengattungen zur Strahlung hinzu, die das Auge zu afficieren vermögen, und zwar ist diese erste Spur von Licht, wie sie nur ein geschontes Auge in einem sonst ganz abgedunkelten Raume wahrzunehmen vermag, ein Nebelgrau. Erst bei 525° sind die Strahlengattungen, deren Schwingungen vermöge ihrer hohen Anzahl in der Secunde das Auge zu erregen im Stande sind, so stark, dass sie auch ohne jede weitere Vorkehrung vom Auge empfunden werden können, und da unter ihnen die rothen Strahlen die größte Intensität besitzen, so ist der ge-

sammte Farbeneindruck auf das Auge roth. Mit weiterhin steigender Temperatur treten die Strahlengattungen immer höherer Schwingungszahlen hinzu, bis endlich bei der Temperatur von  $1165^{\circ}$  C. die leuchtenden Strahlen aller Sorten in der Strahlung enthalten sind, ihre Farbe vom Auge als Weiß beurtheilt wird.

Die größte Aufmerksamkeit verwendete Langley darauf, unter jenen Strahlensorten, in welche ihm das Steinsalzprisma die Strahlung dunkler Körper auflöste, jene Strahlengattung ausfindig zu machen, welcher die größte Energie innewohnte, welche den Draht seines Bolometers also innerhalb der Zeiteinheit von 1 Minute am stärksten zu erwärmen vermochte. Auch rücksichtlich dieses Maximalstrahles, wie wir ihn kurz nennen wollen, fand er, dass derselbe einer um so stärker ablenkbaren Strahlensorte, einer Strahlengattung also von um so höherer Schwingungszahl angehörte, je höher die Temperatur des die Strahlung aussendenden Körpers war. Und da Langley durch das eingehende Studium der dunklen Strahlensorten sich in den Stand gesetzt hatte, aus dem Grade der Ablenkung, den eine Strahlengattung beim Durchgange durch das Prisma erfahren hat, genau zu erkennen, was für eine Strahlensorte er vor sich hatte, war es für ihn ein Leichtes, aus dem Platze, wo er in der zerlegten Strahlung den Maximalstrahl vorfand, genau zu beurtheilen, welcher Schwingungszahl derselbe zugeordnet sei.

Er fand, indem er die Strahlung, die die beleuchtete Mondscheibe uns zusendet, in ihre Strahlen-

gattungen zerlegte, zwei Strahlen größter Intensität in derselben: den einen an der gleichen Stelle, wo auch das Sonnenlicht seinen Maximalstrahl aufweist, im gelbfarbigen Lichte; der andere Maximalstrahl aber war ein dunkler Wärmestrahle, und zwar genau derselbe, der auch in jener Strahlung, welche Eis aussendet, als der intensivste Strahl sich erweist. Langley schloss hieraus, dass die Temperatur der von der Sonne beschienenen Mondoberfläche zwischen  $0^{\circ}$  und  $-20^{\circ}$  C. gelegen sein müsse. Sie ersehen aus diesem Beispiele, von wie weittragender Bedeutung nicht bloß für rein physikalische Fragen Langleys Untersuchungen sind.

Aber auch nach rein praktischer Hinsicht haben Langleys Untersuchungen überaus wichtige Aufschlüsse angebahnt, insbesondere über die Bewertung der von uns verwendeten künstlichen Lichtquellen.

Von vorneherein klar ist, dass wir mit einer künstlichen Lichtquelle in erster Linie den Zweck verfolgen, das Local, in dem sie angebracht wird, zu beleuchten. Leider haben alle unsere Lichtquellen noch einen anderen Effect, den wir nicht bezwecken, den nämlich, dass sie auch das Local erwärmen. Es ist aber klar, dass der Wert einer künstlichen Lichtquelle wesentlich darnach wird beurtheilt werden müssen, ein wie großer Percentsatz der Energie der Strahlung, welche diese Lichtquelle aussendet, auf unser Auge einen Effect machen kann. Denn die dunklen Wärmestrahlen, welche die sichtbare Strahlung begleiten, bilden eine in den meisten Fällen sogar als lästig empfundene, für

den erstrebten Zweck völlig wertlose Beigabe. Man bezeichnet daher — und ich möchte der Kürze halber diese Bezeichnung für die Hinkunft beibehalten — als Effect einer Lichtquelle jenen Procentsatz, den die Energie der sichtbaren Strahlen von der Gesamtenergie der Strahlung, welche überhaupt von der Quelle ausgeht, bildet.

