Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 53 (1962)

Heft: 19

Artikel: Elektrizität, elektrische Beleuchtung und vegetatives Nervensystem

Autor: Polster, H.G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916974

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: 07.01.2026

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

gelingt eine wesentliche Verringerung der Rauschzahl durch eine geeignete Transformation der sich als Raumladungswellen ausbreitenden Rauschgrössen im Strahlenerzeugungssystem vor der Einkopplung eines HF-Signals. Auf diese Weise liessen sich in Einzelfällen Rauschzahlen $F < 3$ db erreichen. Für eine reproduzierbare Fertigung einer möglichst kleinen Rauschzahl in einem grösseren Frequenzbereich kann aber nur mit Werten $F = 5...6$ db gerechnet werden, so dass der Rauschabstand durch einen Wanderfeldvorverstärker um 3...4 db vergrössert werden könnte.

Eine Vergrösserung des Rauschabstandes kann umgekehrt durch eine Erhöhung der Ausgangsleistung bei gleicher Eingangsrauschzahl erreicht werden. Im Gegensatz zur Radartechnik, die mit extrem grossen Sendeleistungen arbeitet, ist beim Richtfunk eine Erhöhung der Ausgangsleistung um 3...4 db, d. h. auf das 2 bis 3fache ohne Schwierigkeiten möglich. Der zusätzliche Aufwand ist dann auf jeden Fall kleiner als bei Verwendung einer rauscharmen Vorverstärkerstufe, besonders weil rauscharme Wanderfeldröhren hohe magnetische Gleichfelder benötigen, so dass im allgemeinen eine Verwendung periodisch permanentmagnetischer Strahlführungssysteme nicht möglich ist.

Literatur

[1] *Kleen, W.:* Einführung in die Mikrowellen-Elektronik. Teil I: Grundlagen. Zürich: Hirzel 1952.

[2] *Klein, W., J. Bretting* und *E. Meyerhofer:* Gesichtspunkte zur Dimensionierung von Wanderfeldröhren mit Tonnenmagnetfokussierung für Richtfunk. Telefunken-Röhre -(1960)38, S. 85...98.

[3] *Kaiser, R.:* Grundgeräusch-Verteilung in Richtfunksystemen mit Winkelmodulation. (I) Fernmelde-Ing. 14(1960)12, S. 1...26.

[4] *Kaiser, R.:* Grundgeräusch-Verteilung in Richtfunksystemen mit Winkelmodulation. (II) Fernmelde-Ing. 15(1961)2, S. 1...36.

[5] *Marko, H.:* Die Berechnung der Klirrfaktoren und des Klirrgeräusches für die verschiedenen Verzerrungsarten bei Vielkanal-Richtfunksystemen mit Frequenzmodulation. NTZ 10 (1957)9, S. 450...457.

[6] *Klein, W.:* Mikrowellenröhren für die Richtfunktechnik. Telefunken-Röhre -(1960)38, S. 5...36.

[7] *Bosch, B. G.* und *K. B. Niclas:* Ultra-Low-Noise Traveling-Wave Tube with Simple Electron-Gun Structure. Proc. IRE 50(1962)3, S. 324...325.

Adresse des Autors:

Jörk Bretting, Diplom-Ingenieur, Telefunken GmbH, Geschäftsbereich Röhren, Ulm (Donau), Söflinger Strasse 100 (Deutschland).

Elektrizität, elektrische Beleuchtung und vegetatives Nervensystem

Von *H. G. Polster*, Eschweiler

621.3 + 628.979 : 612.8

Das vegetative Nervensystem wird als autonom funktionierendes Reglersystem dargestellt, von dessen harmonischem Zusammenspiel in hohem Masse Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen abhängen. Bei krankhaftem oder durch Verletzung bzw. Überforderung gesetztem Versagen kann selektive Reizung des funktionsuntüchtigen Reglers mit elektrischen Strömen, deren Anstiegszeiten (Frequenzmodulation) und Reizzahlen/Sekunde beschrieben werden, die Harmonie wiederherstellen. Aber auch elektrische Beleuchtung wirkt stimulierend oder hemmend auf die Reglertätigkeit des Vegetativums, je nachdem das Licht auf den kürzer- oder längerwelligen Bereich des Sichtspektrums beschränkt wird. Es ergeben sich daraus interessante Aufgaben für Elektro- und Beleuchtungs-Ingenieure, wenn sie die Wirkungen der elektrischen Beleuchtung und der Elektrizität auf das autonome Nervensystem studieren.

Le système nerveux végétatif est décrit comme régulateur autonome, dont dépendent d'une manière très nette la santé et le bien-être de l'homme. En cas de manque de la régulation harmonique du système à cause d'une maladie ou d'une blessure, il est possible de rétablir l'harmonie au moyen d'une excitation sélective par des courants électriques dont sont exposés les caractéristiques (temps d'amplification, nombre d'impulsion par seconde). En outre, l'éclairage électrique peut stimuler ou entraver l'activité du système, suivant la longueur d'onde plus courte ou plus longue de la lumière. Il en ressort que l'ingénieur et l'éclairagiste se trouvent devant des tâches fort intéressantes en ce qui concerne les effets de l'électricité et de l'éclairage sur le système nerveux végétatif.

