Über Simultankontrast auf verschiedenen Sinnes- gebieten (Auge, Bewegungssinn, Geschmacks- sinn, Tastsinn und Temperatursinn).

Von

Dr. med. **Armin von Tschermak**,
Professor an der tierärztlichen Hochschule in Wien.

(Mit 1 Textfigur.)

I. Allgemeine Bedeutung des Simultankontrastes.

Die Erscheinungen des Umgebungs- oder Simultankontrastes haben erst dadurch für die Physiologie wesentliche Bedeutung gewonnen, dass E. Mach¹⁾ und E. Hering²⁾ für den Gesichtssinn die physiologische Natur jener Phänomene erwiesen und vertraten und zwar im Gegensatze zu der Theorie einer rein psychologischen Natur³⁾. Die letztere Auffassung des Kontrastes als einer „Urteils-

1) Über die physiologische Wirkung räumlich verteilter Lichtreize. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Abt. 2 Bd. 52 S. 303—322. 1865; Bd. 54 S. 131—144 und 393—408. 1866; Bd. 57 S. 11—19. 1868. — Ferner du Bois' Arch. f. Physiol. 1865 S. 629—635. — Vierteljahrsschr. f. Psychiatrie herausg. von Leidesdorf u. Meynert, Jahrg. 2 S. 38—51. 1868. — Analyse der Empfindungen, 1. Aufl., S. 92. 1886; 5. Aufl., S. 176. 1906. Jena. Endlich Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Abt. 2a Bd. 115 S. 633—648. 1906.

2) Zur Lehre vom Lichtsinn. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Abt. 3 Bd. 66, 68, 69, 70. 1872—1874; auch separat, speziell § 10, 11, 32. Ferner Pflüger's Arch. Bd. 39 S. 159—170. 1886; Bd. 40 S. 1—20. 1887; Bd. 41 S. 29—46 und 91—106. 1887; Bd. 42 S. 119—144. 1888; Bd. 47 S. 236 bis 242. 1890; Bd. 94 S. 533—554. 1903, u. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 1 S. 18—28. 1890. Besonders: Über die Theorie des simultanen Kontrastes von Helmholtz, Pflüger's Arch. Bd. 40 S. 172—191. 1887; Bd. 41 S. 1—29 und S. 358—367. 1887; Bd. 43 S. 1—21. 1888 und Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilkunde 2. Aufl. Bd. 3 Kap. 12 Abschn. 5: Die tonfreien Wechselwirkungen der Sehfeldstellen S. 115—141 und Abschn. 6: Das falsche Licht im Netzhautbilde S. 141—159. 1907.

3) Bezüglich des Details der historischen Entwicklung und der sehr umfangreichen Literatur muss ich auf meine Monographie „Über Kontrast und Irradiation“ verweisen. Ergebn. d. Physiol. Jahrg. 2 Abt. 2 S. 726—798. 1903, speziell auf den historischen Abschn. „Die Theorien des Kontrastes“ S. 779—788.

täuschung“ wurde bekanntlich besonders von E. v. Brücke, H. v. Helmholtz, S. Exner, J. v. Kries¹⁾ (mit einer gewissen Einschränkung) verfochten; nicht eine Veränderung der Empfindung, sondern eine solche der Abschätzung liege dem Umgebungskontraste zugrunde, die an sich unveränderte „Empfindung“ werde infolge eines falschen Urteiles anders ausgelegt und führe demnach zu einer anderen „Vorstellung“ oder „Wahrnehmung“.

Die Idee einer physiologischen Natur des Kontrastes überhaupt findet sich allerdings bereits bei W. v. Goethe²⁾, dann auch bei Brewster (1833, 1865), H. Meyer (1853, 1855, 1856), Plateau (1834), Joh. Müller³⁾, G. Th. Fechner (1838), H. Aubert⁴⁾. Neben diesen Vertretern der älteren physiologischen Kontrastlehre seien als Repräsentanten der neueren, von E. Mach und E. Hering begründeten physiologischen Auffassung des Simultankontrastes genannt A. Rollet (1867, 1891), J. K. Becker (1871), speziell auch W. Wundt⁵⁾, W. Wirth⁶⁾, C. S. Sherring-

1) Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse. Du Bois' Arch. f. Physiol. 1882. Suppl. und Zur Theorie der Gesichtsempfindungen. Du Bois' Arch. f. Physiol. 1887 S. 113—119. — In seiner jüngsten Darstellung (Handb. d. Physiol. herausg. v. W. Nagel Bd. 3 S. 237—245. 1905) bejaht v. Kries die Lehre von einer physiologischen Grundlage der Kontrasterscheinungen, neigt jedoch daneben zur Annahme einer Einmischung psychologischer Momente in der von v. Helmholtz vermuteten Weise.

2) Zur Farbenlehre, speziell Bd. 1 § 33, 56, 180. Cotta, Tübingen 1810. „Malt sich auf einem Teile der Netzhaut ein farbiges Bild, so findet sich der übrige Teil sogleich in einer Disposition, die korrespondierenden Farben hervorzubringen“.

3) Handb. d. Physiol. Bd. 2 Kap. 2 (V) I. 3, B. S. 371—374. Joh. Müller bezeichnet den Simultankontrast als eine „Wechselwirkung der Netzhautteilchen, genauer als Erregung entgegengesetzter Zustände in nebeneinander liegenden Teilen der Netzhaut“. Die Kontrasterscheinungen „beweisen wieder, dass die Farben nur bestimmte Zustände der Nervenhaut sind, welche sich in verschiedenen Netzhautteilen wechselseitig hervorrufen können“.

4) Physiologie der Netzhaut, speziell S. 387—390. Breslau 1865.

5) Grundriss der Psychologie, 8. Aufl., 1907 § 17, 23, 24 und Physiologische Psychologie, 5. Aufl., Bd. 2 Kap. 10, speziell S. 207—225, 252—262. 1902. Wundt erklärt, dass es zweckmässiger wäre, den psychologischen Kontrast als eigentlichen Kontrast zu bezeichnen, den rein physiologischen aber, besonders den Helligkeits- und Farbenkontrast, als antagonistische Kontakt-erregung zu benennen.

