

Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.
Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société
Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative
= Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 141 (1961)

Vereinsnachrichten: Sektion für Logik und Philosophie

Autor: [s.n.]

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: 14.01.2026

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

16. Sektion für Logik und Philosophie

Sitzung der Schweizerischen Gesellschaft zur Pflege der Logik
und Philosophie der Wissenschaften

Samstag, den 23. September 1961

Präsident: Prof. Dr. E. WALTER (Zürich)

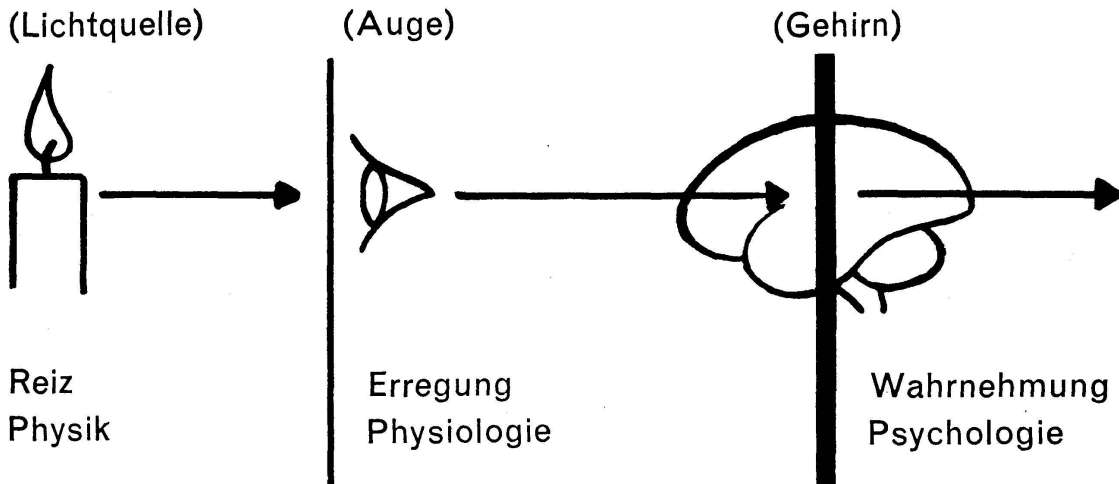
Sekretär: Dr. H. IKLÉ (Stäfa)

1. EMIL WALTER (Zürich). – *Einleitung.*

Die Philosophie der Wissenschaften ist seit der Jahrhundertwende im Zusammenhang mit der Entdeckung der Quantentheorie durch Max Planck, der Formulierung der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie durch Albert Einstein und der Quantenmechanik und Wellenmechanik durch Werner Heisenberg und Erwin Schrödinger in bezug auf die Klärung grundlegender erkenntnistheoretischer Begriffe mächtig gefördert worden. Der Zwang der Anpassung philosophischer Überlegungen und Spekulationen an durch Experimente gesicherte Ergebnisse der physikalischen Forschung hat die Naturphilosophie umgestaltet und bereichert. Eine spekulative Naturphilosophie im Sinne Hegels oder Schellings ist heute nicht mehr möglich.

Dagegen ist von Seite der Erkenntnistheoretiker und Naturphilosophen die Entwicklung der Physiologie der Sinnesorgane und der Psychologie der Wahrnehmung nur wenig beachtet worden. Wenn noch Ernst Mach glaubte, den Erkenntnisprozeß aus elementaren Sinnesempfindungen konstruieren zu können und die akademische Schulphilosophie im Hinblick auf die erkenntnistheoretische Bedeutung der Funktion der Sinnesorgane auf dem Standpunkte eines Kant und der Einsichten des 18. Jahrhunderts, wie sie z. B. d'Alembert in seiner Vorrede zur «Großen Enzyklopädie» vertrat, stehen geblieben ist, so darf vermutet werden, daß die moderne Physik, Physiologie und Psychologie dem Naturphilosophen nicht wenige Bausteine zu bieten haben, um Grundfragen der Erkenntnistheorie zu klären. Probleme der sogenannten philosophischen Anthropologie, der Existentialphilosophie und der Phänomenologie, insofern sie sich nicht einfach auf wertende und abwertende Postulate beziehen, dürften durch das Studium der Beziehungen von Reiz und Empfindung nicht unwesentlich gewinnen.

Die Realwissenschaften teilen sich in die Behandlung des Themas Reiz und Empfindung im Sinne einer methodischen Arbeitsteilung: Die Physik untersucht die Reize, die Physiologie die durch die Reize hervorgerufene Erregung und die Psychologie die wahrgenommenen Empfindungen. Reize und Erregungen sind strukturiert. Integrierte Erregungsmuster liegen den wahrgenommenen Empfindungen zugrunde, denen kein atomarer Elementcharakter im Sinne Ernst Machs, sondern eine Vielfalt von Ganzheitsbeziehungen zugeschrieben werden muß.



Zwischen der Welt der äußeren Reize und der innersubjektiven Empfindungen klappt ein Abgrund: Wir wissen überhaupt noch nichts, werden vielleicht auch niemals näheres darüber wissen, wie aus den integrierten Erregungsmustern die Wahrnehmung einer Empfindung entsteht. Diese Welt der Empfindungen kann nur erlebt werden.

Es gibt offenbar wenigstens zwei grundsätzlich verschiedene Welten der Erkenntnis, erstens die wissenschaftlich-diskursive, durch strukturelle Analyse erarbeitete Erkenntnis der Realwissenschaften, welche durch vergleichende Betrachtung zu quantitativen und strukturellen Ergebnissen führt, und die unmittelbar erlebte, weder beschreib- noch erklär-bare Welt der Sinnesqualitäten, der Empfindungswelten der Farben, der Töne, der Gerüche, der stofflichen Qualitäten, der Raum-, Zeit- und Schmerzempfindungen. Wohl kaum ein anderes Thema als gerade das Thema «Reiz und Empfindung» dürfte daher so geeignet sein, Physiker, Physiologen, Psychologen und Philosophen zu fruchtbarer Aussprache und Auseinandersetzung anzuregen.