Das vegetative Nervensystem ist in seiner Bedeutung für den geregelten Ablauf der Lebensvorgänge im menschlichen Organismus seit langem erkannt. Aber erst in den letzten Jahrzehnten ist es als *autonom funktionierendes Reglersystem* entdeckt und systematisch erforscht worden. Man weiss jetzt, dass eine grosse Zahl von Krankheiten des Kulturmenschen auf einer Störung des harmonischen Funktionsrhythmus von Sympathikus und Parasympathikus beruhen, und gibt deshalb charakteristischen Formen pathologischer Erscheinungen Namen wie «Vegetative Dystonien» *(Mark)* und «Vegetative Depressionen» *(Lemke)*.

Es ist in der Tat eine Grundforderung für die Gesundheit des Menschen, dass die vegetative Tonisierung das Gleichgewicht aller Organtätigkeiten gewährleistet. So wird z. B. die Zahl der Herzpulse beim herzgesunden Erwachsenen durch den Sympathikus bestimmt. Sie beträgt im Normalfalle zwischen 66 und 60 in der Minute. Wenn aber bei sportlichen Leistungen oder Bergsteigen die Herzleistung mehr beansprucht wird und den Sauerstoffbedarf des Organismus nur durch eine physiologisch überhöhte Pulszahl decken könnte, schaltet das Reglersystem automatisch auf Vagotonus um: die Pulsfrequenz wird in physiologischen Grenzen gehalten. Der Parasympathikus (Vagus) vollbringt eine erstaunliche Leistung: er hemmt nicht etwa mechanisch die Schnelligkeit der Herzschläge, sondern stellt den Rhythmus der Herztätigkeit so ein, dass die Pulsfrequenz zwar gemindert wird, aber trotzdem der Kreislaufbedarf befriedigt und den erhöhten sportlichen Leistungen angepasst bleibt. Der Herzmuskel nämlich arbeitet bei jedem einzelnen Pulsschlag intensiver, er pumpt langsamer, aber wuchtiger. Er ernährt sich mit weniger Sauerstoff, weil er durch Abwandlung der Zuckeraufspaltung zusätzliche Energiequellen erschliesst. Bei Leistungssportlern und Bewohnern der Mittel- und Hochgebirge wird daher zumeist die vagotonische Herzarbeit zur Regel, weil sie von Jugend an auf die Umstellung vom einen auf den anderen Tonus angewiesen sind.

Aber nicht nur am Herzen, sondern an allen anderen Körperorganen ist das Spiel zwischen Sympathikus und Parasympathikus (Vagus) entscheidend für die Gesunderhaltung des Menschen (Fig. 1). Besteht volle Harmonie zwischen Zügler und Gegenzügler, so laufen unbewusst alle lebensnotwendigen Funktionen ordnungsgemäss in bewundernswerter Anpassung an die erforderlichen Leistungen ab: es besteht Harmonie. Disharmonie entsteht erst dann, wenn einer von beiden in seiner selbstverständlichen Ausgleichfunktion gehemmt, also krankhaft gestört ist. Dann vermag er die Harmonie zwischen Lebensablauf und Umwelteinflüssen bzw. Berufsanforderungen nicht mehr herzustellen. Man fühlt sich «indisponiert, unwohl, ausserstande zur Erledigung der gestellten Aufgaben oder zum Kampf ums Dasein».

Nachdem nun infolge des Siegeszuges der Ver-

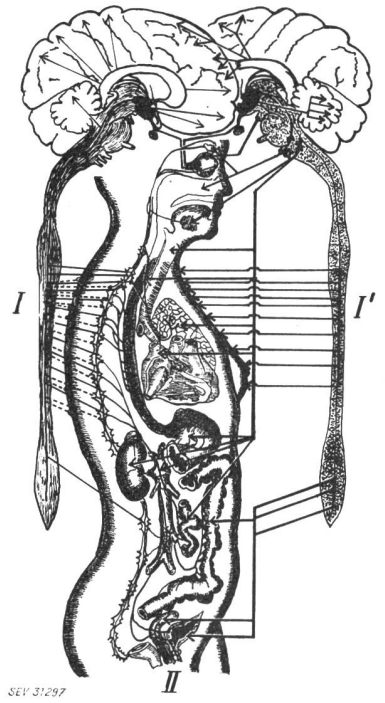

Fig. 1
Das vegetative Nervensystem als autonom funktionierendes Reglersystem

I Regler: Sympathikus; *I'* Regler: Parasympathikus (Vagus); *II* Geregeltes System: Organe in Funktion (von *links*) und Gegenfunktion (von *rechts*) in den Körperumriss eingezeichnet. Das Zentralnervensystem mit Rückenmark und Gehirnteilen ist doppelt dargestellt, um die interessante Verteilung der Regleranordnung anschaulich zu machen. Pfeile in dem Schema des Gehirns bedeuten die Verbindungen von den vegetativen Zentren zu den Hirnrindenbereichen. Das hypophysär-hypothalamische vegetative Gebiet und das Rückenmark sind für den Sympathikus (Regler *I*) schwarz bzw. schraffiert, für den Parasympathikus (Regler *I'*) schwarz bzw. granuliert. Zu den Funktionen von Zügler und Gegenzügler im Organgeschehen vgl. Tabelle I.

