

# ANTHROPOLOGIE.

## Studien zur Farbentheorie.

Von R. Exner und R. Routil.

### I. Arbeitsbericht.

Gelegentlich von in Dunkeladaption vorgenommener Untersuchungen ist es Haschek aufgefallen, daß normale Trichromaten für verschiedene Spektralbereiche erhebliche Unterschiede in ihrer Farbempfindlichkeit aufweisen, die bei Helladaption verschwinden. Haschek und seine Schüler haben sich in der Folge damit begnügt, diese Unterschiede messend zu verfolgen und die Ergebnisse in Farbempfindlichkeitskurven graphisch darzustellen. Haschek mußte diese Beobachtungen einfach als Tatsache hinnehmen, da weder die Young-Helmholtzsche noch die Hering'sche Farbentheorie Handhaben für eine befriedigende physiologische Erklärung bieten. Das ist auch vollkommen begreiflich, wenn man bedenkt, daß beide Theorien das voraussetzen, was sie erklären wollen, nämlich Farbbegriffe und daß sie außerdem mit den neueren Forschungsergebnissen der Hirnpathologie und vergleichenden Physiologie schwer in Einklang zu bringen sind. Erst die Ausarbeitung einer entwicklungsgeschichtlich, physiologisch, hirnpathologisch und linguistisch fundierten Farbentheorie durch R. Exner im Jahre 1938 ist imstande gewesen, den Haschek'schen Befunden und Beobachtungen einen tieferen physiologischen Sinn und damit praktische Bedeutung zu verleihen.

Eine moderne Farbtheorie hat nicht einem verschwommenen Begriff „Auge“ eine rote, grüne und blaue Farbempfindlichkeit zuzuschreiben und sich ein physiologisches Nichts darunter vorzustellen, sondern von der Erkenntnis auszugehen, daß die Farbbegriffe und die Kategorie Farbe Funktionsleistungen unserer Großhirnrinde sind, die an das Vorhandensein einer menschlichen Großhirnrinde gebunden sind und in ihrer Art außerhalb eines solchen Organes undenkbar sind. Freilich bedarf es normalerweise zu ihrer Erweckung und Ausbildung bestimmter Erregungen, die letztlich von Lichtsinnesorganen ausgehen. Lichtsinnesorgane haben die Wirbeltiere wohl alle, aber eine sechsschichtige Großhirnrinde besitzt in voller Ausbildung nur der Mensch. Es ist daher ein unmögliches Vorgehen, Lichtsinnesorganen Großhirnrindenfunktionen zu vindizieren. Das geschieht aber, wenn man kortikale und retinale Funktionen durcheinandermengt. Aufgabe der Lichtsinnesorgane kann stets nur die sein, auftreffende Lichtstrahlen in nervöse Erregungen umzu-