2. S. WEIDMANN (Bern). – *Reiz und Erregung.*

Mit dem Hinweis auf ausführlichere Darstellungen (1, 2, 3, 4) seien die physiologischen Gegebenheiten kurz zusammengefaßt.

Eine erregbare Membran trennt das Zytoplasma einer Nervenzelle (kaliumreich, natriumarm) von der Außenflüssigkeit (natriumreich, kaliumarm). Zwischen «innen» und «außen» läßt sich eine Potentialdifferenz von 70 bis 90 mV nachweisen. Gelingt es, diese Potentialdifferenz um etwa 20 mV zu erniedrigen, so wird ein instabiler Wert des Membranpotentials erreicht. Die Membran depolarisiert sich nun ohne äußeres Dazutun, um sich kurz darauf auch selbst zu repolarisieren: Aktionspotential. Änderungen der Durchlässigkeit der Membran gegenüber Na- und K-Ionen ermöglichen Ionenströme und damit Veränderungen des Membranpotentials. Depolarisation beruht auf dem Einwärtsstrom von Na-Ionen, Repolarisation auf dem Auswärtsstrom von K-Ionen. Stoffwech-

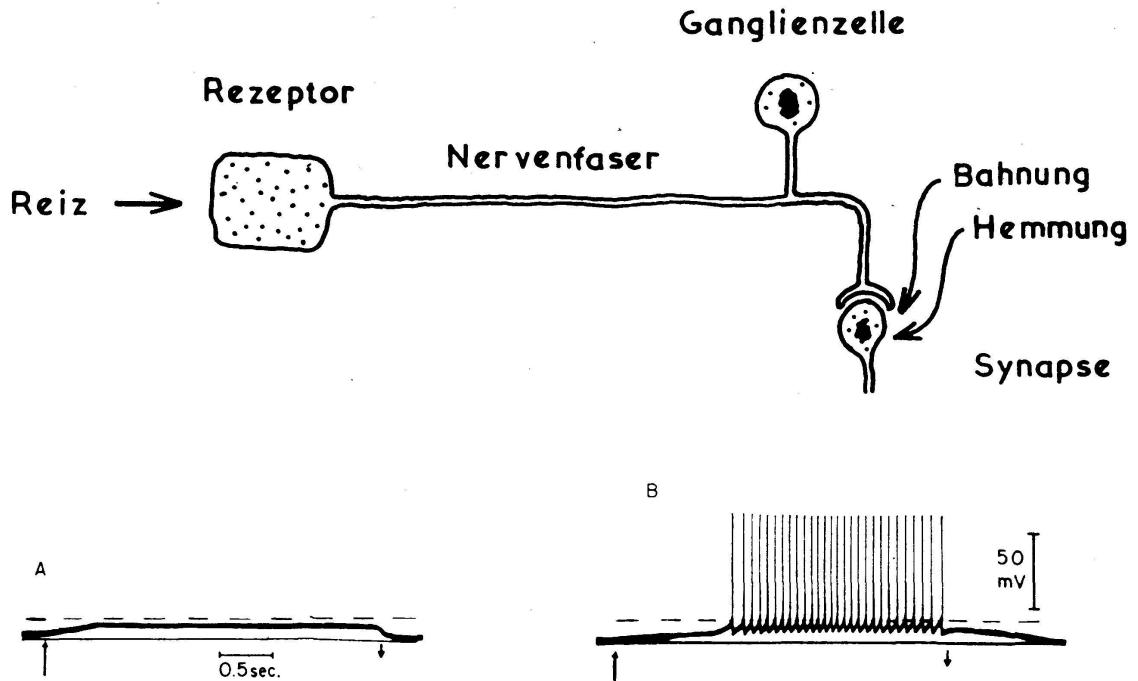


Abbildung 1

Depolarisation der Membran eines Dehnungsrezeptors bei unterschwelligem Reiz (A) und bei überschwelligem Reiz (B). «Schwellenpotential» nachträglich durch unterbrochene Linie eingezeichnet. Teilweise nach Kuffler (4)

selenergie ist nötig, um die Ionenordnung über längere Zeit aufrechtzuerhalten (3).

Den peripheren Rezeptoren (Abbildung 1) ist gemeinsam, daß deren Membran durch einen Reiz (Druck, Temperaturänderung, Licht) depolarisiert wird. Die Depolarisation breitet sich entlang der Membran in die abgehende Nervenfasern aus, woselbst Erregungen entstehen, solange der Reiz anhält. Eine größere Reizstärke bewirkt eine stärkere Depolarisation der Rezeptormembran und eine höhere *Frequenz* (nicht eine größere Amplitude) der Aktionspotentiale auf der abgehenden Nervenfasern. Die Übermittlung der Reizstärke erfolgt also nach dem Prinzip der *Frequenzmodulation*.

Auf jeder Nervenfasern werden die Erregungswellen mit einem großen Sicherheitsfaktor fortgeleitet. An der Kontaktstelle zwischen zwei Nervenzellen (Synapse) gibt es dagegen mannigfaltige Möglichkeiten zur Beeinflussung der Übertragung (Abbildung 1). Von übergeordneten Zentren aus kann eine Synapse gebahnt oder gehemmt werden.

Die Abbildung 2 erläutert das Phänomen der Hemmung am Beispiel eines relativ einfach gebauten Auges. Hier wird die Meldung, die von einer einzelnen Sinneszelle ausgeht, durch gleichzeitige Lichtreize auf benachbarte Sinneszellen im Sinne einer Hemmung (Senkung der Impulsfrequenz) modifiziert. Das Auge der Wirbeltiere weist einen überaus komplizierten Bau auf. Zwischen den Nervenfasern, die von den Sinneszellen ableiten, gibt es innerhalb der Retina ausgedehnte Querverbin-

dungen. Eine Einzelfaser im Nervus opticus sammelt Informationen von einer Vielzahl von Sinneszellen; eine einzelne Sinneszelle wird aber auch durch eine Vielzahl von Fasern im Nervus opticus vertreten. Es gibt Fasern, deren Impulsfrequenz bei Belichtung einer bestimmten Stelle der Retina nicht zu-, sondern abnimmt. Auch hier wird «Hemmung» übermittelt. Die «Nachricht» wird im Auge weitgehend verschlüsselt, und dem Zentralnervensystem wartet die Aufgabe, ein kompliziertes Erregungsmuster zu «dechiffrieren».