Langley hatte zur Erreichung dieses Resultates die Energie aller einzelnen Strahlensorten, welche die Lichtquelle aussendet, bestimmt. Ein viel einfacheres Verfahren, diesen Procentsatz und damit den Effect der Lichtquelle zu bestimmen, ist von Rogers eingeschlagen worden. Man lässt auf den Kupferdraht des Langley'schen Bolometers einen schmalen Lichtstrahl von der Lichtquelle direct auffallen; es wird dann durch diesen der Kupferdraht in einer bestimmten Zeit, etwa in einer Minute, um einen bestimmten Betrag erwärmt, und dieser Betrag ist also das Maß für die Gesamtenergie, die dem Strahle innewohnt.

Das zweitemal aber lässt man denselben Lichtstrahl, bevor er auf den Kupferdraht auffällt, durch einen mit Alaunlösung gefüllten Glastrog hindurchgehen. Da Glas und Alaunlösung den dunklen Wärmestrahlen den Durchgang absolut verwehren, wird der Lichtstrahl bei diesem Durchgange seiner dunklen, lediglich wärmewirkenden Bestandtheile gänzlich entledigt. Der Lichtstrahl, wie er nunmehr auf den Kupferdraht fällt und diesen erwärmt, enthält nur mehr die für das Auge wirksamen Strahlen, die Lichtstrahlen, und die in diesem zweiten Falle in

derselben Zeit, einer Minute, erzielte Erwärmung des Kupferdrahtes ist sonach das Maß der Energie, welche den Lichtstrahlen für sich innewohnt. Das Verhältnis der in beiden Fällen in der Minute am Kupferdrahte erzielten Erwärmungen gibt also unmittelbar den Procentsatz, welchen die Energie der leuchtenden Strahlen von der Gesamtenergie der Strahlung bildet, mithin den Effect der untersuchten Lichtquelle.

Professor Langley und nach ihm eine Reihe anderer Forscher hat die verschiedenen gegenwärtig in Verwendung stehenden Lichtquellen dieser Untersuchung unterworfen, und das hiebei zutage getretene Ergebnis ist ein im höchsten Grade überraschendes. Es ergab sich der Lichteffect

bei der Kerzenflamme zu . . . . .	1·5%
„ „ Petroleumlampe zu . . . . .	2%
„ „ Gasflamme (Argandbrenner) zu . . . . .	2·4%
„ „ elektrischen Glühlampe zu . . . . .	6%
„ „ elektrischen Bogenlampe zu . . . . .	8—10%.

Es besagen diese Ziffern, dass z. B. von der Strahlung, die ein Gasbrenner aussendet, nur 2·4% ihrer Totalenergie fähig ist, auf unser Auge einzuwirken, über 97% hingegen lediglich der unbeabsichtigten Erwärmung des Raumes dienen. Mit anderen Worten ausgesprochen: „Alle unsere Beleuchtungsvorrichtungen, auch das elektrische Licht, heizen ein Local mehr als sie es beleuchten.“

Andererseits gibt die vorstehende Definition des

Effects einer Lichtquelle auch eine präzise Fassung dessen, was wir als Ideal einer künstlichen Lichtquelle bezeichnen müssen. Unzweifelhaft wäre dies eine Lichtquelle, welche lediglich sichtbare Strahlen aussendet, die von keinerlei dunklen Wärmestrahlung begleitet wäre, eine Lichtquelle, in der die gesammte vorhandene strahlende Energie lediglich zur Erregung der für das Auge wirksamen Strahlen verwendet wird, während die dunklen Wärmestrahlen gänzlich unerregt bleiben.