setzen. Was dann aus diesen Erregungen im Zentralnervensystem gemacht wird, wird Sache des betreffenden Nervensystems und nicht mehr des Lichtsinnesorganes sein, das nur das Material an optischen Erregungen beizustellen hat. Damit ist aber ein für allemal die Funktion des Farbensehens in das Zentralnervensystem zu verlegen und nicht in die Retina. Dafür ist die Frage zu klären, was für Erregungsformen von der Retina weg in das Gehirn abgegeben werden. Bei der Beantwortung dieser Frage müssen wir mit H e s s daran denken, daß der ganze Wirbeltierstamm von Bewohnern seichter Meere abstammt, daß F r ö h l i c h vom Sehnerven des C e p h a l o p o d e n a u g e s zwei Erregungsformen ableiten konnte und daß auch nach der neuen dynamischen Farbentheorie die Annahme von nur zwei derartigen Erregungsformen ausreichend ist, um das menschliche Farbsehen verständlich erscheinen zu lassen. Auch über Art und Bedeutung der beiden Erregungsformen läßt sich an Hand des Gesagten eine anschauliche Vorstellung gewinnen: Ein wasserbewohnendes Lebewesen benötigt einen optischen Tönungsmesser für die momentanen optischen Verhältnisse im umgebenden Medium. Dieser Tönungsmesser muß natürlich für diejenigen Wellenlängen empfindlich sein, die vom Wasser nur langsam verschluckt werden. In Frage kommen da die nach unserem Farbempfinden grauen, grünen und blauen Farbtöne. Ob dieser Tönungsmesser nun so konstruiert ist, daß er nur die Auftreffenergie der Lichtwellen oder auch ihre chemischen Einwirkungen auf lichtzersetzliche Substanzen ausnützt und in nervöse Erregungen umsetzt, ist nebensächlich, auf jeden Fall darf der Umsetzungseffekt nur so groß ausfallen, als die zentralnervösen Auswertungsmöglichkeiten es gestatten. Das bringt es mit sich, daß das Lichtsinnesorgan über Drosseleinrichtungen verfügen muß, die uns als A d a p t e r - Einrichtungen wohlbekannt sind. Die ursprüngliche Bedeutung des Tönungsmessers ist in der Auslösung optischer Anpassungsreflexe an die Umgebung zu suchen. Neben dem Tönungsmesser ist dann noch ein Alarmapparat vonnöten für Wellenlängen, die vom umgebenden Medium, also ursprünglich dem Wasser, stark verschluckt werden, und dadurch auf nicht aus Wasser bestehende Objekte aufmerksam macht. Ein solcher Alarmapparat muß einfach und stark wirksam sein und wird darum besonderer Adaptereinrichtungen nicht bedürfen. Was weiter mit den in das Zentralnervensystem gelangenden Erregungen gemacht wird, wird Sache des betreffenden Wirbeltiergehirnes und nicht mehr seiner Lichtsinnesorgane sein. Dabei ist noch zu bedenken, daß ein solches Wirbeltiergehirn auch den jeweiligen Spannungszustand der Adaptermechanismen registrieren und auswerten wird.

Durch die Forschungsarbeit von B a l a d o & F r a n k e ist bekannt geworden, daß beim Menschen die gesamte Sehbahn in die Calcarinarinde hinaufgeschaltet ist und nur eine Nebenschlußbahn von der 5. Lamelle des Kniehöckers die Oberen Vierhügel erreicht. Fest steht ferner

durch die Arbeiten von Wilbrand und Heenschen, daß der Hinterhauptlappen der Großhirnrinde die Auswertung der einlangenden optischen Erregungen zu besorgen hat. Die Dynamik dieser Hirnregion wurde durch die Arbeiten O. Pötzls weitgehend geklärt. Dadurch ist es R. Exner 1938 möglich geworden, eine dynamische Theorie für das menschliche Farbsehen in ihren Grundzügen auszuarbeiten und zu veröffentlichen. Danach haben wir in der Rinde des menschlichen Hinterhauptlappens eine Area striata abzuschneiden, die über eine besondere histologische Struktur verfügend, eine Art Netzhaut der Großhirnrinde darstellt und als eigentliche Sehphäre aufzufassen ist. Die Areae parastriata und peristriata repräsentieren die Nebensehphäre, die das Calcarinaerregungsbild zu übernehmen und förmlich abzulöschen hat. Das Calcarinaerregungsbild der Sehphäre ist aber nichts anderes als eine typisch entsprechende resonanzartige Wiedergabe des Retinaerregungsbildes. Farbsehen und Farbengnosis beruhen daher ganz einfach auf einem Spiel von Erregungen und deren Ausgleich in den zuständigen optischen Hirnregionen. Dann muß es aber auch möglich sein, durch farbengnostische Untersuchungen mit spektralreinen Farben und in Dunkeladaption, die nach den Erfahrungen Hascheks individuelle Unterschiede schärfer hervortreten läßt, Differenzen in der Dynamik dieser optischen Apparaturen festzustellen und meßbar zu machen. Als Indikator hat sich hierbei die Farbphasie als zuverlässiger erwiesen als die von Haschek mitunter verwendete Farbpraxie. Auch die von R. Routil angestellten Untersuchungen über die Farbpraxie ganzer Völker haben zu ähnlichen unsicheren Resultaten in Hinsicht auf das dynamische Geschehen bei der Farbengnosis geführt: Stets werden bei solchem Vorgehen die Feinheiten der optischen Gnosis durch die der Praxie dienenden Vorgänge im Stirnhirn überlagert und verwischt.