stärkertechnik im letzten halben Jahrhundert die Zusammenhänge zwischen Stoffwechselprozessen im lebenden Organismus und der Elektrizität schlüssig geklärt werden konnten, hat man *in den Reglermechanismus des vegetativen Nervensystems durch gezielte elektrische Reizung systematisch eingegriffen* und damit erreicht, dass «selektiv» entweder das eine oder das andere vegetative System: Sympathikus oder Parasympathikus wahlweise in Erregung versetzt werden konnten. Die Grundlagen dieser selektiven elektrischen Reizung des autonomen Nervensystems sind nicht nur für den Mediziner und Physiologen, sondern auch für den Elektrotechniker von grösstem Interesse.

Bei jeder Organtätigkeit entstehen im Zusammenhang mit Ionenverschiebungen innerhalb der Zellen an der Zellwand elektrische «Aktionsströme», deren Grössenordnung und Verlaufsform genau messbar sind. Für den Herzmuskel funktioniert ein eigenes sog. «Reizleitungssystem», dessen Tätigkeit im Elektrokardiogramm anschaulich wird. Aber auch Arbeit und Ruhe des Muskels (Elektromyogramm), der Nerven (Elektroneurogramm), des Gehirns (Elektro-Encephalogramm) und der Netzhaut des Auges (Elektro-Retinogramm) werden für diagnostische Zwecke auf dem Leuchtschirm sichtbar gemacht oder aufgezeichnet. Seitdem man mit Mikroelektroden die Aktionspotentiale einzelner Nervenfasern unterscheiden kann, ist dem Problem der Reglertätigkeit des vegetativen Nervensystems von namhaften Physiologen besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden. Dabei hat sich herausgestellt, dass eine therapeutische Wirkung auf den funktionell zeitweise unterlegenen Zügler oder Gegenzügler im autonomen System nur möglich ist, wenn die dem Körper von aussen zugeführte Elektrizität in entsprechender Weise «moduliert» wird.

Es bedurfte vieler technischer Experimente, ehe es gelang, die erforderlichen Modulationen zu finden. Diese aber sind Voraussetzung dafür, dass man entweder den funktionsgeschwächten Sympathikus oder Parasympathikus erfolgreich unterstützen kann. Gelingt die selektive Reizung des erkrankten Systems, dann stellt die automatische Regulation mit überraschender Schnelligkeit die Harmonie im gesamten Körper wieder her: der Patient gesundet.

Als ausschlaggebende Faktoren für die selektive Reizung des vegetativen Systems erwiesen sich zwei Modulatoren der für die elektrische Reizung angewandten «Behandlungsstromkurvenformen»:

1. Steilheit (Anstiegszeit) des gesetzten Reizes;
2. Zahl der in der Sekunde zugeführten Reize (Reizzahl).

Die erforderliche Frequenzmodulation konnte nur gefunden werden, wenn man die therapeutisch benütz-

Funktionen des autonom funktionierenden Reglersystems

Tabelle I

Regler I Sympathikus:	Geregeltes System II Körperorgan:	Regler I' Parasympathikus:
Optisches Raumgefühl +	Vegetatives Kerngebiet im III. Neuron der Netzhaut (Retina)	Optisches Raum gefühl —, Ernährungs- und Erhaltungsfunktion für die Augen
Ausweitung	Pupillen der Augen	Verengung
Ausweitung	Lidspalten der Augen	Verengung
Speichelfluss spärlich, zäh	Speicheldrüsen	Speichelfluss dünn, reichlich
Schweissmangel klebriger Angst- u. Todesschweiss	Schweissdrüsen	Schweissfülle, dünnflüssige Konsistenz
Verengung	Blut- und Lymphgefässe	Ausweitung
Ausweitung	Bronchien der Lunge	Verengung
Erhöhung der Pulsfrequenz	Herz	Verminderung der Pulsfrequenz
Ausweitung	Herzkranzgefässe	Verengung
Erschlaffung	Schlund	Krampf
geminderte Peristaltik	Magen-Darm-Traktus	gesteigerte Peristaltik
Minderung	Magen-Darm-Drüsensekretion	Aktivierung
Verhaltung	Harnblase	Entleerung
Verengung	Gefässe der Geschlechtsorgane	Ausweitung (Erektion)
Verengung	Hautgefässe	Ausweitung
Steigerung	Hautschweissgefässe	Hemmung
Abblassung	Hautfärbung	Rötung
Abkühlung Frösteln Gänsehaut	Hauttemperatur	Erwärmung
Steigerung von Reizschmerzen	aus allen Organen, bes. den Eingeweiden und den Hautbezirken	Minderung der Schmerzen
ergotrop (a)	Gesamtwirkung	trophotrop (b)