6) Vorstellungs- und Gefühlskontrast. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 18 S. 49—90, speziell S. 56. 1898.

ton¹⁾, O. F. Grünbaum²⁾, A. v. Tschermak³⁾. — Objektive Daten zugunsten der physiologischen Kontrastlehre hat V. Bauer⁴⁾ beigebracht. Er stellte nämlich eine interessante Reflexwirkung fest, welche seitens der kontrastiv beeinflussten, d. h. in Schwarzerregung versetzten Sehelemente auf die Haut-Chromatophoren bei der Krebsart *Idotea tricuspidata* ausgeübt wird. Bei Beschattung oder Lackierung der oberen oder der unteren Hälfte beider Augen tritt reflektorische Schwärzung des Tieres ein, bei vollständigem Lichtabschluss der Augen Einstellung auf Mittelgrau, bei allseitigem Lichtzutritt Einstellung auf maximalhell.

Der Hauptinhalt der physiologischen Kontrasttheorie lässt sich bezüglich des Auges folgendermaassen formulieren. Die einzelnen Sehelemente üben eine gegensätzliche Wechselwirkung aufeinander aus. Dieselbe ist nicht an das Endglied der Sehleitung, an die sogenannte psychophysische Sphäre geknüpft, sondern erfolgt in der präterminalen Region, ohne jedoch auf das Anfangsglied der Sehleitung beschränkt zu sein. Allerdings ist der Simultankontrast vorwiegend, aber nicht ausschliesslich in jenes Gebiet zu lokalisieren, in welchem die beiden Sehorganhälften noch gesondert sind. Infolge des präterminalen Antagonismus gewisser Erregungskomponenten, speziell von Weiss und Schwarz, erfolgt eine Interferenz oder Subtraktion zwischen der direkt primär durch den Lichtreiz hervor-

1) On the reciprocal action in the retina as studied by means of some rotating discs. Journ. of physiol. vol. 21 p. 33—54. 1897, und Proceed. of the physiol. soc. Journ. of physiol. vol. 20 p. XVIII. 1896. Ferner Observations on „Flicker“ in binocular vision. Proceed. of the royal soc. vol. 71 p. 71—76. 1903.

2) On intermittent stimulation of the retina. Journ. of physiol. vol. 22 p. 433—450, speziell p. 449. 1898.

3) A. a. O. Dortselbst habe ich u. a. ein zur Veranschaulichung der physiologischen Auffassung des Kontrastes geeignetes Schema angegeben, ferner den Nachweis von farbigem Simultankontrast auf pathologischer Weise total farbenblinden Netzhautstellen beigebracht, sowie die Bedeutung dieser Feststellung, wie auch des Kontrastes im Bereiche des blinden Fleckes dargelegt, endlich die anomale Lokalisation des positiven Skotoms, welches dem blinden Flecke des Schielauges entspricht, bei Schielenden mit anomaler Sehrichtungsgemeinschaft mitgeteilt. Vgl. ferner: Physiologische und pathologische Anpassung des Auges, speziell S. 8. Veit & Co., Leipzig 1900 und Über das Verhältnis von Gegenfarbe, Kompensationsfarbe und Kontrastfarbe. Pflüger's Arch. Bd. 117 S. 473—496. 1907.

4) Über einen objektiven Nachweis des Simultankontrastes bei Tieren. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 19 S. 453—462. 1905.

gerufenen Erregungsart und der indirekt, sekundär induzierten Erregungsart. In der terminalen oder psychophysischen Sphäre kommt daher nur deren Differenz zur Geltung. Damit ist auch die von E. Mach und E. Hering erkannte, eminente biologische Bedeutung des optischen Simultankontrastes gegeben. Er stellt das physiologische Korrektionsmittel dar gegenüber der unvermeidlichen Unvollkommenheit der Reizverteilung oder Bilderzeugung im Auge. Bei Abbildung eines Lichtpunktes verdeckt nämlich das Kontrastschwarz die diffuse Mitbelichtung des Grundes und beschränkt die Fläche des astigmatischen Bildes. Der Kontrast ersetzt sozusagen den physikalischen, dioptrischen Astigmatismus durch eine physiologische, funktionelle Stigmatik und vermittelt trotz unscharfer Reizverteilung, trotz eines diffusen Anfangseffektes nach Elementengruppen einen distinkten, lokalen Endeffekt nach Einzelelementen des Sehorgans. Durch den Kontrast erhält das subjektive Anschauungsbild scharfe Konturen, während das objektive Netzhautbild nur verwaschene Randsäume besitzt. Wohl erst durch die Kontrastfunktion unseres Auges vermögen wir überhaupt zu lesen und erhalten wir das Empfindungssubstrat für den mathematischen Begriff des Nichtdimensionalen und des Eindimensionalen, des Punktes und der Linie ¹⁾.

Eine weitere Bedeutung des Kontrastes ist nach Hering's Darlegung (a. a. O. 1907 S. 131) dadurch gegeben, dass er eine Momentan- oder Simultananpassung des Auges vermittelt. Vermöge derselben werden bei rascher Änderung der Gesamtbeleuchtung des Gesichtsfeldes nicht alle Farben der Aussendinge weisslicher; dieselben ändern vielmehr — zum Teil wenigstens — ihre Farbe sehr wenig oder gar nicht.

2. Vorkommen des Simultankontrastes.

Die so interessante Kontrastfunktion erweist sich als keineswegs beschränkt auf den Licht- und Farbensinn des Auges. So zeigen, wie bekannt, die Sehelemente eine gegensätzliche Wechselwirkung auch bezüglich der Bewegungsqualität der von ihnen vermittelten Gesichtsempfindungen. Erscheint doch bei gleichzeitiger Beobachtung eines objektiv in Ortsänderung begriffenen Objektes und eines ruhenden unter geeigneten Bedingungen das letztere subjektiv bewegt, oder es erscheinen beide zugleich und zwar

1) Vgl. meine Ausführungen, a. a. O., 1903 S. 795—798.

entgegengesetztem Sinne bewegt. Als Beispiele seien angeführt das scheinbare Verhalten eines ruhenden und eines bewegten Lichtpunktes im sonst dunklen Raume¹⁾, das scheinbare Verhalten von Mond und ziehenden Wolken, der gleichzeitige Eindruck eines Wasserlaufes von starker Strömung und des denselben begrenzenden sandbedeckten Uferstreifens. Bezüglich weiterer Details sei speziell auf die Untersuchungen A. v. Szily's²⁾ über simultanen Bewegungskontrast hingewiesen.