Wir haben auf Grund dieser Überlegungen und Erfahrungen mit einer einfachen Apparatur sowohl bei normalen Trichromaten beiderlei Geschlechtes als auch bei Kopfverletzten und Kriegsgefangenen verschiedener Völker diesbezügliche Untersuchungen angestellt. Diese haben als vorläufiges Resultat ergeben, daß bei Dunkeladaption die Farbempfindlichkeit für einzelne Spektralfarben in erster Linie vom Geschlechte und der Intensität seiner Ausprägung und in zweiter Linie von den rassischen und individuellen Eigenschaften der untersuchten Gehirne abhängig ist. Männer sind in eigenartiger Weise, die durch die Exnersche dynamische Farbentheorie in befriedigender Weise erklärbar ist, in Rot den Frauen überlegen. Auch besteht in Blau und besonders in Violett eine deutliche Überlegenheit des Mannes über die Frau. Die Frau ist in Rot nicht nur anders als der Mann, sondern auch schwächer; dagegen ist die Frau dem Manne in Grau und Grün voraus und auch in Gelb etwas farbeempfindlicher als der Mann. Das ist ohne weiteres verständlich, wenn man bedenkt, daß nach Benedikt eine

Volkstum	Mitteleuropäer	Westeuropäer	Osteuropäer	Ukrain. Polen	Dinaro-Armenide	Orientalo-Indide	Innerasiaten	Neger
Rass. Aufbau	Nordisch alpin dinarisch	Nordisch alpin mediterran	Nordisch ostisch	Nordisch ostisch mediterran	Nordisch ostisch dinarisch armenid	dinarisch orientald indid	orientald mongolid negrid	negrid
Schwarz	in OR*)				in OR*)		in DB**)	
Grau					sehr oft in rot und grün	sehr oft in blau und violett		
Rot	Schwerpunkt in Hochrot	Schwerpunkt in Hochrot und Orangerot	Schwerpunkt in Orangerot					sehr häufig in Gelbreihe
Braun						sehr häufig in Gelbreihe		
Gelb	schwach	ab OR bis DG**)	relativ gut	ab Orangerot häufig	Schwerpunkt in Orangerot	ab Orangerot auffallend gut	ab Orangerot bis Hellgelb	Schwerpunkt in Orangegeb
Weiß	wird nicht angewendet		weiß wird angewendet		wird häufig von Gelb bis Violett angewendet			
Grün	schwach	gut	schwach	gut			relativ schwach	
Blau	keine wesentlichen Unterschiede							relativ häufig in grün und blau
Violett			wird als solches erkannt			wird nicht verwendet		

\*) OR = Orangerot. \*\*) DB = Dunkelblau. \*\*\*) DG = Dunkelgelb.

Frau einen geringeren Sauerstoffverbrauch pro Zeiteinheit als ein Mann gleichen Gewichtes, gleicher Größe und gleichen Alters hat. Dann wird bei gleichem Aufbau der optischen Rindenfelder die Biose beim Manne größer sein und daher die Sehsphäre eine stärkere Resonanz für Alarm-erregungen aufbringen, aber auch die Nebensehsphäre stärkere Ansprüche an die Sehsphäre stellen. Der praktische Erfolg für die Farben-gnosis wird aber der sein, daß der Mann bei der Erfassung eher geneigt sein wird, solche Erregungen als Schwarz oder als undifferenzierbare Helligkeit zu bezeichnen als die Frau. Der spektrale Rotbezirk von letz-terer wird ausgedehnter, aber schwächer sein. Dementsprechend werden auch die Farbbegriffe angewandt, also z. B. Rosa statt Rot oder Gelb statt Rosa. Überlegen ist *ceteris paribus* die Frau in den Farben, die gnostisch auf Adaptererregungen beruhen; sie hat bei gleicher Leistungs-kapazität der Ganglienzellen einen größeren Spielraum dafür frei als der Mann. Daher auch die besseren Leistungen in Grau und vor allem in Grün. Praktisch läuft also das Ganze darauf hinaus, daß bei der Frau in der Sehsphäre quantitativ und in der Nebensehsphäre qualitativ infolge geringerer Biose normalerweise weniger geleistet wird als beim Mann. Bei gleicher anlagebedingter Leistungskapazität der Ganglien-zellen wird aber die Frau dem Manne gegenüber einen größeren zellulären Leistungsspielraum zur Verfügung haben, der fallweise eingesetzt i n t e r z e l l u l ä r den Leistungen des Ganglienzellverbandes zu gute kommen wird und das sind vor allem die Spannungsgrade der kortikalen, mesenzephalen und retinalen Adaptermechanismen, von denen in erster Linie die Sättigungsgrade der empfundenen Farben und die Stärke der Grünempfindung abhängig zu denken sind.