a Regler *I* schafft die Disposition des Gesamtorganismus für Tätigkeit und Arbeit, er wirkt «aktuelle Energie»,

b Regler *I'* schafft die Disposition für Regeneration der Organe, bremst Arbeit und Stoffverbrauch, steigert Nahrungsaufnahme und Speicherung von Nährstoffen, er wirkt «potentielle Energie» (*Herrlinger*)

ten elektrischen Reizstromkurvenformen mit den körpereigenen (bioelektrischen) Aktionsstromkurvenformen verglich. Dabei ergibt sich folgendes Bild:

Überwiegt im kranken Körper der Sympathikotonus, so stellt diejenige Behandlungsstromkurvenform das Gleichgewicht her, die zur Reizung des Parasympathikus (Vagus) dient. Sie setzt den geschädigten «Gegenzügler» instand, seine Reglertätigkeit zum Besten des Gesamtorganismus wieder zu erfüllen. Überwiegt dagegen der Parasympathikus (bei «Vagotonikern»), so zeigt sich die Behandlungsstromkurvenform als hilfreich, die den Sympathikus unterstützt. Dieser übernimmt seine normale Reglertätigkeit in vollem Umfange, sobald seine durch Nervenverletzung oder Krankheit verursachte Unterfunktion bis zum Normalen gesteigert wird (Fig. 2).

Besonders aufschlussreich ist die Tatsache, dass ausser der Anstiegszeit der Behandlungsstromkurvenform die Reizzahl eine spezifisch selektive Bedeutung gewinnt. Wenn der Sympathikus unterstützt werden soll, sind die langsameren (flacheren) Anstiegszeiten mit weniger als 2 Reizen in der Sekunde erfolgreich. Umgekehrt unterstützen den Parasympathikus (Vagus) bei sympathikotonischen Patienten die steileren Anstiegszeiten, wenn mehr als zwei Reize in der Sekunde verwendet werden. Die Beziehungen zwischen der Reizzahl und der Selektion im autonomen Nervensystem zeigt Fig. 2. Die gezielte Frequenzmodulation in der dargestellten Form ist überflüssig, wenn der Arzt einen Apparat zur Verfügung hat, mit dem er die entsprechend verstärkten körpereigenen Aktionspotentiale aus dem gleichen Organteil desselben Körpers von der gesunden auf die kranke Seite übertragen kann. Fig. 3 zeigt ein Schema, wie bei hemilateralen pathologischen Affekten elektromyographisch abgeleitete Muskelaktionsströme zur Modulierung der Reizstromkurvenformen benützt werden können.

Bei Interferenzströmen aus zwei mittelfrequenten Stromkreisen mit vier an den Körper gelegten «gekreuzten» Elektroden übernimmt offensichtlich der kranke Mensch die für die Heilung erforderliche Selektion der physiologisch notwendigen Stromkurvenformen aus den endogen erzeugten niederfrequenten

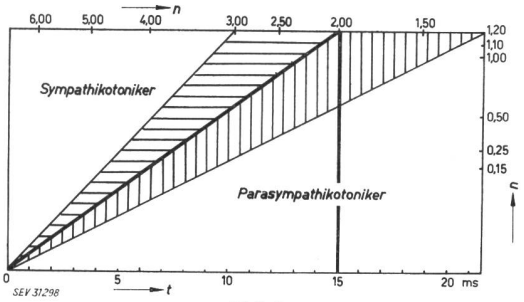

Fig. 2

Reizparameter für die therapeutisch benützten elektrischen Reizstromkurvenformen

t Anstiegszeit der Stromkurvenformen; *n* Zahl der in der Zeiteinheit *s* gesetzten Reizstösse von 0,15...6,00. Für Parasympathikotoniker sind die flacheren Kurvenverläufe mit 0,15...2,00 Reizen hilfreich, das Optimum liegt zwischen 1,20...< 2,00 Reizstössen pro s. Patienten mit völlig ausgeglichenem Tonus reagieren auf Stromkurvenformen mit 15 ms Anstieg und 2,00 Reizen/s. Das Gebiet der steilen Stromkurvenformen erweist sich als hilfreich bei der Behandlung von Sympathikotonikern, die mehr als 2 Reize/s vertragen, optimal 2,40...3,00 Reize und Anstiegszeiten zwischen 14 und 10 ms. Es ergibt sich also durch Frequenzmodulation und genaue Beachtung der Reizzahl die Möglichkeit selektiver Reizung des funktionell unterlegenen Reglersystems *I* bzw. *I'* der Fig. 1.