Für den optischen Grössensinn ist ferner das Bestehen von Simultankontrast durch J. Loeb³⁾ recht plausibel gemacht worden, nachdem bereits E. Mach und H. v. Helmholtz⁴⁾ eine

1) Im Anschlusse hieran sei an die allerdings komplex begründete Beobachtung H. Aubert's erinnert, dass ein gesehenes bewegtes Objekt zur Auslösung von Bewegungsempfindung eine viel grössere Winkelgeschwindigkeit haben muss, wenn es allein im Gesichtsfelde ist, als wenn ausser ihm noch ein ruhendes Objekt gesehen wird. (Die Bewegungsempfindung. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 40 S. 459—480. 1887.)

2) Bewegungsnachbild und Bewegungskontrast. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 38 S. 81—154. 1905, speziell S. 135—144; Zum Studium des Bewegungsnachbildes. Ebenda Bd. 42 S. 109—114. 1907. Vgl. auch J. Hoppe, Die scheinbare Bewegung des Ufers in einer dem Wasser entgegengesetzten Richtung beim Sehen am fliessenden oder doch bewegten Wasser. Memorabilien Bd. 25 S. 108. 1880, und Studie zur Erklärung gewisser Scheinbewegungen. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 7 S. 29—37. 1894. Ferner L. W. Stern, Die Wahrnehmungen von Bewegungen mittels des Auges. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 7 S. 321—386. 1894, auch sep. L. Voss, Hamburg.

3) Über den Nachweis von Kontrasterscheinungen im Gebiete der Raumpfindung des Auges. Pflüger's Arch. d. ges. Physiol. Bd. 60 S. 509—518. 1895, und Über Kontrastempfindungen im Gebiete der Raumpfindungen. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 16 S. 298—299. 1898. — G. Heymans, Quantitative Untersuchung über das optische Paradoxon. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 2 S. 221—255 und 420. 1896, und Quantitative Untersuchungen über die Zöllner'sche und die Loeb'sche Täuschung. Ebenda Bd. 14 S. 101. 1898. — Th. Lipps, Bemerkung (zur vorstehenden Arbeit). Ebenda Bd. 15 S. 132—138. 1898.

4) E. Mach, Analyse der Empfindungen, 4. Aufl., S. 98. Jena 1904. — H. v. Helmholtz, Physiol. Optik, 2. Aufl., S. 714. 1885—1896. Ferner Müller-Lyer, Optische Urteilstäuschungen. Arch. f. Physiol. 1889 Suppl. S. 263—270. Zur Lehre von den optischen Täuschungen. Über Kontrast und Konfluxion. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 9 S. 1—16. 1896. — W. Holtz, Über den unmittelbaren Grösseneindruck in seiner Beziehung zur Entfernung und zum Kontrast. Göttinger Nachr. 1893 S. 159—167. — J. M. Baldwin, The effect of size-contrast upon judgements of position in the retinal field. Psychol. Review vol. 2 (3) p. 244—259. 1895. — A. Höfler, Krümmungskontrast. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 10 S. 99—108. 1896. —

solche Möglichkeit diskutiert hatten. Es erscheint nämlich, wie J. Loeb durch Simultanvergleich, d. h. Darbieten der zu beurteilenden Strecke in duplo zeigte, der Abstand eines Objektes von einem anderen nach Breite, Höhe oder Tiefe grösser nach Einbringen eines dritten Objektes zwischen beide, kleiner nach Anfügen eines dritten nach aussen von einem der beiden Objekte. — Der Kontrast auf dem Gebiete des subjektiven Maassstabes in den einzelnen Sehfeldteilen äussert sich auch bezüglich der scheinbaren Richtung von Linien, z. B. in der Beeinflussung einer objektiv lotrechten oder wagrechten Linie durch eine benachbarte schräge Linie¹⁾.

Altbekannt ist die kontrastive Beziehung zwischen dem Bewegungssinne des Auges und dem Bewegungssinne des Gesamtkörpers²⁾. Die Scheinbewegung des eigenen auf einer Brücke stehenden Körpers beim Blick auf das darunter strömende Wasser, welche ich am besten erhalte bei Fixation des Brückengeländers bzw. bei Einstellung des Auges auf die Entfernung der Wasseroberfläche oder auf die Unendlichkeit unter Festhalten des Blickes am Brückengeländer [vgl. Opperl; Helmholtz contra³⁾],

C. Reichel, Über den Grössenkontrast. Inaug.-Diss. Breslau 1897. — W. Wirth, Vorstellungs- und Gefühlskontrast. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 18 S. 49—90, speziell S. 59—71. 1898. — F. Schumann, Beiträge zur Analyse der Gesichtswahrnehmungen. 2. Abh.: Zur Schätzung räumlicher Grössen. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 24 S. 1—33. 1900. — B. Bonnier, La perception visuelle de l'espace. Speziell § 132 p. 308. C. Reinwald, Paris 1902.

1) H. v. Helmholtz, Physiologische Optik, 1. Aufl. S. 571, 2. Aufl. S. 714. — Man vergleiche die durch die Inkongruenz der Netzhäute bedingte und die kontrastiv erzeugte scheinbare Konvergenz-Divergenz lotrechter Objekte bei P. Hofer, Beitrag zur Lehre vom Augenmaass bei zweiäugigem und bei einäugigem Sehen. Pflüger's Arch. d. ges. Physiol. Bd. 115 S. 483—513, speziell S. 506. 1906.

2) Über die Beziehung zwischen den sensorischen Funktionen des Auges und des Labyrinths vergleiche man die klassische Studie von E. Mach, Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig 1875; ferner meine Monographie „Über die Grundlagen der optischen Lokalisation nach Höhe und Breite“. Ergebn. d. Physiol. Jahrg. 4 S. 517—564, speziell S. 553—560. 1905, sowie C. Biehl, Beitrag zur Lehre von der Beziehung zwischen Labyrinth und Auge. Obersteiner's Neurol. Arbeiten Bd. 15/16. 1908. (Festschr. f. Obersteiner); siehe auch V. Urbantschitsch, Über Störungen des Gleichgewichtes und Scheinbewegungen. Zeitschr. f. Ohrenheilkunde Bd. 31 S. 234—294. 1897.