Um Farben voneinander unterscheiden zu können, sind Rezeptoren (Zapfen) von verschiedenen spektralen Empfindlichkeiten notwendig. Im Katzenauge lassen sich mit elektrophysiologischer Methodik deren sieben nachweisen (Modulatoren nach Granit [2]). Man wird sich vorstellen müssen, daß jeder Zapfen mit jener Wellenlänge am besten zu depolarisieren ist, bei der sein Pigment am stärksten absorbiert. Wie es durch einen Reiz (z. B. Licht) zur Depolarisation der Rezeptormembran kommt, ist unbekannt.

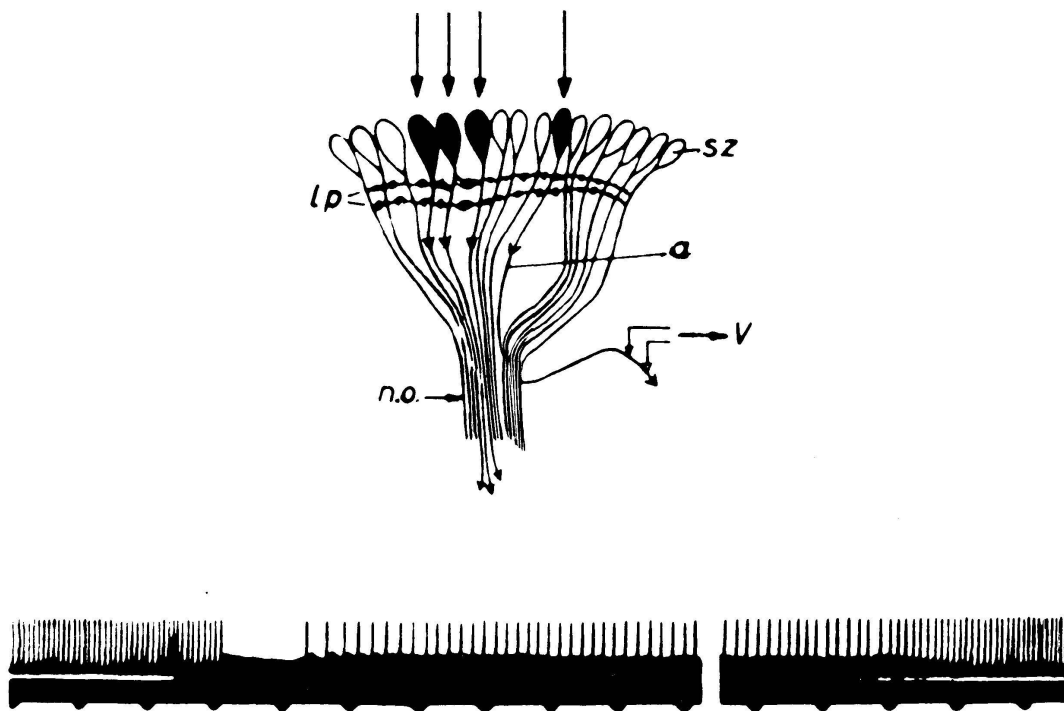


Abbildung 2

Hemmung der Tätigkeit eines ständig beleuchteten Ommatidiums des Auges von *Limulus*; die hemmende Wirkung geht von anderen beleuchteten Ommatidien in der Umgebung aus. Von einer Sehzelle (rechts im oberen Schema) ist der Axon durch Präparation isoliert; seine Impulse werden einem Verstärker (V) zugeführt. lp: seitliche Querverbindungen zwischen den Axonen der Sehzellen; sz: Sehzellen; n.o.: Sehnerv. Die Pfeile bedeuten Reizlicht. Unten: Impulse von dem isolierten Axon (a) einer Sehzelle; links zunächst bei Beleuchtung dieser Sehzelle allein; dann werden außerdem andere Ommatidien in der Nachbarschaft beleuchtet: Verminderung der Impulszahl = Hemmung. Zeitmarken $\frac{1}{5}$ sec. Nach Ratliff, Miller und Hartline (1958). Ann. N. Y. Acad. Sci., 74, 210

Zusammenfassende Darstellungen

1. *Autrum H.* (1961): Arbeitsweise einzelner Sinneszellen. *Naturwissensch. Rdsch.*, 14, 53–59.
2. *Granit R.* (1955): Receptors and sensory perception. New Haven: Yale Univ. Press, 367 pp.
3. *Hodgkin A.L.* (1957): Ionic movements and electrical activity in giant nerve fibres. *Proc. Roy. Soc. B.*, 148, 1–37.
4. *Kuffler S.W.* (1960): Excitation and inhibition in single nerve cells. *Harvey Lectures*, 1958/59, 176–218.

3. H. KÖNIG (Bern). – *Problem der Messung von Reiz und Empfindung.*

Der Umstand, daß mein Referat Teil eines Ganzen ist, gestattet mir, mich auf das Meßtechnische auszurichten, d.h. auf die quantitative Erfassung von Reiz und Empfindung. Grundlage dieser Erfassung ist eine gewisse, zum mindesten provisorische Ordnung in der Begriffswelt. Diese Ordnung findet ihren Niederschlag in möglichst scharfen Definitionen der wichtigsten Begriffe. Wenn ich nachstehend Definitionen gebe, so sind sie fast wörtlich dem Internationalen Wörterbuch der Lichttechnik entnommen.