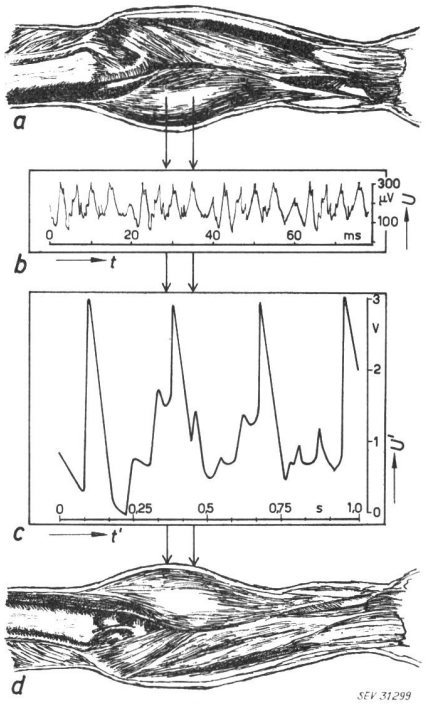

Fig. 3

Schema zur Verwendung abgeleiteter Muskelaktionsströme für die selektive elektrische Reizung des funktionsgeschädigten Reglersystems im Unterarm

U elektrisches Potential der vom nicht erkrankten Unterarm abgeleiteten Muskelaktionsströme; *t* Zeit; *U'* elektrisches Potential der durch Verstärker vergrösserten Muskelaktionsströme; *t'* Zeit

Vom gesunden Organteil (*a*) werden die Aktionspotentiale über einen Elektromyographen abgeleitet und laufend aufgezeichnet (*b*). Die über Photoelemente abgetasteten Potentialkurvenformen werden entsprechend verstärkt und im Zeitlupentempo gemäss dem Reizparameter für Reizung des autonomen Nervensystems (*c*) dem entsprechenden Organteil der kranken Körperseite zugeführt (*d*).

elektrischen Strömen selbst, so dass bei sehr vielen Krankheiten, die mit elektrischer Behandlung vegetativer Disharmonien geheilt werden können, die Interferenzstromtherapie das Mittel der Wahl geworden ist (Fig. 4). Für den Handgebrauch des praktischen Arztes und des Hausarztes im besonderen sind jedoch alle derartigen Geräte zu umfangreich und nur für die Behandlung in der Praxis oder Klinik geeignet. Für die Elektroingenieure müsste es eine reizvolle Aufgabe sein, zur selektiven Reizung des Vegetativums ein nur etwa taschenlampengrosses Kleinstgerät zu bauen, das sehr leicht und deshalb für den Arzt an jedem Krankenbett verwendbar ist. Damit würde die weithin erforderliche medizinische Einflussnahme auf das autonome Nervensystem in modernster Weise möglich und damit Wiederherstellung der Harmonie im körpereigenen Reglersystem, wenn einer von beiden Reglern funktionsgeschwächt ist.

Viel weniger bekannt und erst in allerletzter Zeit eingehender durchforscht als die Wirkungen der Elektrizität auf das vegetative Nervensystem und seine bioelektrische Reglertätigkeit, ist *der Einfluss elektrischer Beleuchtung auf das Vegetativum.* Immerhin geben die wissenschaftlichen Erkenntnisse schon jetzt einen Einblick in Zusammenhänge, die noch vor einem Menschenalter für unmöglich gehalten worden wären.

Voraussetzung für die Experimente war auch hier die Vervollkommnung der Elektrotechnik und der

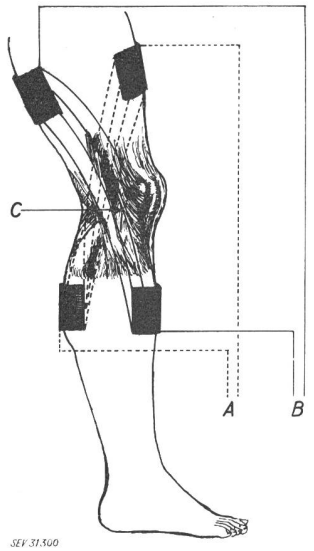

Fig. 4
Schema zur Interferenzstromtherapie (bei Unterfunktion eines der Reglersysteme des autonomen Nervensystems das Mittel der Wahl)
A mittelfrequenter erster Stromkreis; *B* mittelfrequenter zweiter Stromkreis, dessen Frequenz um ± 2...200 von der des ersten Stromkreises unterschieden und variabel ist; *C* im Kreuzungsbereich der beiden mittelfrequenten Stromkreise entstehen im Körper, hier im Kniegelenk, niederfrequente elektrische Ströme, deren Selektion zur Therapie des funktionellen Schadens der Organismus autonom durchführt.

Lichttechnik. Sie beide haben ermöglicht, exakte Vergleichsgrundlagen zu schaffen und damit brauchbare Messergebnisse zu erzielen. Daraus ergibt sich mit zwingender Eindeutigkeit, dass elektrische Beleuchtung, gemessen in W/cm², in Verbindung mit Interferenzfiltern gegebener Extinktion und Durchlassbreite (Halbwertsbreite) das vegetative Nervensystem selektiv zu beeinflussen vermag. Die Tatsache an sich ist nicht verwunderlich, weil in der Netzhaut des Auges (Retina) neben den Nerven-Kernzellen für die Seheindrücke ein vegetatives Kerngebiet (III. Neuron der Netzhaut) nachgewiesen werden konnte (Fig. 5), das die empfangenen Reize unmittelbar an die vegetativen Zentren im Gehirn (hypothalamo-hypophysärer Bereich) weiterleitet.