3) J. J. Opperl, Neue Beobachtungen und Versuche über eine eigentümliche, noch wenig gekannte Reaktionstätigkeit des menschlichen Auges. Poggendorf's Ann. Bd. 99 S. 540—561. 1856, ferner Jahresb. d. Frankfurter

ferner die Scheinbewegung im stehenden Eisenbahnzuge bei Betrachtung eines vorüberfahrenden zweiten Zuges sind ganz populäre Beispiele dafür¹⁾. Als eine ungewöhnliche Modifikation führe ich weiter an das scheinbare Emporschweben beim Betrachten einer sich abwärts bewegenden Fläche, z. B. des stürzenden Wassers beim Aufenthalt hinter einem Falle²⁾. Durchweg erweist sich das indirekte Sehen nicht bloss bezüglich der Vermittelung von Bewegungsempfindung überhaupt³⁾, sondern auch bezüglich der Erzeugung von Bewegungskontrast als überlegen gegenüber dem direkten Sehen⁴⁾.

Antagonistische Wechselwirkung besteht ferner, wie F. Kiesow⁵⁾ gezeigt hat, zwischen den verschiedenen Teilen des

naturwissensch. Vereins 1859—1860 S. 54—64 und Zeitschr. f. Naturwissensch. Bd. 17 S. 258—260. 1860. — H. v. Helmholtz, Physiologische Optik. 1. Aufl. S. 619. 1856—1866, 2. Aufl. S. 763. 1885—1896.

1) H. W. Dove, Über optische Täuschungen bei der Bewegung. Monatsber. d. Berl. Akad. 1865 S. 129—130. — Plateau, Sur des nouvelles applications curieuses de la persistance des impressions de la rétine. Bull. de l'acad. roy. de Bruxelles vol. 16 t. 2 p. 30, 254 und Poggendorff's Ann. Bd. 80 S. 150, 287. 1849. — J. Hoppe, Die Scheinbewegungen. Würzburg 1879. — Czermak, Zur Physiologie der Gesichtseindrücke. Das Plateau-Oppel'sche Phänomen und sein Platz in der Reihe gleichartiger Erscheinungen. Arch. f. Augenheilkunde Jahrg. 11 (2) S. 241. 1881.

2) Man vergleiche als Gegenstück die Schilderung L. Boltzmann's (Populäre Schriften S. 411—412. J. A. Barth, Leipzig 1905): „Wenn man vom Aussichtswagen aus nach rückwärts blickt, so erscheinen die Eisenbahnschienen wie ein endloses Band, das mit rasender Geschwindigkeit unter dem Wagen hervorgezogen wird.“

3) S. Exner, Über das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges. Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 72 Abt. 3 S. 156—198. 1875 und Ein Versuch über die Netzhautperipherie als Organ zur Wahrnehmung von Bewegungen. Pflüger's Arch. d. ges. Physiol. Bd. 38 S. 217—218. 1886.

4) So zeigte A. v. Szily (a. a. O. S. 147), dass die Scheinbewegung ruhender Gegenstände im indirekten Sehen früher eintritt und länger andauert als im zentralen Sehen. R. Cords und E. Th. v. Brücke fanden weiter, dass die Geschwindigkeit des Bewegungsnachbildes in den peripheren Anteilen des Gesichtsfeldes bedeutend grösser ist als in den zentralen (Über die Geschwindigkeit des Bewegungsnachbildes. Pflüger's Arch. d. ges. Physiol. Bd. 119 S. 54—76. 1907).

5) Beiträge zur physiologischen Psychologie des Geschmackssinnes. 2. Teil. Wundt's philosophische Studien Bd. 10 S. 522—561, speziell S. 532—561. 1894. — Oehrwall hat 1890 die Existenz von Kontrasterscheinungen auf dem Gebiete des Geschmackssinnes überhaupt bestritten. (Untersuchungen über den Geschmackssinn. Skand. Arch. f. Physiol. Bd. 2 S. 1.)

Aufnahmeapparates des Geschmackssinnes. So macht Behandlung der einen von zwei homologen Zungenstellen, speziell des einen Zungenrandes mit Kochsalz als Salzig-Reiz den anderen Zungenrand simultan empfindlicher für den Süßreiz einer Zuckerlösung; der umgekehrte Versuch ist minder deutlich (S. 540—547). Auch für Salzig (NaCl) und Sauer (HCl), weniger sicher für Sauer (HCl) und Süß (Zucker) ist eine analoge Kontrastwirkung festzustellen (S. 552—554, 557—560), nicht aber für Bitter und eine der drei anderen Geschmacksqualitäten (S. 560—561).

Darüber, ob entsprechende Kontrastbeziehungen zwischen den beiden Hälften des Riechorgans oder des Gehörorgans bestehen, fehlt es meines Wissens noch an entscheidenden Versuchen. Bei der Möglichkeit von Kompensation zwischen gewissen Eindrücken beider Hälften des Riechorgans, wie sie Z w a r d e m a a k e r¹⁾ systematisch erwiesen hat, erscheint ein solches Verhalten nicht ausgeschlossen. — Auch auf dem Gebiete des Muskelsinnes, d. h. der Stellungs- und Bewegungsempfindungen der einzelnen Glieder sind keine Erscheinungen von Simultankontrast bekannt.

