MIKROSKOPIE
ZENTRALBLATT FÜR MIKROSKOPISCHE FORSCHUNG UND METHODIK
Hauptschriftleitung Dr. Alfred Grabner · Verlag Rudolf Hans Hammer
WIEN VI, LINKE WIENZEILE 36 TEL. A 32 0 84
Band 1 *1946* *Heft 3/4* *Seite 73—136*

AKTUELLE PROBLEME DER OPTIK

Von PROF. SERGEJ IWANOWITSCH WAWILOW
(Präsident der Akademie der Wissenschaften der UdSSR)

In der UdSSR machte die Lichttechnik und deren praktische Anwendung in den letzten Jahren eine ungeheure Entwicklung durch, und viele neue optische Geräte wurden geschaffen, wobei allerdings die Lichttechnik noch nicht so wie die Elektrotechnik und die Wärmetechnik auf einen einheitlichen Nenner gebracht werden konnte.

Die Lichttechnik zerfällt heute in drei Gebiete: in die Sehtechnik („Optotechnik"), die Beleuchtungstechnik und die Bildtechnik („Fototechnik").

Die Sehtechnik umfaßt die allgemein bekannten Entfernungsmesser, Theodolite, Binokel, astronomische und terrestrische Fernrohre, Zielfernrohre, Periskope, Mikroskope, Spektralgeräte und schließlich die gewöhnlichen Brillen.

In die Beleuchtungstechnik fällt alles, was mit der Beleuchtung zusammenhängt: Lampen, Beleuchtungsarmaturen und Beleuchtungsgeräte, die Scheinwerfertechnik und die verschiedensten Fragen der Lichttarnung.

Die Bildtechnik umfaßt das unermeßliche Gebiet der Fotografie und der Kinematografie, das Fernsehen und vieles aus der Reproduktionstechnik.

Alle diese Methoden und Geräte helfen das menschliche Auge zu vervollkommnen. Deshalb bildet die physiologische Optik, d. h. die Wissenschaft vom Auge, das theoretische Fundament der Lichttechnik sowie der physikalischen Lehre vom Licht. Für die moderne Lichttechnik ist allerdings charakteristisch, daß die Verwendung von Geräten und Mechanismen, die das Auge nicht zur unbedingten Voraussetzung haben oder von ihm überhaupt unabhängig sind, stetig zunimmt. In diesem Zusammenhange wären zu erwähnen: Fotoelemente, Fotometer, Spektralfotometer, Interferometer und ähnliche Geräte, die auch automatisch, d. h. ohne Zuhilfenahme des Auges wirkend, gebaut werden. Dabei muß aber gesagt werden, daß die visuelle Beobachtung

trotzdem immer von größter Bedeutung sein wird und sich ständig weiterentwickelt. Im folgenden werden wir uns nur auf sie beschränken.

Man kann auf Grund der Ergebnisse der letzten Jahre bereits einige Entwicklungseinrichtungen der „Seh"-Technik des Lichtes überblicken. Vor noch ganz kurzer Zeit galt als unbestritten, daß sich der Entwicklung der Sehoptik die „Grenze des Auflösungsvermögens" als ein unüberwindliches Hindernis entgegenstellt. Man betrachtet es als aussichtslos, ein Bild von Körpern, deren Ausmaße beträchtlich unter der Länge der Lichtwellen liegen, zu erhalten.

Auf der Suche nach einem Ausweg aus dieser Sackgasse begannen die Wissenschafter Strahlen kürzerer Wellenlänge, wie ultraviolette Strahlen und Röntgenstrahlen, zu verwenden. Wohl stieß man auch hier auf ungeheure Schwierigkeiten, aber wenn auch deren Umgehung noch nicht vollständig gelang, so zeichnen sich doch bereits Möglichkeiten für deren Überwindung ab. Hier liegt eine der wichtigen, zukünftigen Aufgaben der Optik. Zugleich eröffnete sich auch ein Weg für die Überwindung der „Grenze des Auflösungsvermögens", der im wesentlichen wohl bereits lange bekannt war, dem man aber bisher nicht die notwendige Aufmerksamkeit zugewandt hatte.