Die direkte Beeinflussung des innersekretorischen Systems durch Rot- und Orange-Beleuchtung bei Tier und Mensch steht ausser Zweifel. Elektrische Beleuchtung mit Rot (707 nm, 6...8 nm Halbwertsbreite, 2,5 W/cm² führt zu manifesten Unterschieden in der Grösse und Funktion der Schilddrüse, des Thymus (der Wachstumsdrüse) und der Hoden, die sich gegenüber den bei unbunter (weisser) elektrischer Beleuchtung gehaltenen Kontrollen wie 16 : 1 in der Zeiteinheit verhalten. Gleichermassen stimulierend wirkt elektrische Beleuchtung mit Orange (627 nm, sonst die gleichen Werte), jedoch ist der mittlere Unterschied dann nur noch 6 : 1. Gelb (547 nm) und Violett (428 nm) bleiben ohne messbaren Einfluss auf das Inkretsystem. Dagegen löst elektrische Beleuchtung mit dem gleichen Violett bei epileptischen, (kataleptischen) und schizophrenen Kindern bereits nach wenigen Minuten akute Anfälle aus, die erst nach Abschalten des Lichtes abklingen. Die Abneigung solcher Patienten gegenüber violetten Gegenstandsfarben (Kleidern, Werkstoffen, Raumfarben) ist Pädagogen und Psychiatern seit langem bekannt. Im Gegensatz dazu wirken komplementäres Grün und Orange anfallmindernd und sogar heilend. Diese Beispiele aus der überreichen Fülle der Experimente der beiden letzten Jahrzehnte mögen genügen, um den evidenten Einfluss elektrischer Buntbeleuchtung auf das vegetative System eindrucksvoll zu machen.

Die Elektrophysiologie des Gesichtssinnes also hat darüber Klarheit gebracht, dass alle elektrische Beleuchtung, die auf die Netzhaut einwirkt, die vegetativen und die photosensiblen Nervenzellen reizt, dass aber je nach den Wellenlängen, Halbwertsbreiten und Intensitäten des einfallenden Lichtes farbenspezifische Wirkungen entstehen; dass bei zu heller Strahlung nicht nur Blendung der Lichtrezeptoren, sondern auch Disharmonien im vegetativen System auftreten; dass aber bei physiologisch angepasster Helligkeit und Lichtdichte ausser dem Sehakt auch lebensnotwendige biochemische und bioelektrische Vorgänge über die beiden vegetativen Nervenbahnen, Sympathikus und Parasympathikus (Vagus), im Gesamtorganismus ausgelöst werden.

Die Sehrezeptoren nun (Stäbchen und Zäpfchen der Netzhaut) nehmen auf Grund photochemischer Substanzen nur spezifische Wellenlängen, also ihnen adäquate Farbenbereiche, als Helligkeit wahr und transformieren sie in bioelektrische Ströme. Diese

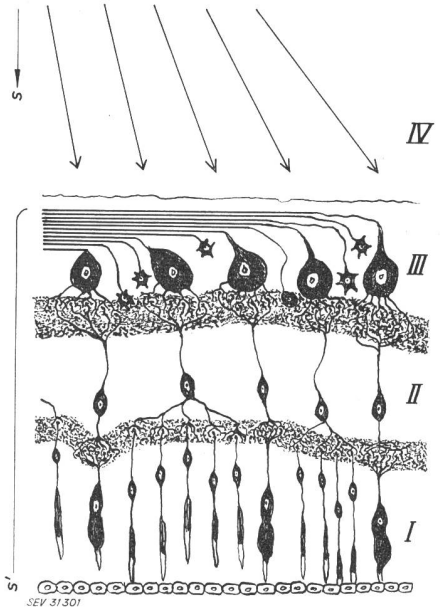

Fig. 5
Schema des Aufbaues der menschlichen Netzhaut (Retina)
s Weg der Lichtstrahlen im Augeninnern; *s'* Weg der durch die Lichtreize bewirkten Nervenerregungen über den Sehnerv (Tractus opticus) zur Sehbahn und den Sehzentren im Gehirn.
Die photosensiblen Zellen des Rhabdoms (Stäbchen- und Zäpfchenapparates) befinden sich in der lichtfernsten Schicht der Retina (*I*), unmittelbar an der Zellpigmentschicht der Hinterwand des Augapfels. Die durch die Lichteinstrahlung bewirkten Reize werden in der Körnerschicht zum zweiten Neuron hin (*II*) als elektrische Signale über die Nervenfortsätze der jeweils zugehörigen Ganglien «aufgenommen» und «vorsortiert». Die Nervenzellfortsätze (Dendriten) der spezifischen Gesichtssinneszellen des III. Neurons (*III*) formieren die empfangenen elektrischen Signale in elektrische Ströme um, deren Potentiale im Elektro-Retinogramm der Messung zugänglich werden. Zwischen den grossen Ganglien des III. Neurons befinden sich die kleinen Stern- und Kernzellen, die mit dem Gesichtssinn nichts zu tun haben. Sie bilden das vegetative Kerngebiet des III. Neurons, das den Zusammenhang zwischen Lichteinstrahlung und vegetativen Reaktionen des Gesamtorganismus erklärt. Die Lichtstrahlen, die durch die optischen Medien des Auges in Richtung der Pfeile (*IV*) auf die Netzhaut auftreffen, haben vegetative Wirkungen zur Folge, ehe die photosensiblen Rezeptoren reagieren können.