Andererseits lassen gewisse Sinnesqualitäten der Haut unzweideutig das Bestehen einer Kontrastfunktion zwischen den einzelnen nervösen Elementen dieses Organs erkennen, welches gleich dem Auge schon anatomisch als Mosaik imponiert und infolge des verschiedenen Lokalzeichens gewisser physiologischer Einheiten auch als Mosaik funktioniert. Auf dem Gebiete des Drucksinnes oder Tastsinnes s. str., bzw. des haptischen Raumsinnes ist es die Bewegungs- und die Grössenqualität, für welche das Bestehen von Simultankontrast von vornherein vermutet werden darf. Man überzeugt sich leicht davon, dass bei gleichzeitiger Berührung mit drei Spitzen, von denen die beiden äusseren rasch und durch kurze Zeit über die Haut hinwegbewegt werden, während die mittlere objektiv ruht und nur kurze Zeit in Berührung mit der Haut gebracht wird, auch die letztere bewegt erscheint und zwar im entgegengesetzten Sinne wie die beiden anderen. Zu Kontrollversuchen lasse man die mittlere Spitze tatsächlich über eine kurze

1) Die Physiologie des Geruches, speziell S. 169—172. Leipzig 1895. Ferner Artikel „Geruch“ in den *Ergeb. d. Physiol.* Jahrg. 1 Abt. 2 S. 896—909, speziell S. 905. 1902.

Hautstrecke hinwegstreichen. — Für den haptischen Grössensinn ist ähnliches zu vermuten, wie es J. Loeb für den optischen Grössensinn demonstrierte, doch ist der exakte Nachweis schwer oder kaum zu führen. Nur so viel lässt sich mit Sicherheit aussagen, dass eine geteilte, speziell halbierte — durch Spitzen bezeichnete — Strecke grösser erscheint als eine ungeteilte von objektiv gleicher Länge.

Besondere Aufmerksamkeit habe ich der Untersuchung des thermischen Simultankontrastes zugewendet. Meine Vermutung, dass ein zuvor thermisch indifferenter flächenhafter Berührungsreiz bei nachfolgender Wärmeerregung der Umgebung kalt, bei Kälteerregung warm empfunden werden dürfte, bestätigte sich bereits in den Erstlingsversuchen im Jahre 1898. Seither habe ich diese Beobachtungen sehr häufig wiederholt und auch an anderen Personen, so an den Besuchern meiner Vorlesungen in Halle und Wien, mit verbesserten Untersuchungsmitteln immer wieder bestätigt gefunden. Nachträglich überzeugte ich mich, dass bereits W. Preyer¹⁾ für das Bestehen von Simultankontrast auf dem Gebiete des Temperatursinnes — in Analogie zum Farbensinne — eingetreten ist. Derselbe gibt an, dass man, sobald eine Hautstelle sehr stark abgekühlt wird, die daran grenzenden Stellen lauwarm empfindet; ein mit Quecksilber von Handtemperatur gefüllter kleiner Platintiegel, welcher bei alleiniger Berührung des Handtellers neutral erschien, verursachte bei plötzlichem Danebenaufsetzen eines zweiten grösseren Platintiegels, welcher mit Quecksilber von -10° C. gefüllt war, eine sehr deutliche lauwarmer, nach einigem Zuwarten sogar eine deutlich warme Empfindung. Hingegen erfolgte Kaltempfindung bei Füllung des zweiten grösseren Platintiegels mit Quecksilber von $+50^{\circ}$ C. In analoger Weise wurde, sobald man den Handteller auf zwei Metallflächen von je 4 qcm Ausdehnung und 2 cm Abstand drückte, die Zwischenregion sehr deutlich warm empfunden und zwar auch bei Berührung mit einem Finger der anderen Hand. — Ferner hat V. Urbantschitsch²⁾ angegeben, dass in manchen Fällen die Erregung der einen Temperaturempfindung eine Miterregung der anderen Temperaturempfindung in der Umgebung der gereizten

1) Über den Farben- und Temperatursinn mit besonderer Rücksicht auf Farbenblindheit. Pflüger's Arch. d. ges. Physiol. Bd. 25 S. 31—100. 1881, auch sep. Bonn 1881.

2) Über Sinnesempfindungen und Gedächtnisbilder. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 110 S. 437—491, speziell S. 465. 1905.

Stelle als eine Art Kontrasterscheinung bewirkte; der letztere Effekt trat entweder gleichzeitig oder verspätet als Nachempfindung auf.

Zum einwandfreien, systematischen Nachweise des thermischen Simultankontrastes benutzte ich von vornherein ein Verfahren, welches bis zu einem gewissen Grade der Bunsen-Lummer'schen Methode der Fleckphotometrie oder der Hering'schen Lochschirm- oder Infeld-Umfeldanordnung vergleichbar ist. Ich stützte mich auf die optische Erfahrung, dass ein sogenannt farbloses Licht unter sonst gleichen Umständen dann am stärksten kontrastiv gefärbt erscheint, wenn es ein relativ kleines Feld auf ausgedehntem farbigen Grunde erfüllt, da sich dann die Kontrastwirkung von allen Seiten her summiert. Demgemäss wurde eine kleine zentrale Prüf- oder Tasterplatte als sogenannt kontrastleidendes Feld und ein umschliessender Ring als kontrasterregendes Feld benutzt.;

Zuerst waren Ring und Taster aus Kork gefertigt und mit Rehlleder bespannt. Der erstere hatte einen äusseren Durchmesser von 5 cm, eine Lichtung von 2 cm, mithin 1,5 cm Breite. Der Taster bestand aus einem Stöpsel von 1,5 cm Bodenfläche, von einem Glasstabe getragen. Später verwendete ich quadratische Rahmen von 7,5 cm Seitenlänge mit einem 3 cm fassenden Kreisausschnitt; die Tasterfläche hatte 2 cm Durchmesser. Zum Zwecke des Versuches wurde der Taster mit Wasser getränkt, dem auf Grund schrittweisen Prüfens die Indifferenztemperatur für die zu prüfende Hautstelle gegeben war, so dass das kurzdauernde Aufsetzen des Tasters nur die Empfindung von Berührung (und Nässe), nicht aber von Wärme oder Kälte auslöste. Nach jeder Berührung wurde die Hautstelle rasch abgetrocknet. Inzwischen war ein Ring mit kaltem, ein anderer mit warmem Wasser getränkt worden. Nun wurde einer der Ringe so aufgelegt, dass er die vorher geprüfte Hautstelle genau einfasste. Wurde nun bei deutlichem Kalterscheinen des Ringes der Taster durch das Loch des Ringes für kurze Zeit neuerdings aufgesetzt, so erhielt der Beobachter jedesmal eine deutliche Warmempfindung, im Falle der Berührung des Warmringes eine Kaltempfindung. In dieser Form eignet sich der Versuch sehr gut zur Demonstration an einem grösseren Kreise von Personen. Die Kontraterscheinung zeigt sich auch dann noch mit grosser Deutlichkeit, wenn die Temperatur des Tasters nicht genau dem Indifferenzpunkte für das betreffende Individuum und für die gerade gewählte Hautstelle entspricht. Am passendsten erwies sich die Benutzung des Handtellers.