Ich möchte das hienach für die Beleuchtungstechnik sich ergebende Problem an dem etwas trivialen Beispiele jener Vorrichtungen veranschaulichen, welche bestimmt sind, von außen her in das Innere des Hauses, etwa in die Portierswohnung, ein Signal gelangen zu lassen. Früher waren zu diesem Zwecke an den Hausthoren schwere eiserne Klopfer angebracht, die mit großem Kraftaufwande gehoben werden mussten, und die man dann gegen das Thor niederfallen ließ. Sie setzten hiebei die bei ihrer Hebung aufgewendete Energie in einen Schall um, stark genug, den Portier zu wecken, aber andererseits auch, alle übrigen Personen des Hauses über die Absicht hinaus zu alarmieren.

Unzweifelhaft ist unsere gegenwärtige SignalisierungsVorrichtung, der Glockenzug, ungleich zweckmäßiger; er gestattet mit ungleich geringerem Aufwande von Energie die bestimmte Person in Bewegung zu versetzen, alle übrigen aber vollkommen unbehelligt zu lassen.

Ähnlich fasst sich das Problem einer idealen Beleuchtungsquelle dahin: Alle zur Disposition stehende Energie lediglich zur Erregung jener bestimmten Strahlensorten, für welche unser Auge empfindlich ist, zu verwenden, alle übrigen Strahlensorten, die dunklen Wärmestrahlen, völlig unerregt zu lassen.

Ist nun dieses Ideal erreichbar? Professor Langley konnte diese Frage nicht nur bejahen, er vermochte den Nachweis zu liefern, dass dieses Ideal erreicht ist, dass die Natur das der Beleuchtungstechnik gestellte Problem an einem Leuchtkäfer *Pyrophorus noctilucus* gelöst hat, einem auf Cuba vorkommenden Insecte von 37 mm Länge und 11 mm Breite, das ein Licht ähnlich dem unseres Johanniskäferchens aussendet. Eine von Langley und Very vorgenommene Analysierung dieses Lichtes ergab, dass demselben begleitende dunkle Wärmestrahlen gänzlich fehlten, dass es also thatsächlich der Definition der idealen Lichtquelle entspreche.

Aber noch mehr! Die Zerlegung des vom *Pyrophorus* ausgesendeten Lichtes durch das Prisma lehrt, das dasselbe nahezu ausschließlich aus grünen und gelben Farbenstrahlen zusammengesetzt ist, aus jenen Farbensorten, für welche, wie wir eingangs gesehen, das menschliche Auge wenigstens am empfindlichsten ist. Das Licht des *Pyrophorus* ist also das denkbar ökonomischeste, und sein Effect wird mit  $\frac{1}{400}$  jener Energie erzielt, die bei Anwendung einer Kerzenflamme hiezu nothwendig wäre.

Wir wollen jetzt die Frage noch behandeln, welche Wege die Beleuchtungstechnik eingeschlagen hat, sich dem in so präciser Weise definierten Ideale einer künstlichen Lichtquelle zu nähern.

Ein erster Weg ist auf Grund folgenden Gedankenganges eingeschlagen worden. Alle Beleuchtungsvorrichtungen mit Ausnahme des elektrischen Lichtes basieren auf der hohen Temperatur, die durch die Verbrennung von Gasen entsteht. Trotz ihrer hohen Temperatur leuchtet aber die Flamme verbrennender Gase ganz außerordentlich schwach. Leuchtend wird die Flamme erst durch die Anwesenheit kleiner, fester Kohlentheilchen, die in ihr schweben und durch ihre hohe Temperatur ins Glühen kommen. Was also in der Kerzenflamme, in der Petroleumflamme, in der Gasflamme eigentlich leuchtet, sind lediglich die in den verbrennenden Gasen schwebenden und durch ihre Hitze ins Glühen gebrachten Kohlentheilchen. Es liegt nun das Experiment nahe, die hohe Temperatur der verbrennenden Gase zum Erglühenmachen anderer Substanzen als des Kohlenstoffes zu verwenden, von Substanzen, welche, wie z. B. Magnesium, das bei seiner Verbrennung ein Licht vom Effect 13·5% entwickelt, durch ihre physikalischen Eigenschaften eine Erhöhung des Lichteffects verbürgen.