werden von den dafür zuständigen, teilweise zu Kabeln gebündelten Nervenfasern im Tractus opticus zu den Sehzentren des Gehirns weitergeleitet. Durch Interferenzen dieser bioelektrischen Schwingungen entstehen schon innerhalb der «Sehbahn» Umwandlungen der physikalischen Struktur, die durch die Lichtreize dargeboten wurde. Durch Interferenz entstehen Farbmischungen und diverse Farbtöne, und wenn sich die Farben gegenseitig «auslöschen», die Wahrnehmung «weiss». Wenn also die elektrische Beleuchtung als «unbunte», also normal weisse Beleuchtung installiert ist, so muss die Netzhaut das weisse Licht zuerst in die für die Zäpfchen des Rhabdoms biochemisch festgelegten Farbbereiche «zerlegen», da eben alle Lichtrezeptoren bei Helladaptation nicht «Weiss», sondern ausschliesslich das für sie spezifische, wellenlängengebundene «Bunt» sehen können. Der Eindruck «weiss» entsteht dann proportional zur Intensität der Schwingungen (Lichtdichte) im Nervensystem des Gesichtssinnes durch Überschneidung und Auslöschung von bioelektrischen Potentialschwingungen (Interferenz). Wenn die elektrische Beleuchtung der Netzhaut jedoch buntfarbiges Licht in geeigneter Zusammensetzung und Leuchtdichte anbietet, spart der photosensible Mechanismus des Gesichtssinnes einen Arbeitsgang, nämlich die Zerlegung des weissen Lichtes (bzw. die Selektion der funktionsspezifischen Wellenlängen aus dem breitbandigen Gemisch) und damit Energie. Diese Ersparnis aber wirkt offenbar positiv auf die vegetative Tonisierung, auf trophische und biochemische Regenerationsprozesse, auf die Harmonie des autonomen Reglersystems Sympathikus — Parasympathikus (Vagus) im ganzen Körper. Sie manifestiert sich in gesteigerter Leistungsfähigkeit und geminderter Ermüdbarkeit.

Wenn man daher die Wirkungen der elektrischen Beleuchtung auf das Vegetativum des Menschen, der in unserer Zivilisation einen grossen Teil seines Daseins bei elektrischem Licht verbringt, sorgfältig studiert, ergeben sich für den elektrotechnischen wie für den lichttechnischen Sektor überaus reizvolle Aufgaben, deren Lösung dem vegetativ überbeanspruchten modernen Menschen wirksame Hilfe in seinen Nöten verspricht.

Literatur

[1] *Polster, H. G.:* Willensimpulse durch farbiges Licht. Bd. 1...6. Dresden: 1938...1943.
[2] *Braunersreuther, A.* und *E. Stark:* Beleuchtungstechnische Anlagen für die Schulbaracken der Staatlichen Sächsischen Forschungsinstitute in Dresden. Dresden: 1939.
[3] *Braunersreuther, A.* und *E. Stark:* Farblichtversuche mit Lehrlingen und Arbeitern der elektrotechnischen und feinmechanischen Berufe. Dresden: 1941.
[4] *Polster, H. G.* und *H. Winter:* Einäugige Filterung panchromatischer Filmdiapositive als Mittel zum Farbsehen. Dresden: 1944.
[5] *Polster, H. G.:* Die Dynamik des Willens als physikalisches und physiologisches Phänomen. Dresden: 1945.
[6] *Polster, H. G.* und *F. Schob:* Die Wirkung von Farbe und farbigem Licht auf Nerven- und Geisteskranke. Dresden: 1945.
[7] *Jansen, J.:* Beleuchtungstechnik. Ein Handbuch zum Entwerfen von Beleuchtungsanlagen. Bd. 1. Eindhoven: Philips 1954.
[8] *Müller-Limmroth, W.:* Elektrophysiologie des Gesichtssinns. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1959.
[9] *Polster, H. G.:* Über Aktionsstromtherapie. (Elektrotherapie mit physiologisch begründeten Stromkurvenformen.) Elektromed. 5(1960)1, S. 36...49.
[10] *Polster, H. G.:* Licht, Lust, Leistung in psychophysiologischer Sicht. Bull. SEV 52(1961)26, S. 1053...1054.
[11] *Trendelenburg, W.:* Der Gesichtssinn. 2. Aufl., bearbeitet von *M. Monjé, I. Schmidt* und *E. Schütz.* Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1961.
[12] *Polster, H. G.:* Wirkung von Farbe und farbigem Licht auf den Menschen. Natur 70(1962)5/6, S. 108...114.
[13] *Polster, H. G.:* Licht, Lust, Leistung in farbenpsychologischer Sicht. Mensch und Farbe 2(1962)2, S. 29...32.
[14] *Anonym:* Augenarzt und Psychophysiologie. Augenspiegel 8(1962)7, S. 170...174.