Für die späteren, genaueren Versuche liess ich mir zwei zylindrische Hülsen aus dünnem Messingblech herstellen, welche mit Wasser oder Öl zu füllen sind, dessen Temperatur durch eingesetzte Thermometer von entsprechender Nullpunktslage stetig abgelesen und kontrolliert werden kann¹⁾. Die Tasterhülse (s. Fig.) besitzt eine Bodenfläche von 1,6 cm Durchmesser und 9,5 cm Höhe. Durch den Deckel zieht im Innern ein 3 mm starkes Messingrohr — für den Zustrom von Flüssigkeit bestimmt — bis in die Nähe der Bodenfläche hinab; ein zweites solches Rohr — für den Abstrom von Flüssigkeit bestimmt — geht erst in der Höhe des Deckels ab. Neben den beiden Rohren reicht ein Thermometer mit seinem Quecksilbergefäss bis in die Nähe der Bodenfläche herab, während der Nullpunkt der Skala erst in 10 cm Höhe liegt, also dem Beobachter unmittelbar sichtbar ist²⁾. Die Skala reicht bis 60° C., die Gesamtlänge des Thermometers beträgt 30 cm. — Die zweite Hülse (s. Fig.) besitzt eine ringförmige Basalfläche von 38 mm Durchmesser mit einem zentralen Ausschnitt von 21 mm Lichtung, somit 8,5 mm Ringbreite. Die Höhe der Lichtung misst etwas weniger als jene des Tasters, nämlich 8,5 cm. In die ringförmige Deckelfläche sind zwei Rohre und ein Thermometer eingelassen von gleicher Einrichtung, wie sie oben für die Tasterhülse beschrieben wurde. Die äussere Mantelfläche der beiden Hülsen ist mit 1,0 mm dickem Gummischlauch überzogen, um rasche Änderungen der Temperatur der eingeschlossenen Flüssigkeit zu verhindern. Trotz dieser Montierung lässt sich die Tasterhülse noch leicht in die Ringhülse einschieben. — Die Speisung der beiden Hülsen mit Flüssigkeit geschieht zweckmässigerweise durch Vermittelung von als Heber wirkenden Schläuchen mit T-Stück und mehreren leicht regulierbaren Klemmen von zwei grossen, hoch gestellten Bechergläsern (B_c , B_k auf Fig.) aus, deren eines mit warmer (60—70°), deren anderes mit kalter Flüssigkeit gefüllt ist (für Warmversuche Flüssigkeit von Zimmertemperatur von etwa 18° C., für Kaltversuche von etwa 0°).

Beim einzelnen Versuch wurde zunächst die zu prüfende Hautstelle, gewöhnlich in der Mitte des Handtellers, mittels eines

1) Für den Fall, dass jemand die leicht improvisierbaren Versuchseinrichtungen (Ringe, Taster, Hülsen) fertig zu beziehen wünschen sollte, sei er an Herrn Mechaniker P. Polikeit-Halle a. S. verwiesen.

2) Angefertigt von Firma P. Haack in Wien.

Tasterhülse

Ringhülse

zum Nachweise des Thermokontrastes.

Dermatographen farbig umrandet und so für die Versuchsdauer gekennzeichnet. Dann wurde der Taster unter wiederholtem Prüfen durch entsprechendes, an den Schlauchklemmen (K_1 , K_2 , K_3 , K_4) gut regulierbares Mischen von kalter und warmer Füllflüssigkeit auf die adäquate, Neutral- oder Indifferenztemperatur gebracht. Dieselbe liegt für die Mitte meiner Hohlhand nach längerem Aufenthalt bei $18-20^\circ \text{C}$. Zimmertemperatur zwischen $30,2^\circ$ und 31° , im Mittel bei $30,6^{(1)}$. Für den Handrücken fand ich die Neutraltemperatur wenig verschieden von jener für die Handfläche, jedoch örtlich etwas wechselnd; für den Unterarm liegt sie etwas höher und zwar noch mehr für dessen Beugeseite als für dessen Streckseite. — Nach mehrfacher Anerkennung des Tasters als „neutral“, d. h. bloss eine Berührungsempfindung, keine Temperaturempfindung auslösend, wurde nun zunächst die Ringhülse um die bezeichnete Hautstelle aufgesetzt, dann rasch der bereits in die Ringhülse eingesteckte Taster vorgeschoben und für kurze Zeit mit der umrandeten Hautstelle in Berührung gebracht.

Als optimale Reize zur Erzeugung von Thermokontrast ergaben sich für die Ringhülse einerseits Temperaturen zwischen 10 und 25°C ., wobei reiner, ungestörter Warmkontrast für den zuvor als neutral bestimmten Taster von zirka $30,6^\circ$ mit voller Deutlichkeit zur Beobachtung kam, andererseits Temperaturen zwischen 35 und

1) Bei Eintauchen einzelner Finger in Quecksilber nach längerem Aufenthalt bei $17-19^\circ \text{C}$. Zimmertemperatur fand E. Hering den physiologischen Nullpunkt zwischen 25 und 31°C . Er behandelt ausführlich die Verschiebung des physiologischen Nullpunktes durch Adaptation. (Grundzüge einer Theorie des Temperatursinnes. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Abt. 3 Bd. 75 S. 101—135. 1877 und Der Temperatursinn. Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. 3 (2) S. 414—439 1880, speziell S. 424, S. 425—430 sowie „Die Adaptation des Temperaturorgans“ S. 417—419). — Leegaard (Über eine Methode zur Bestimmung des Temperatursinns am Krankenbett. Deutsch. Arch. f. klin. Medizin Bd. 48 S. 207—222. 1894) fand die Indifferenztemperatur bei verschiedenen gesunden Individuen zwischen 23 und 33° gewöhnlich zwischen 28 und 29° , an der Handfläche in drei Fällen zwischen $30,6$ und $31,4^\circ$, in zwei anderen erheblich tiefer. Den Wert $28-29^\circ$ bezeichnet allerdings T. Thunberg (Physiologie der Druck-, Temperatur- und Schmerzempfindungen. Nagel's Handb. d. Physiol. Bd. 3 S. 647—733, speziell S. 671) als vielleicht etwas zu niedrig. Die Indifferenzbreite fand Leegaard in der Regel $0,5^\circ$ nicht übersteigend. Am Handrücken konnte jedoch die Neutraltemperatur bis 23° und 33° variieren. — T. Thunberg (a. a. O. S. 670—673. Die Adaptationserscheinungen und Upsala Läkaref. förh. Bd. 30. 1894/95) bestimmte die Adaptationsbreite seiner Finger auf $11-39^\circ$.