Das Bild eines Gegenstandes kann man durch Sammlung der von ihm ausgehenden Lichtstrahlen erhalten. Aber auch die von einem Gegenstande ausgehenden elektrisch geladenen Teilchen, wie Elektronen und Ionen, können durch elektrische oder magnetische Kraftfelder gesammelt werden. Und solche gesammelte elektrische Teilchen können ein sichtbares Bild des Gegenstandes geben, wenn sie auf eine Fotoplatte oder auf eine fluoreszierende Fläche fallen. Darin besteht das Prinzip der „Elektronenoptik". Auf dieser beruht ein besonders bemerkenswertes, modernes optisches Gerät, das „Elektronenmikroskop". In der jüngsten Zeit wurden verschiedene Modelle solcher Apparate geschaffen, die sowjetrussischen, amerikanischen, französischen und englischen Ursprungs sind. Sie unterscheiden sich nur in Details voneinander und sind recht komplizierte Geräte, die trotz ihrer Güte auch Mängel aufweisen. Jedenfalls bewähren sie sich nur für die Lösung eines beschränkten Aufgabenkreises und müssen in den allernächsten Jahren stark verändert und vervollkommnet werden. Aber schon bisher konnte mit Hilfe des Elektronenmikroskops gar manches sichtbar gemacht werden, was vorher grundsätzlich unsichtbar war. Die Virus, welche mit gewöhnlichen Mikroskopen nicht zu unterscheiden sind, wurden mit dem Elektronenmikroskop klar sichtbar, und man konnte auch bereits Beobachtungen über die Konturen einzelner Großmoleküle anstellen. Besteht aber auch Hoffnung, den inneren Aufbau eines Moleküls sichtbar zu machen? Man müßte zu diesem Zwecke das Molekül sozusagen „gefrieren" lassen, d. h. die Schwingungsbewegung und die Drehung seiner Atome als Ganzes aufhalten. Das ist bis zu einem gewissen Grade durch größte Annäherung an den absoluten Nullpunkt möglich. Damit besteht die Aussicht, daß mit Hilfe des Elektronenmikroskops in nicht allzu ferner Zeit nicht nur Moleküle, sondern auch Atome beobachtet, „gesehen" werden können.

Wenn das Elektronenmikroskop die Möglichkeit schafft, Moleküle und Atome, die sich um uns befinden, zu sehen, könnte man nicht auch ein „Elektronenteleskop" für die Beobachtung der Sterne und der Sonne bauen? Die Konstruktion eines solchen „Elektronenteleskops" ist leider undurchführbar, weil die von den Himmelskörpern zur Erde geschleuderten Elektronen sich in der Atmosphäre außerordentlich zerstreuen, die Erdatmosphäre ist für die Elektronen ein „trübes" Medium. Hier wird die Hilfe der Fernsehtechnik einsetzen.

Die Grundidee der Bildfunksysteme besteht in der Umformung eines räumlichen Nebeneinander heller und dunkler Stellen eines Körpers in ein zeitliches Nacheinander von Signalen wechselnder Stärke. Diese werden durch Radiowellen oder auf Leitungswegen ausgesandt. Am Empfangsort wird dann die zeitliche Aufeinanderfolge wieder in eine räumliche Aneinanderreihung rückgeformt. Die mögliche Intensität einer Bildfunkeinrichtung hängt nicht von der Entfernung ab, sondern nur von den Elementarzellen, auf welche das Bild bei der Umformung in die zeitliche Aneinanderreihung projiziert wird. Die Minimalgröße dieser Zellen hängt aber wieder von der Wellenlänge jener Strahlen ab, welche die zeitlich aufeinanderfolgenden Bildfunksignale liefern. Das Fernsehen erschließt der Optik bisher ungeahnte Möglichkeiten. Vor kurzem gelang es in den USA, Radiosignale nach dem Mond abzugeben und die vom Mond zerstreuten Radiorückstrahlen wieder aufzufangen. Das Fernsehprinzip gibt demnach die grundsätzliche Möglichkeit, durch ein von der Erde auf die Mondoberfläche gerichtetes konzentriertes Radiowellenbündel wiederum auf der Erde ein Bild des Mondes zu erhalten. Allerdings gibt es bis heute noch keine Möglichkeit, Radiokurzwellen in einem sehr dünnen Bündel auf der Mondoberfläche zu konzentrieren. Daher bewahrt vorläufig das durch ein gutes Teleskop erhaltene Mondbild noch immer seinen Vorrang gegenüber der aufgezeigten Möglichkeit eines Fernseh-Mondbildes, obwohl auch in dieser Hinsicht schon zweifellos große Erfolge erzielt wurden. Selbstverständlich ist die Anwendung des Fernsehprinzips auch dadurch beschränkt, daß das „Senden" und der „Empfang" synchronisiert sein müssen. Das ist nun wohl auf der Erde möglich, in bezug auf Himmelskörper wird aber das Fernsehen wahrscheinlich noch lange dem Gebiet der Phantasie angehören.