Die meßtechnische Erfassung von Licht und Farbempfindungen erfolgt derart, daß in möglichst einfachen, aber doch die praktischen Verhältnisse einigermaßen berücksichtigenden optischen Anordnungen physikalisch gemessene Licht- und Farbreize (ich komme auf die Definition des Reizes nachher zurück) dargeboten werden, und zwar so, daß der Beobachter ein Urteil fällen kann. In diesem Akt der Entscheidung kommt der Beobachter als Subjekt zum Wort. Die Antwort ist durch die Wahl der Beobachtungsbedingungen kanalisiert; innerhalb dieser Determinierung ist aber der Beobachter frei im Urteil. Der Versuchsleiter vermeidet jede suggestive Beeinflussung, aber er soll dem Beobachter helfen. Die Anweisungen lauten zum Beispiel wie folgt:

«Bitte drehen Sie diesen Knopf, bis Sie das Gefühl haben, die beiden Hälften des Gesichtsfeldes seien gleich (gleich hell und gleich farbig). – Schauen Sie zwischenhinein im Raum umher, zum Ausruhen. Gestatten Sie, daß *ich* Ihnen den Knopf drehe, damit Sie sich nicht an eine gewisse Stellung der Hand beim Abgleich gewöhnen. – Lassen Sie den Blick auf dem Feld herumschweifen; starren Sie nicht die Trennlinie zwischen den Gesichtsfeldhälften an. – Beurteilen Sie gesamthaft. – Sagen Sie es mir, wenn Sie bewußt das Kriterium ändern, z. B. mehr aufs Ganze als auf die Trennlinie schauen. – Nehmen Sie keinen Anstoß, daß ich Ihnen das Ergebnis der Ablesung am Drehknopf zeitweilig nicht melde; Sie sollen nicht über die Streuung nachdenken während der Meßreihe. – Sie können eine Einstellung widerrufen, wenn Sie sich nicht sicher fühlen. – Machen Sie sich keine Sorge wegen der Streuung – besser Streuung als Tendenz zu einseitiger Einstellung. – Sagen Sie es, wenn Sie müde sind usw.»

So wird das Rohmaterial beschaffen. Seine mathematische Verarbeitung setzt ein System voraus. Dieses System, nämlich das lineare trichromatische System, wird uns durch eine Gesamtheit von Tatsachen sugge-

riert, die sich für farbnormale Menschen, bei nicht zu tiefem (Purkinje-Phänomen) und nicht zu hohem (Blendung) Lichtniveau für flächenhafte farbige Lichter (Gesichtsfeld einige Grad, mit dunkler neutraler Umgebung), bei Vermeidung von Ermüdung erstaunlich gut in den Graßmannschen Gesetzen der niederen Farbmometrik zusammenfassen lassen. Die wichtigsten lauten:

I. Gleiche Farbvalenzen gemischt geben gleiche Farbvalenzen; also:

aus: Eindruck (A) = Eindruck (C) (Reiz $A \neq$ Reiz C)

Eindruck (B) = Eindruck (D) (Reiz $B \neq$ Reiz D)

folgt: Eindruck der Reizsumme ($A + B$) = Eindruck der Reizsumme ($C + D$)

II. Zwischen 4 Farbvalenzen (A) (B) (C) (D) besteht stets eine Beziehung;

also: $a \cdot (A) + b \cdot (B) + c \cdot (C) + d \cdot (D) = 0$

Damit ist eine lineare dreidimensionale Mannigfaltigkeit der für sich isoliert betrachteten, also unbezogenen farbigen Lichter axiomatisch festlegbar.

Im Bestreben, Ihnen die Ergebnisse der Versuche zu schildern, war ich gezwungen, eine Reihe von Größen und Begriffen explizit oder implizit zu verwenden, deren Definition nun korrekterweise nachgeholt werden sollte. Ich muß mich auf eine Auswahl beschränken.

Da eine Lichtempfindung normalerweise durch einen Lichtreiz, der die Natur einer elektromagnetischen Strahlung hat, ausgelöst wird, müssen wir von den Strahlungsgrößen ausgehen. Die vereinfachten Definitionen, im Telegrammstil, lauten:

Strahlungsmenge	= durch Strahlung übertragene Energie
Strahlungsfluß	= Strahlungsmenge durch Zeit
Strahlstärke	= Strahlungsfluß durch Raumwinkel
Strahldichte	= ausgesandte Strahlstärke durch Fläche
Bestrahlungsdichte	= auftreffende Strahlstärke durch Fläche

Die Strahlung besteht physikalisch aus spektralen Komponenten; jede der genannten energetischen Größen läßt sich als Integral über das Spektrum darstellen:

$$\varphi = \int \varphi_{\lambda} d\lambda \quad (380 \text{ nm} < \lambda < 780 \text{ nm})$$

Mancher wundert sich, daß nun auch der Begriff des *Lichtreizes* streng auf die physikalische Seite geschlagen wird. Nur so vermeidet man das bekannte Chaos. Die versuchsweise Definition lautet: Die ins Auge eingedrungene, eine Lichtempfindung (einschließlich Farbempfindung) auslösende *Strahlung*. Der Lichtreiz ist also als physikalische Größe behandelt und wird mit nichtselektiven Thermoempfängern gemessen. Dem entsprechend ist ein *Farbreiz* die ins Auge eingedrungene, eine Farbempfindung auslösende Strahlung bestimmter spektraler Zusammensetzung. Man sieht, daß zwischen Lichtreiz und Farbreiz kein physikalischer Unterschied besteht. Der Unterschied in der Bezeichnung ist also nicht tiefsinniger als zwischen «Taschengeld» und «Haushaltungsgeld».

Nun möchten wir endlich die Eigenschaften des Auges, meinetwegen eines mittleren, standardisierten Auges mathematisch additiv und dreidimensional ausdrücken. Hierzu mußte der Begriff *Farbvalenz* geprägt werden. Die Farbvalenz ist eine Größe, die den *Wert eines Farbreizes* für die additive Farbmischung kennzeichnet. Sie hat Vektoreigenschaften und wird durch drei Farbwerte beschrieben. Die *Farbwerte*, also die Komponenten der Farbvalenz, haben *sicher* die Form:

$$R = \int \varphi_{\lambda} \bar{r}_{\lambda} d\lambda, \quad G = \int \varphi_{\lambda} \bar{g}_{\lambda} d\lambda, \quad B = \int \varphi_{\lambda} \bar{b}_{\lambda} d\lambda$$

worin \bar{r}_{λ} , \bar{g}_{λ} , \bar{b}_{λ} die Rot-, Grün-, Blau-Spektralwerte sind, welche angeben, in welchem Maße jede spektrale Strahlungsgröße $\varphi_{\lambda} d\lambda$ zum Rot-, Grün-, Blau-Wert beiträgt.