40° für reinen, ungestörten Kaltkontrast. Zwischen 25° und der Neutraltemperatur von 30,2—31,0, Mittel 30,6, ebenso zwischen dieser und 35° ist die Kontrastwirkung schon minder deutlich; immerhin erschien mir gegenüber 28,0° bzw. 27,5° der Ringhülse der Taster von 30,5 bzw. 30,6°, also bei einer Differenz von —2,5° bzw. —3,1°, eben noch warm, ebenso gegenüber 33,1 bzw. 33,4° der Ringhülse der Taster von 30,4 bzw. 30,6°, also bei einer Differenz von +2,7 bzw. +2,8°, eben noch kalt. Unterhalb 10°, ja noch bei 11,2° der Ringhülse war eine lange Nachdauer¹⁾ der Kaltempfindung nach Entfernen des Ringes zu beobachten, unter 10° beeinträchtigte eine stechende, schmerzhaftige Nebenempfindung²⁾ die Deutlichkeit des Warmkontrastes an der vom Taster berührten Stelle. Eine analoge Störung trat bei Ringtemperaturen über 40° auf, nämlich Beeinträchtigung der Deutlichkeit des Kaltkontrastes durch eine stechende schmerzhaftige Nebenempfindung.

In den Intervallen 40—35° und 25—10° sind hingegen die Kontrasteindrücke sehr reinlich und deutlich, obwohl die von der Ringhülse eingeschlossene, über der zu prüfenden Hautstelle stehende Luftsäule gewiss durch Strahlung und Leitung bis zur Prüfung etwas an Wärme verliert bzw. gewinnt. Der Kontrast übertönt eben den entgegengerichteten Einfluss dieser der Lichtaberration im Auge vergleichbaren Wärmeaberration. Ja der Thermokontrast ist so intensiv, dass selbst bei einer vom Neutralpunkte etwas nach oben abweichenden Temperatur des Tasters z. B. bei 32,2°, ja selbst noch 34,0° das ist +1,6 bis +3,4° Differenz gegenüber dem Indifferenzmittel von 30,6°, also bei etwas Warmerscheinen des allein aufgesetzten Tasters das Aufsetzen des Ringes mit 38,9 bzw. 37,5° ($D = +6,7$ bzw. 3,5°) ein etwas Kalterscheinen des nochmals aufgesetzten Tasters bewirkt. Ebenso kann der unterneutrale, bei alleinigem Aufsetzen etwas kalt erscheinende Taster (mit 28,9° bzw. 27,1°) nach Umranden der Prüfstelle mit dem Kaltringe (mit 22,3° bzw. 22,5°) noch etwas warm oder wenigstens neutral erscheinen.

Zur detaillierten Illustration des eben zusammenfassend Be-

1) Schon E. H. Weber beobachtete eine Nachdauer von 20 Sekunden an der Kaltempfindung, welche infolge von Berührung der Stirne mit einem Metallstab von 2,5° C. durch 30 Sekunden entstanden war. Nachdauer der Warmempfindung beschreibt besonders K. Vierordt.

2) Vgl. K. Vierordt, Grundriss der Physiologie, 5. Aufl., S. 355. 1877.

merkten seien einige meiner Versuchsprotokolle tabellarisch geordnet vorgeführt. Natürlich wurden auch sehr zahlreiche nicht angeführte Zwischentemperaturen geprüft.

Tabelle.

Beobachtungen bei Zimmertemperatur von 18–20° C. nach längerem Zimmraufenthalt.

Nr.	Ringhülse		Tasterhülse		Temperaturdifferenz v. Ring- u. Tasterhülse ° C.
	Temp. ° C.	Subjektiver Eindruck	Temp. ° C.	Subjektiver Eindruck	
I { a	—	—	30,6	neutral	—
b	50,4	heiss, stark stechend	30,6	deutlich kalt, doch durch Stechen gestört	+ 19,8
II { a	—	—	30,6	neutral	—
b	46,0	warm, noch stechend	30,6	deutlich kalt, doch durch Stechen gestört	+ 15,4
III { a	—	—	30,8	neutral	—
b	41,0	warm, noch etwas stechend	30,8	deutlich kalt, durch Stechen noch etwas gestört	+ 10,2
IV { a	—	—	32,2	etwas warm	—
b	39,9	warm	32,2	etwas kalt	+ 7,5
V { a	—	—	30,4	neutral	—
b	39,8	warm	30,4	sehr deutlich kalt, ungestört	+ 9,4
VI { a	—	—	34,0	warm	—
b	38,5	warm	34,0	etwas kalt	+ 4,5
VII { a	—	—	30,5	neutral	—
b	38,0	warm	30,5	sehr deutlich kalt, ungestört	+ 7,5
VIII { a	—	—	30,6	neutral	—
b	36,4	warm	30,6	sehr deutlich kalt	+ 5,8
IX { a	—	—	30,8	neutral	—
b	35,4	warm	30,8	deutlich kalt	+ 4,6
X { a	—	—	30,8	neutral	—
b	34,5	warm	30,8	etwas kalt	+ 3,7
XI { a	—	—	30,6	neutral	—
b	33,4	etwas warm	30,6	eben noch kalt	+ 2,8
XII { a	—	—	30,4	neutral	—
b	33,1	etwas warm	30,4	eben noch kalt	+ 2,7
XIII { a	—	—	30,5	neutral	—
b	28,0	etwas kalt	30,5	eben noch warm	— 2,5
XIV { a	—	—	30,6	neutral	—
b	27,5	etwas kalt	30,6	noch warm	— 3,1
XV { a	—	—	30,4	neutral	—
b	27,0	kalt	30,4	etwas warm	— 3,4