Auf diesem Gedankengange basiert das Ihnen allen bekannte Auer'sche Gasglühlicht. In diesem wird durch die Hitze des verbrennenden und an sich sehr schwach leuchtenden Gases — Leuchtgas oder



Wassergas — ein Gemenge von Erdarten, die Magnesium, Cer und Lanthan enthalten, mit denen der Leuchtkörper, ein Gewebe aus Organtine, durchtränkt ist, zum Glühen gebracht. Über den fraglos ziemlich hohen Lichteffect des Auer'schen Glühlichtes liegen aber Zahlenwerte nicht vor.

Ein zweiter Weg, der zur Erreichung des Beleuchtungsideals eingeschlagen worden, basiert auf der Lichterscheinung der sogenannten Geißler'schen Röhren. Lässt man durch diese Glasröhren, welche mit sehr verdünnten Gasen erfüllt sind, etwa mit Hilfe eines Ruhmkorff'schen Inductionsapparates elektrische Entladungen sich vollziehen, so entwickeln die Gase hiebei ein Licht, dessen Farbe von der Natur des Gases abhängig ist. Von diesem Lichte vermochte nun Prof. Staub in Zürich nachzuweisen, dass ihm ein Effect von 34<sup>0</sup>/<sub>0</sub> zukomme, dass also in diesem Lichte 34<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Gesamtenergie seiner Strahlung von Wirksamkeit für unser Auge sind, also nahezu 6 mal mehr als im elektrischen Glühlichte. Es hat infolge dessen einer der bedeutendsten amerikanischen Elektrotechniker, Nicolaus Tesla, eine außerordentlich große Anzahl von Versuchen nach der Richtung unternommen, sehr verdünnte Luft, die in Glasröhren eingeschlossen ist, durch außerordentlich rasch aufeinanderfolgende elektrische Ladungen und Entladungen zum Leuchten zu bringen. Die überaus glänzenden nach dieser Richtung erzielten Resultate ermuthigten ihn zum Ausspruche, dass auf diesem Wege die Zukunft der Straßen-

beleuchtung zu suchen sei. Indes ist es wohl rathsam, weitere Ergebnisse der einschlägigen Versuche abzuwarten.

Wie hoch man seit jeher die culturelle Bedeutung der künstlichen Erzeugung des Lichtes angeschlagen hat, dafür bietet die Verherrlichung, die ihre Erfindung in der Prometheussage gefunden, einen offenkundigen Beleg. Auch die Culturhöhe unserer Zeit illustriert man gerne und häufig mit dem Aufschwunge, den unser Beleuchtungswesen erreicht hat, aus den Anfängen des brennenden Kienspanes, über Öllampe und Gasflamme hinweg bis zum elektrischen Lichte. Die vorstehend auseinandergesetzten Untersuchungen über die strahlende Energie aber zeigen, wie wenig berechtigt unser Selbstgefühl auf diesem Gebiete derzeit noch ist.

Sie lehren, dass in der exacten, aber nüchternen Sprache der Ziffern ausgedrückt unsere moderne Beleuchtungstechnik an Stelle des Lichteffectes von  $1\frac{5}{10}\%$ , welcher in der Öllampe erreicht war, bis nun im elektrischen Lichte einen Lichteffect von  $8\%$  der gesammten strahlenden Energie zu erzielen vermochte. Zwischen den sehr bescheidenen Ziffern 1 und 8 bewegt sich somit die Gesammtheit der Fortschritte der künstlichen Beleuchtung im Laufe der Jahrhunderte, und es ist ersichtlich, ein wie großer Spielraum dem menschlichen Erfindungsgeiste auf dem Gebiete der Beleuchtungstechnik noch gegeben ist.

---