Die lineare Theorie der unbezogenen Lichter geht noch einen Schritt weiter: Nach Abney baut sich der Helligkeitswert eines Farbreizes linear aus den Farbwerten auf; man darf daher eine Funktion

$$V_{\lambda} = \rho \bar{r}_{\lambda} + \gamma \bar{g}_{\lambda} + \beta \bar{b}_{\lambda}$$

einführen, die man den *spektralen Hellempfindlichkeitsgrad* nennt. Diese Funktion hat die bekannte Form einer Glocke: im Blauen von Null aus ansteigend, ein Maximum bei 555 nm (gelbgrün), abfallend und weich auslaufend gegen rot.

Jetzt erst ist man in der Lage, das System der photometrischen Größen in ihrer Abhängigkeit von der spektralen Zusammensetzung anzugeben:

Lichtmenge	= photometrisch bewertete Energie
Lichtstrom	= Lichtmenge durch Zeit
Lichtstärke	= Lichtstrom durch Raumwinkel
Leuchtdichte	= ausgesandter Lichtstrom durch Fläche
Beleuchtungsstärke	= auffallender Lichtstrom durch Fläche

alle Größen von der Form

$$\psi = \text{const} \int \varphi_{\lambda} V_{\lambda} d\lambda$$

Wenn nichts anderes erwähnt wird, beziehen sich die Werte des spektralen Hellempfindlichkeitsgrades auf das helladaptierte Auge mit den von der Internationalen Beleuchtungskommission festgelegten Eigenschaften. Man kann selbstverständlich die photometrischen Größen mit einem individuellen V_{λ} für einen individuellen Beobachter berechnen.

Bisher habe ich immer nur von der eindeutigen Charakterisierung von leuchtenden Flächen als isolierten Lichtquellen gesprochen. Dies entspricht übrigens der historischen Entwicklung. Wir wollen dieses erste Kapitel der Lichttechnik als Lichtquellentechnik bezeichnen. Nachstehende Tabelle zeigt ganz summarisch, welche Kapitel noch der Besprechung harren und wie eng der Rahmen ist, in dem wir uns bisher bewegt haben:

Kapitel	Name (versuchsweise, nicht offiziell)	Objekt
(1)	Lichtquellentechnik	isolierte leuchtende Fläche
(2)	Leuchtdichtetechnik	mindestens zwei leuchtende Flächen in ihren Beziehungen zueinander
(3)	Lichtklimatechnik	Gesamtheit der Beziehungen zwischen den leuchtenden Flächen im Gesichtsfeld

Der Sprung von (1) zu (2) sei an Hand eines *Beispiels* in Erinnerung gerufen; Eingehenderes bringt das nächste Referat.

Eine Fläche, die als Reiz φ das Spektrum gleicher Energie aussendet, erscheint in lichtloser Umgebung weiß; in einer Umgebung, die den Reiz 2φ vermittelt, erscheint die Fläche mit dem Reiz φ als grau. Im ersteren Fall war die leuchtende Fläche als unbezogene Farbe zu bewerten, im letzteren Fall als bezogene Farbe.

Die allgemeinen Definitionen verdienen festgehalten zu werden:

Unbezogene Farbe, freie Farbe: ist eine farbige Fläche im lichtlosen Umfeld gesehen. Für die Charakterisierung des Helligkeitseindrucks genügt die (absolute) Leuchtdichte.

Bezogene Farbe: ist eine Körperfarbe, in der Umgebung anderer (meist hellerer) bunter und unbunter Farben (außer schwarz allein) gesehen. Der Helligkeitseindruck wird durch das Verhältnis zu den anderen Farben im Gesichtsfeld bestimmt.

In diesem Kapitel tauchten Fragen auf wie die des Kontrastes, der Bedeutung der Wahl von Straßenbelägen für Naß- und Nachtverkehr, die Frage der Blendung, der lichtstreuenden Armaturen von Wandanstrichen, die Wahl der Beleuchtungsniveaus in Arbeitsräumen. Man erkennt – schon beim einfachen Fall der Beziehung zweier Flächen zueinander –, daß die ganzheitliche Betrachtung die analytische Behandlungsweise ergänzt. Man hat es mit einfachen Gesamtsituationen zu tun. Hier kommt im Empfindungsmäßigen etwas, das Wahrnehmungscharakter hat, zum Durchbruch, was in Kapitel (1), oder besser «Behandlungsstufe» (1), nicht enthalten sein konnte. Vergewärtigen wir uns rasch die Definition von Empfindung und Wahrnehmung:

Empfindung: durch Abstraktion aus dem Bewußtseinsinhalt eines Sinneseindrucks gewonnenes, nicht weiter analysierbares Element.

Wahrnehmung: komplexer aus Sinneseindruck und Gedächtnisinhalten hervorgerufener gegenständlicher Bewußtseinsinhalt (Gestalt).

In der Stufe der Adäquation (3) von visuellen Erlebnissen mit der Außenwelt tritt der Gestaltcharakter des Objektes noch mehr hervor. Die Thematik dieses Kapitels umfaßt sozusagen den Rest der Probleme bis ins Psychologische hinein: Farbenharmonie, Farbenwechsel, Spiel mit Kontrasten, Behaglichkeit, «efficiency», einen großen Teil der Fragen betreffend Signalisation bei Motorfahrzeugen usw.