Was die zweite große Schwierigkeit, die sich auf dem Gebiete der Optik während drei Jahrhunderten seit der Zeit Galileis zeigte, anlangt, so ist die Notwendigkeit, die „Lichtstärke" des Gerätes, d. h. die von der Eingangsöffnung des Gerätes erfaßte Lichtmenge, zu vermehren. In den letzten Jahrzehnten zeigte sich schon, daß auch die gewöhnliche, die „klassische" Optik, durch die Vervollkommnung der Berechnungsmethoden optischer Systeme, durch die Überwindung einiger „Schein"-Hindernisse, die gleichsam ein unüberwindliches „Halt" geboten und durch die Vereinigung von dioptischen und katoptischen Systemen auf dem Wege zu lichtstarken und weiterwinkeligen Geräten zu großen Erfolgen führte. Auf diesem Gebiete wurde Bedeutendes durch sowjetrussische Arbeiten geleistet, die insbesonders von RUSSINOW

G. G. SLJUSAREW und D. S. WOLOSOW angestellt wurden. Die Entwicklung asphärischer (vor allem parabolischen) Oberflächensysteme und deren Berechnungsmethoden erweitern die diesbezüglichen Möglichkeiten ganz bedeutend. Die Erfahrung der letzten Jahrzehnte zeigt klar, daß die Möglichkeiten der klassischen Optik noch weitaus nicht erschöpft sind, und es besteht kein Zweifel, daß in den allernächsten Jahren neue Systeme entstehen müssen. Den besten Erwartungen kann man sich besonders in bezug auf die Vervollkommnung katoptischer Systeme (Reflexmikroskope, Meniskussysteme in der von D. D. MAKSUTOW u. a. geschaffenen Art) hingeben.

Bis vor kurzem beruhte die Optik fast ausschließlich auf der Anwendung sichtbarer Strahlen, welche von einem Gegenstand ausgehen und unmittelbar im Auge das Bild schaffen. Schon seit Beginn des vorigen Jahrhunderts aber erschlossen sich Möglichkeiten, auch mittels unsichtbarer Strahlen durch die fotochemischen Wirkungen derselben, durch die Lumineszenz und durch andere Erscheinungen ein sichtbares Bild zu erhalten. Auf die fotografische Platte wirken nämlich nicht nur Lichtstrahlen, sondern auch Ultraviolett- und Infrarotstrahlen, Elektronen und andere kleinste Strahlen sowie die Ultra-Schallwellen (durch Erwärmung). Daher können auch solche Strahlungsarten, entsprechend gesammelt, ein gewöhnliches, dem Auge zugängliches Bild liefern.

In der letzten Zeit arbeitete E. M. BRUMBERG im Staatlichen Optischen Institut in Leningrad bei Anwendung der Mikroskopie eine Methode fotografischer Farbbilder unsichtbarer Strahlen aus. Das Wesen dieser Methode besteht darin, daß mehrere fotografische Bilder des gleichen Objektes, die mit unsichtbaren Strahlen verschiedener Wellenlänge (z. B. Ultraviolette verschiedener Wellenlänge) erzeugt wurden, verschiedenfarbig beleuchtet, gemeinsam projiziert werden. Die Methode ist also dem bekannten Mittel der Farbfotografie, durch Zusammenlegen dreier Farbbilder, die man beim Fotografieren in drei Grundfarben (rot, grün und violett) einzeln erhielt, ein mehrfarbiges Bild zu gewinnen, ähnlich. Alle Vorzüge des Farbsehens wurden auf diese Weise auch auf unsichtbare Strahlen übertragen. Die Methode BRUMBERGs ist natürlich nicht nur auf lichtähnliche Strahlung anwendbar, und man kann mit ihrer Hilfe z. B. auch im Elektronenmikroskop Farbbilder erhalten. Dazu benötigt man nur fotografische Aufnahmen, die mittels Elektronen verschiedener Geschwindigkeit gemacht wurden.