Adresse des Autors:
Dr. med. Dr. phil. *H. G. Polster,* Wissenschaftlicher Leiter der Deutschen Ferdinand-von-Arlt-Akademie für Psychophysiologie, Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Psychophysiologie, 518 Eschweiler-Aachen, Postfach 466 (Deutschland).

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

«6es Journées Internationales de la Couleur»

Evian 26. bis 29. Juni 1962

061.3(44) «1962» : 535.6

Der farbige Ausdruck ist so alt wie die Zivilisation selbst; in der Religion und Mystik, in der Kunst, Wissenschaft und Kultur, überall erstrahlte seit jeher die Schönheit der Farben zur Freude, oder oft auch als deutendes und ordnendes Element in unserer Welt.

Das Farbempfinden hat im Laufe der Jahrhunderte mannigfache Wandlungen erfahren, die sich vor allem im ästhetischen oder symbolhaften Ausdruck der Farben äusserte. Heute ist jedoch ein Entwicklungsstand erreicht, wo die Farben im modernen Leben immer mehr auch eine Funktion zu übernehmen haben. Tatsächlich werden in neuester Zeit für viele Zwecke, wie zum Beispiel für Reklame, im Verkehr, an Apparaten und Einrichtungen usw. Farben angewendet, an die noch vor wenigen Jahren kaum gedacht wurde. Erst seit kurzer Zeit beginnt auch die Erkenntnis Fuss zu fassen, dass eine ansprechende Farbgestaltung des Arbeitsplatzes, vereint mit einer guten Beleuchtung für das Wohlbefinden, die Zufriedenheit und damit für die Leistungsfähigkeit des Menschen von ausschlaggebender Bedeutung ist. Demgegenüber ist heute bekannt, dass schmutzige Farben niederdrückend wirken, und dass scharfe Helligkeits- und Farbkontraste die Sehleistung beeinträchtigen. Die Farbe der nächsten wie auch der weitern Umgebung beeinflusst damit sowohl die Funktion der Augen wie auch das seelische Empfinden. Diese physiologischen und psychologischen Zusammenhänge näher zu studieren und für jede Umgebung und Arbeit allgemein gültige Regeln für ein geeignetes «Farbklima» aufzustellen, dies sind wohl die Hauptaufgaben, die sich das «Centre d'Information de la Couleur (CIC)» mit Sitz in Paris gestellt hat.

Die bisher in Amiens, Toulouse, Bruxelles, Rouen, Düsseldorf und nun in Evian organisierten internationalen Jahrestagungen hatten zum Zweck, die Weiterbildung und den Erfahrungsaustausch der im CIC vereinigten Fachleute zu fördern. Darüber hinaus soll durch diese Anlässe die breite Öffentlichkeit wie auch Behörden am Wirken und den Empfehlungen dieser Organisation interessiert werden.

Die Jahrestagung in Evian vereinigte gegen 200 Teilnehmer aus 12 Staaten, darunter 8 Schweizer. Die aufgeführten Diskussionsvorträge waren entsprechend den vier Sektionen des CIC gruppiert. Dabei konnte festgestellt werden, dass sich sowohl die Wissenschafter wie auch die Praktiker für die gegenseitigen Probleme interessierten. Überhaupt verzeichnet diese noch junge Organisation einen bemerkenswerten Schwung und Arbeitseifer. Die Bearbeitung dieses Fachgebietes ist zwar in den verschiedenen Staaten bisher noch recht unterschiedlich an die Hand genommen worden. Für die praktischen Belange am weitesten fortgeschritten dürften die belgischen «Fachberater für Farben» sein, die sich in einem Verband zusammengeschlossen und bereits ein ausführliches Vocabulaire in drei Sprachen und Richtlinien für die Ausbildung veröffentlicht haben.

Kolorimetrie (Farbmessung)

P. Kowaliski (F) erörterte die Vorteile einer Synthese zwischen farbmetrischer Kennzeichnung durch Farbmuster und durch Farbkoordinaten. Prof. *M. Richter* (D) erklärte das von ihm bearbeitete DIN-Farbsystem, das auf dem Gedanken der spezifischen Gleichabständigkeit in den psychologischen Farbreihen beruht. Prof. *V. Ronchi (I)* sprach das Wort für eine genauere Bezeichnung der physikalisch-physiologischen Grössen