Von Interesse für uns ist nun, zu verfolgen, wie sich die beschriebene Hierarchie der Problemstellungen meßtechnisch motivieren läßt. Tatsächlich läßt sich eine einprägsame *Stufung der Urteile* verfolgen:

- (1) (siehe oben:) Urteile: gleich; maximal ähnlich (z.B. gleichhell aber verschiedenfarbig) greift schon stark in Stufe (2) hinein.
- (2) Urteile: eben gerade ungleich; empfindungsgemäße Mitte; maximal unähnlich. Hierher fallen die Untersuchungen über Unterschiedsempfindlichkeit für Helligkeit, Farbton, Sättigung, Empfindlichkeit für kurzzeitig dargebotene Lichtpunkte usw.
Wahrnehmung der räumlichen Form: Formenempfindlichkeit, Grenzfall: Sehschärfe.
Wahrnehmung der zeitlichen Form: Grenzfall: Zeitliches Auflösungsvermögen. Das Urteil «empfindungsgemäße Mitte» führt zu empfindungsmäßig äquidistanten Skalen, zum Weber-Fechnerschen Gesetz, zur höheren Metrik der Farbebene. Das Urteil maximal unähnlich bestimmt die im Farbkreis gegenüberliegenden Punkte usw.
- (3) Urteile: angenehm – unangenehm. Gut – erträglich – schlecht usw.

Parallel mit der Zunahme der Komplexität der Urteile läuft eine *Abnahme der Mathematisierbarkeit*:

- (1) Hier ist eine Annäherung an die Strahlungstheorie angestrebt und möglich. An das Empfindungsmäßige erinnern nur noch die Gewichtsfunktionen \bar{r}_λ , \bar{g}_λ , \bar{b}_λ , \bar{V}_λ
- (2) Neu tritt hinzu eine Fülle von metrischen Beziehungen, die besser in Farbmustersammlungen als in Tafeln mit Koordinatenangaben niedergelegt werden. Die einzelnen Muster dieser Farbtafeln werden nach (1) ausgemessen, in die affin-lineare Mannigfaltigkeit (1) eingetragen und die Ergebnisse ausgeglichen. So entstehen die Kurven, für die *ein* Empfindungsmoment variiert und die andern konstant bleiben. Im Auffinden von Formeln zur Beschreibung der Empfindungsmetrik ist man noch nicht weit gekommen.
- (3) Die ästhetischen Beziehungen überwiegen; die Mathematisierung reduziert sich auf Klassifizierung, Interpolierung und Bewertung im Sinne des «operational research». Aus dem Messen wird ein Ermessen.

Man kann die Stufung in der Mathematisierung auch als *zunehmende Metrisierung* bewerten: Es ist ...

- (1) ... wie wenn eine Mannigfaltigkeit durch eine unbenannte Kurvenschar eine affine Struktur bekäme,
- (2) ... wie wenn durch ein numeriertes Kurvennetz eine metrische Struktur eingeführt würde, und
- (3) ... wie wenn Grenzen eingezeichnet würden, die die empfohlenen Bezirke von den nichtempfohlenen auszeichnen.

Diese Stufung von (1) bis (3), so provisorisch und approximativ sie auch sei, bietet Vorteile. Sie bietet eine Sprache, in der man sich ausdrücken kann.

Der Kybernetiker sieht sofort, daß die Funktionen, die den Urteilstufen entsprechen, mit den Stufen steigenden Grad der Verkettung aufweisen.

Der Mathematiker sieht sofort, daß mit dem Übergang von der Zahl zur Größe und zur Gestalt die Aussichten auf geschlossene Formulierung von Stufe (1) (affine Geometrie) über Stufe (2) (metrische Differentialgeometrie) bis Stufe (3) (rohe Klassifizierung) abnehmen.

Der Kenner der Geschichte der Farbenlehre merkt, daß er Newton in Stufe (1), Helmholtz in Stufe (1) evtl. auch (2), Hering in (2), Goethe in (3) einreihen muß. Wenn Goethe in einer formvollendeten Sprache, die sich — wie wir heute sagen — der Terminologie der Stufen (1), (2) und (3) bediente, gegen die Stufe (1) polemisierte, weil er in Stufe (3) «lebte», so ist das bloß zu bedauern.

Und zum Schluß, wiederum in der Sprache unserer Abstufung eine Formulierung der Aufgabe des Lichttechnikers, der mit dem Architekten zusammen verantwortlich ist für die Gestaltung der visuellen Umgebung des Menschen: Er hat Reiz und Empfindung in jedem Moment adäquat zu berücksichtigen; er hat, beeinflusst durch (3), im Sinne von (2) eine Beleuchtungsanlage zu konzipieren, gemäß (1) die Anlage zu berechnen und im Sinne von (3) die Situation zu korrigieren.

4. K. MIESCHER (Basel). — *Das Kontrastproblem und die Beziehung Farbe-Reiz.* — Auszug. Der ausführliche Text nebst (farbigen) Beilagen soll in der Zeitschrift «Die Farbe» erscheinen.

Das Hauptgewicht dieses Referates liegt auf der Empfindung selbst, deren ganze Versatilität am ausgesprochensten in den Kontrasterscheinungen hervortritt. Hier wird insbesondere der farbige Simultankontrast und die Möglichkeit seiner Eingliederung in die Farbenmetrik diskutiert. Er beruht auf der Tatsache, daß eine (Infeld-)Farbe je nach der Farbe der Umgebung (des Umfeldes) ihr Aussehen in gegensinniger Weise ändert (siehe Wrightsche Kontrasttafel, «CIBA-Rundschau», 1961, Nr. 2). Die Änderung ist an polaren Farbmerkmalen ersichtlich.

Die Anzahl unterscheidbarer Farbmerkmale übersteigt die üblicherweise angenommene Dreizahl. Ein «natürliches» Farbsystem, wie es vom Referenten letzten Frühling an der Internationalen Farbentagung in Düsseldorf entwickelt wurde, umfaßt die bisherigen additiven Farbsysteme und bringt alle Farbmerkmale in sinnvollen metrischen Zusammenhang.

Gemäß den Vorschriften der CIE dient Normalweiß als fester Bezug für die Farbmessung. Weiß läßt sich in komplementäre Farbpaare (E, G) oder in drei Farben (A, B, C) aufspalten und jede Farbe als deren Anteile (Farbwerte) darstellen, was die Verbindung zu den Farbreizen gibt.