Es ist interessant, daß die fotografische Platte keine unbedingte Voraussetzung für die Gewinnung eines sichtbaren Bildes mittels unsichtbaren Strahlen darstellt. Die Beobachtung solcher Bilder basiert auf der Lumineszenz, welche durch die unsichtbaren Strahlen hervorgerufen wird. Das dazu verwendete Gerät, ein sogenannter „elektrooptischer Umformer" verwandelt dabei die infraroten Strahlen in sichtbare. Das aus infraroten Strahlen aufgebaute Bild fällt auf eine fotoelektrisch-aktive Fläche; die infraroten Strahlen machen auf dieser Fläche Elektronen frei; unter der Wirkung eines ge-

nügend starken elektromagnetischen Feldes erhalten diese Elektronen eine bedeutende Beschleunigung und Energie; sie gelangen auf die Projektionsfläche, welche mit einer lumineszierenden Schicht (wie z. B. mit „Villemit" oder kupferhältigem Schwefelzink) bedeckt ist und erzeugen dort ein sichtbares Bild. In den letzten Jahren machte das Prinzip der elektrooptischen Umformung eine bedeutende Entwicklung durch und läßt interessante Perspektiven zu. Man hat darin ein Verfahren zur direkten Umformung beliebiger Strahlen in sichtbares Licht zur Verfügung und die Kompetenz der Optik wird durch das sichtbare Licht nur mehr in Bezug auf das endgültige Bild beschränkt, dessen Auswertung, wie zur Zeit Euklids, wohl auch für alle Zukunft immer durch das Auge erfolgen dürfte.

In der Sehtechnik ist die Frage der Empfindlichkeit des Lichtsystems von größter Bedeutung, denn das Endglied aller solcher Systeme bildet immer das Auge. Wie aber steht es mit der Lichtempfindlichkeit des Auges? In Bezug auf die Anpassung des Auges an den Grad der Dunkelheit ist sie wohl sehr groß, aber dennoch irgendwo beschränkt. Nun ist bekannt, daß die absolute Empfindlichkeit des an die Dunkelheit adaptierten Auges bei verschiedenen Personen in weiten Grenzen (etwa um das Zehnfache) schwankt. Aus dieser Tatsache dürfte sich, wie verschiedene medizinische Versuche zeigen, die Möglichkeit ergeben, die Empfindlichkeit des Auges bedeutend über das Normalmaß zu erhöhen. Allerdings scheint dieses Gebiet der Medizin und der Physiologie des Sehens bis heute noch wenig erforscht.

Die erörterten vier Fragen, die des größtmöglichen Auflösungsvermögens, der Lichtstärke, der Umformung unsichtbarer Strahlen in ein sichtbares Bild und schließlich die der Empfindlichkeit der optischen Systeme, sind die wichtigsten Probleme für die weitere Entwicklung der Lichttechnik. Wir dürfen für sie mit Recht eine aussichtsreiche Perspektive sehen, wenn auch gewisse Grenzen der realen Möglichkeiten unleugbar sind.

Ein zweiter, sehr wichtiger Entwicklungsweg der Lichttechnik, nämlich der energetische, hat in dieser Abhandlung noch keine Erwähnung gefunden. Doch soll abschließend vermerkt sein, daß die Anwendung neuer Lichtquellen, die bedeutend höhere Temperaturen als die heutigen aufweisen (und man ist berechtigt, solche für die Zukunft zu erwarten), den Menschen ein Mittel in die Hand geben wird, um manche der aufgezeigten Schwierigkeiten zu überwinden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mikroskopie - Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik

Jahr/Year: 1946/1947

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Wawilow Sergej Iwanowitsch

Artikel/Article: Aktuelle Probleme der Optik. 73-77