Die beiliegende Tabelle zeigt nun die aus unseren Untersuchungen sich ergebenden Unterschiede und Eigenheiten für die Völker, deren Angehörige wir zu untersuchen Gelegenheit hatten. Die Tabelle wurde von R. R o u t i l zusammengestellt. Die Zahl der untersuchten Indivi-duen bei den einzelnen Völkern ist relativ sehr gering (4—10 Indivi-duen). Es ist daher zu erwarten, daß sich bei Massenuntersuchungen noch größere und kleinere Abweichungen von unseren Beobachtungen ergeben werden und vielleicht noch Unterschiede von Bedeutung werden können, die uns rassenphysiologisch bedeutungslos erschienen sind. Wir haben in der Tabelle nur deutliche Unterschiede berücksichtigt und auch nur große Völkerkreise in den Bereich unserer Betrachtungen gezogen.

Man kann nun daran denken, daß an den Unterschieden beim Far-bensehen rassisch bedingte Unterschiede im Gehirnbau Schuld sind. Der-artige Unterschiede konnten jedoch durch eine vergleichende Anatomie noch sehr wenig nachgewiesen werden. Allerdings stehen wir mit diesen Untersuchungen am Beginne künftiger Forschungen. Bekannt ist bis jetzt nur die Tatsache geworden, daß bei negroiden Völkern im Großen und Ganzen die Sehsphäre ausgedehnter ist, als bei den nichtnegroiden

Völkern, die Nebensehsphäre aber kleiner. Daneben existiert noch eine einzelne Angabe, die behauptet, daß bei gelbrassigen Völkern die dritte Rindenschichte breiter ist, als bei den weißrassigen. Wenn nun auch morphologisch rassenphysiologische Unterschiede im Gehirnbau nur sehr spärlich bekannt geworden sind, so mag dies daran liegen, daß diesbezügliche Untersuchungen nur sehr selten durchgeführt worden sind und diese nur auf die Morphologie und nicht auf den chemischen Aufbau der Gehirne ausgedehnt worden sind. Letzteres könnte mit fluoreszenzmikroskopischen Methoden durchgeführt werden.

Die beträchtlichen funktionellen Unterschiede in der Farbengnosis bei männlichen und weiblichen Gehirnen weisen auch darauf hin, daß die Geschlechtsbestimmung des einzelnen Individuums eine große Rolle spielt. Dabei hat sich die interessante Tatsache ergeben, daß maskuline Frauen in der Anwendung des Rotbegriffs in Bezug auf Umfang des Spektralbereiches und Sättigungsgrad durchaus feminin reagieren, sich aber bei Anwendung des Blaubegriffs den Eigenheiten des männlichen Farbensehens nähern. Umgekehrt bleibt der feminine Mann im spektralen Blau- und Grünbereich Mann, nähert sich aber in den Eigenschaften seiner Roterkenntnis der Frau. Dies läßt den Schluß zu, daß die Farbengnosis nicht nur von rassischen Eigentümlichkeiten des Gehirnbauens, sondern auch von der individuellen Epistase abhängig ist. Somit ist daran zu denken, daß es auch beim Menschen analog den Goldschmid'schen Lokalrassen des Schwammspinners rasseneigene Epistasengrößen gibt. Diese Epistasengrößen können nun durch farbenagnostische Untersuchungsmethoden und weitere Verfeinerungen derselben näher bestimmt und meßbar gemacht werden.