Grundlegend für das Verständnis der Farben im allgemeinen und des Kontrastes im besonderen ist:

a) die Unterscheidung der beiden Buntqualitäten

Buntmenge $E-G, A-C$ und

Buntsättigung $t: \frac{E-G}{E}, \frac{A-C}{A}$

Nur Farben gleicher Farbart, d.h. gleicher Sättigung und gleichen Bunttons, gehen durch bloße Änderung ihrer Helligkeit auseinander hervor. Farbreihen gleicher Buntmenge aber nicht.

b) Die Symmetrie der Beziehungen misch- und stufenmetrischer Begriffe, wobei das lineare Maß im einen Fall einfach durch ein nicht-lineares, empfindungsmäßiges im anderen zu ersetzen ist. Eine empfindungsmäßige Buntmenge ($\hat{r} = r$ -Dach) heißt Buntkraft (Chroma).

Die Polarität wichtiger Farbmerkmale läßt sich durch vektorielle Darstellung der Farbwerte veranschaulichen. Ihre Berücksichtigung führt auch zum Verständnis der physiologisch-kybernetischen Vorgänge in der Netzhaut beim Farbsehen, mit Einschluß des Kontrastes.

Zur quantitativen Erfassung des Kontrastes bestimmt man die in Stufenmaß ausgedrückte Farbverschiebung einer Testfarbe, die sie bei Wechsel des Umfeldes erfährt, wobei die Versuchsbedingungen möglichst einfach zu gestalten sind.

Beispiele: Helligkeitsverschiebung grauer oder farbartgleicher DIN-Farbreihen auf schwarzem gegenüber weißem Umfeld als Norm, sowie gegensinnige Buntkraft- bzw. Chromaverschiebung hellbezugs- bzw. valuegleicher Munsellfarbreihen komplementärer Farbtöne auf Umfeldern derselben Farbtöne oder auf grauem Umfeld als Norm.

E. Fleischer hat gezeigt (siehe z. B. «Pflügers Arch. ges. Physiol. d. Menschen u. Tiere», 246, 803, 1943), daß je nach der Helligkeit des Umfeldes eine wechselnde Polarisierung der Graureihe in licht- und schattenhafte Stufen stattfindet. Der lichthafte Eindruck läßt sich im Falle von Fluoreszenz bis zum Leuchten steigern (Farbwerte größer als 100). Farbmetrisch wichtig ist die Bestimmung des Indifferenzpunktes, nach *H. Arens*, «Farbenmetrik», 1957, S. 15, und nach *R. M. Evans*, JOSA, 49, 149, 1959, zwischen den zwei gegensätzlichen Farbmerkmalen Leuchten und Verschwärzlichung bei unbunten und bunten Helligkeitsreihen (Demonstration am Farbkreis).

Fleischer zeigte weiterhin, daß der bekannte Randkontrast verschwindet, wenn das Infeld von einem einheitlich gefärbten Umfeld umgeben ist (Demonstration). Dabei ist das Infeld, unabhängig von seiner Größe, gleichmäßig von der Kontrastfarbe ausgefüllt. *Fleischer's* Vermutung, daß der Simultankontrast einzig von der Erregung der Randzonen abhängt, wird durch neuere physiologische Experimente gestützt (*R. W. Ditchburn*, Maxwell Colour Centenary, London 1961).

Die prinzipielle Möglichkeit, den simultanen Farbkontrast als Farbverschiebung im Farbenraum zu verstehen und ihn damit in die zwar noch dreidimensionale, aber durch 6 unabhängig Variable bestimmte Farbenmetrik einzubauen, befreit letztere von ihrer bisherigen Starrheit

und zeigt, daß auch dem flüchtigen Reich der Farben eine erstaunliche Gesetzmäßigkeit zugrunde liegt. Allerdings bedarf die Ableitung der genaueren funktionellen Kontrastbeziehungen, unter Mitberücksichtigung der Feldgrößen, noch der weiteren gründlichen Erforschung.

Der Kontrast gehört, wie Komplementarität und Polarität, dem viel weiteren Problemkreis der Gegensätzlichkeit an, dessen grundsätzliche Bedeutung für die Erfassung der Wirklichkeit im weitesten Sinne vom Referenten schon mehrfach dargelegt wurde (in Gonseth's «Dialectica», 1948, 1950, 1952 und 1955).

5. F. GONSETH (Lausanne). — *Excitation et sensation. — Comment la question se place-t-elle dans le cadre d'une théorie de la connaissance?*

Comment faire valoir, à propos du sujet discuté, les préoccupations et le point de vue de la théorie de la connaissance? N'aurait-il pas fallu commencer par là, et si on ne l'a pas fait et que la valeur des autres travaux est indépendante de telles préoccupations, est-il nécessaire de les mettre en évidence?

La question posée évoque une certaine dualité, qu'il importe de préciser. La situation que suppose le problème peut se découper en trois secteurs: tout d'abord l'organe sensoriel, puis le monde extérieur à l'organe, en tant que source de l'excitation, et enfin ce qui s'offre à la prise de conscience pour que celle-ci prenne forme de sensation ou de perception. Mais dans quel secteur situer l'aspect de dualité dont il faut découvrir la nature?

La première conclusion à tirer de l'examen de l'appareil sensoriel tel que l'a présenté M. Waidmann, c'est que sa complexité exclut toute solution facile de la question qui nous est posée, toute solution du genre: l'œil reçoit une image de la réalité et c'est cette image qui est transmise au système nerveux central pour devenir sensation ou perception. Le schéma de l'appareil photographique, vrai jusqu'à un certain point, est dépassé par la complexité non seulement physiologique, mais encore formelle, de l'organe lui-même. La comparaison simplificatrice qui semble s'imposer est la suivante: il y a réception d'un message informateur, transmission de ce message informateur avec changement de code, réception de ce message transformé, et livraison à une instance chargée de l'interpréter. Mais on ne peut s'empêcher de penser que, certaines liaisons rétino-nerveuses fournissant des possibilités d'interaction, ce qui serait image photographique s'il s'agissait simplement de conduire au cerveau des influx, est retravaillé avant d'être livré à l'instance interprétratrice dans le but d'affirmer des formes, de créer du relief, de profiler l'essentiel par l'intermédiaire des contrastes, qui sont à la fois création de l'organe et de l'instance interprétratrice. M. Miescher l'a d'ailleurs confirmé: il n'y a pas addition de visions localement déterminées, mais production de visions localisées en fonction de la situation globale.

Ainsi, d'un côté ce n'est pas une réalité telle qu'elle serait en soi qui s'imprime, mais une application, pourrait-on dire, de cette réalité; de l'autre côté, ce qui apparaît n'est pas une redite de cette application, c'en est une traduction qui ne redevient connaissance de la réalité qu'après une interprétation. Ce sont là les deux faits essentiels pour notre problème. Et l'organe ne serait rien s'il n'établissait une certaine correspondance entre une réalité extérieure et un intérieur conscienciel, une personne douée de conscience, capable de prendre conscience à travers l'interprétation. C'est là le premier point, la conclusion en quelque sorte négative à laquelle mène l'examen de l'organe.

* * *

A ce niveau, il est clair que l'aspect le plus important du problème ne peut pas être fourni par l'inspection de l'organe, malgré l'inattendu et l'intérêt des résultats. Une fois éliminé cet intermédiaire, il faut examiner la relation de l'horizon d'où provient le message énergétique à un autre horizon, qui nous est propre, dans lequel opère la conscience. Le premier est *l'horizon phénoménal*, celui des physiciens, le second est *l'horizon phénoménologique*, dont l'existence autonome paraît gagée déjà au niveau du sens commun sur la relative stabilité de la vision colorée et la possibilité de comparaisons interindividuelles.

L'exposé de M. König permet de dépasser cette première approximation, pour nous faire entrer dans la connaissance des structures de cet horizon. Dans une situation opérationnelle, on réalise du côté de l'horizon phénoménal un certain nombre d'agents excitateurs, provoquant du côté de l'horizon phénoménologique un ensemble de réponses sensorielles correspondantes. Cet horizon ne doit pas être immédiatement interprété en termes de conscience: certaines personnes, nous a-t-on dit, sont capables de distinguer jusqu'à 15 000 nuances de couleur, mais bien entendu, pas toutes à la fois: elles sont actualisées en tant que couleurs consciemment perçues par l'arrivée et l'interprétation du message. L'horizon phénoménologique, même si l'on ne sait pas comment il est réalisé dans l'être, y a sa place: c'est un horizon de virtualités, le matériau potentiel qui, lors d'une perception, s'actualise en tant que représentation.

* * *

Cet horizon phénoménologique qui s'est imposé à notre attention, la colorimétrie vient en attester l'existence, comme le montrent les exposés de MM. König et Miescher. La colorimétrie met réellement et efficacement les deux horizons en correspondance. Elle introduit une métrique: au vu de «propositions» réalisées dans l'horizon phénoménal, le sujet peut, dans son horizon phénoménologique et par la conscience qu'il en prend, construire sa métrique, dont les lois sont en quelque sorte réassurées par la constitution de répondants phénoménaux. Il y a dialogue construit, effectif, et qui se maintient cohérent; l'existence objective de l'horizon phénoménologique est ainsi assurée. On peut

établir des lois de la représentation, douées d'une objectivité relative; mais la complexité de ces lois est telle qu'elle exclut, ici encore, certaines solutions trop simples, introduisant un certain automatisme de l'interprétation de l'image. Au contraire, la complexité de la loi d'actualisation fait ressortir le rôle absolument inaliénable de la personne à laquelle incombe pour finir le rôle de découvrir la signification de ces représentations.

On peut recourir encore à la preuve négative du daltonisme, où le message énergétique n'est pas interprété de la même façon, du fait de l'organe et d'une réduction de dimension de l'horizon phénoménologique. De la physique à la phénoménologie des couleurs, le chemin n'est pas simple.

* * *

Certaines des lois de la représentation pourraient être considérées comme des lois finales, c'est-à-dire des lois favorables non seulement au fonctionnement de l'organe, mais favorables existentiellement à la personne, à l'être vivant tout entier qui se sert de l'organe. Ainsi, par exemple, certaines lois de la vision colorée favorisent la perception des formes. Tout se passe comme si la vision colorée devait servir à la *restitution* de la réalité dont finalement l'organe ne fournit que des traces, des vestiges. (On pourrait même dire *traces* pour ce qui s'inscrit d'un côté, et *vestiges* pour ce qui induit la représentation de l'autre côté...).

Le moment est venu de pousser plus loin, de généraliser ces conclusions. La couleur n'est pas le seul vestige, et les vestiges colorés véhiculent, nous venons de le voir, d'autres vestiges, qu'on pourrait appeler formels; et certains ensembles de ceux-ci peuvent s'organiser du côté des représentations spatiales. Enfin l'horizon phénoménologique des couleurs et de la vision est lié aux horizons phénoménologiques des autres sens. A eux tous et dans leurs relations, dans leur structure de relation, ils forment ce qu'on pourrait appeler l'horizon sensible.

De là l'extension peut se poursuivre, M. König l'a montré, du côté de la prise de conscience des états de la personne dans le monde, plaisir ou déplaisir par exemple.

* * *

Il reste à mettre en place ce qui précède dans une théorie de la connaissance. Par la nature imparfaite du rapport réalisé en quelque sorte naturellement en nous (par l'intermédiaire de l'organe et de la structure de l'horizon phénoménologique) entre la représentation et les phénomènes, on voit que l'on est obligé d'écarter des solutions telles que celles de Kant ou de Husserl: la première basée sur le fait que la connaissance ne ferait que projeter vers le dehors les lois de notre organisation phénoménologique, la seconde sur le fait que l'essentiel de la réalité serait pas nature exprimé dans la structure de notre horizon phénoménologique. Ce sont là des solutions trop simples, qui ne contiennent une part de vérité que si l'on en rabat l'exigence de conformité des deux horizons, qu'on aille de l'un vers l'autre ou réciproquement.

Pour fonder une théorie de la connaissance, il faut pouvoir commencer dans un certain état de sommarité de précision, à condition de progresser, et de pouvoir revenir en arrière sur les fondements: c'est le type de la théorie de la connaissance dialectique. En d'autres termes, un examen suffisamment approfondi de la relation entre sensation et excitation conduit à la conviction que seule une théorie de la connaissance dialectique, donc ouverte, est capable de mettre régulièrement en place dans son rôle réel la fonction de la sensibilité.