Nr.	Ringhülse		Tasterhülse		Temperatur- differenz v. Ring- u. Taster- hülse ° C.
	Temp. ° C.	Subjektiver Ein- druck	Temp. ° C.	Subjektiver Ein- druck	
XVI {	a —	—	30,4	neutral	—
b	26,2	kalt	30,4	etwas warm	— 4,2
XVII {	a —	—	27,1	kalt	—
b	22,5	kalt	27,1	eben noch warm	— 4,6
XVIII {	a —	—	28,9	etwas kalt	—
b	22,3	kalt	28,9	etwas warm	— 6,6
XIX {	a —	—	30,6	neutral	—
b	21,4	kalt	30,6	warm	— 9,2
XX {	a —	—	30,6	neutral	—
b	16,6	kalt	30,6	deutlich warm	— 14,0
XXI {	a —	—	30,6	neutral	—
b	15,6	kalt	30,6	sehr deutlich warm	— 15,0
XXII {	a —	—	30,8	neutral	—
b	11,2	sehr kalt, nach- dauernd	30,8	sehr deutlich warm	— 19,6
XXIII {	a —	—	31,0	neutral bis eben noch warm	—
b	9,8	sehr kalt, nach- dauernd, stechend	31,0	deutlich warm, doch Stechen störend	— 21,2
XXIV {	a —	—	30,0	neutral bis eben noch kalt	—
b	6,8	sehr kalt, nach- dauernd, stechend	30,0	warm, doch Stechen störend	— 23,2

Nach den sehr zahlreichen Erfahrungen, welche von mir sowie von anderen durchaus unbeeinflussten Personen gewonnen wurden, dürfte an dem Bestehen von simultanem Thermo-
kontrast nicht zu zweifeln sein. Zudem ist ja eine Kontrolle der mitgeteilten Ergebnisse sehr leicht durchzuführen.

Obzwar in meinen Versuchen nicht Punktreize, d. h. Einwirkungen auf die einzelnen peripher gesonderten Mosaikglieder des sog. Kälte- und des sog. Wärmesinnes, sondern Flächenreize, d. h. Einwirkungen auf grössere Gruppen von Wärme- und Kältepunkten (Blix, Goldscheider, M. v. Frey) zugleich verwendet wurden, scheint mir daraus doch kein Einwand gegen die Auffassung der studierten Erscheinungen als Kontrastphänomene ableitbar zu sein. Überdies vermehrt die Vergrößerung der kontrasterregenden Reizfläche, ebenso wie sie den direkten Temperatureindruck verstärkt¹⁾,

1) E. H. Weber, Der Tastsinn und das Gemeingefühl. R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie Bd. 3 (2) S. 481—588, speziell S. 553. 1846.

zweifellos auch die Deutlichkeit oder Intensität der Kontrastempfindung. Andererseits weisen gerade die Erscheinungen des simultanen wie des sukzessiven Thermokontrastes darauf hin, dass sich gegen das Zentrum zu eine Wechselbeziehung zwischen den Wärmenervenbahnen und den Kältenervenbahnen herstellt¹⁾.

Auch der Umstand, dass zum deutlichen Hervortreten des Thermokontrastes in meinen Versuchen eine neuerliche Reizung der umschlossenen Hautstelle, also die Verwendung von Vergleichsreizung nötig ist, bedeutet meines Erachtens keinen Gegengrund gegen meine Auffassung. Veranlasst doch erst die neuerliche Reizung und Tasterregung eine spezielle Konzentration der Aufmerksamkeit auf die kontrastiv beeinflusste Hautstelle. Bis zu einem gewissen Grade, der allerdings durch die Besonderheiten des Weiss-schwarz-sinnes (zentraler Dauerbestand des Eigengraus bei präterminalen Antagonismus von Weiss und Schwarz) beschränkt ist, kann damit das Verhalten des farbigen Kontrastes verglichen werden. Auch dieser bedarf nämlich zu seinem deutlichen Hervortreten einer simultanen Lichtreizung bzw. eines bestimmten optimalen Graus auf dem kontrastleidenden Felde. Erst dadurch erhält nämlich der farbige Anteil der Kontrastempfindung ein erhebliches Gewicht im Sinne E. Hering's gegenüber dem farblosen Anteile, welch letzterem bei Lichtlosigkeit bzw. kontrastiv Tiefschwarzerscheinen des kontrast-

Man vergleiche damit den Einfluss, den Vergrößerung der Lichtreizfläche auf das Hervortreten von Farbe innerhalb der sogenannt farbenblinden Netzhautzone besitzt (siehe meine Abhandlung: Beobachtungen über die relative Farbenblindheit im indirekten Sehen. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 82 S. 559—590. 1900).

1) In ähnlicher Weise hat bereits E. Hering (Grundzüge einer Theorie des Temperatursinnes. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Abt. 3 Bd. 75 S. 101—135, speziell § 5 S. 127—135. 1877 und Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. 3 (2) S. 439. 1880) die Tatsache verwertet, dass jeder wirksame Temperaturreiz in demselben Maasse, als er die Empfindlichkeit für Reize gleicher Art herabsetzt, die Disposition zur Erzeugung der gegensätzlichen Empfindung erhöht, somit die Erregbarkeit für entgegengesetzte Temperaturreize steigert. Aus den bezüglichen Erscheinungen, speziell aus dem gegensinnigen Sukzessivkontrast oder den negativen thermischen Nachbildern, folgert E. Hering, dass „die beiden Qualitäten der Temperaturempfindung vermittelt werden durch gegensätzliche Zustände desselben Nervenapparates“ — sc. eines gemeinsamen Zentralapparates bei Voraussetzung von Trennung der peripheren Aufnahmeapparate und Leitungsbahnen im Sinne von Blix, Goldscheider, M. v. Frey.

leidenden Feldes ein sehr erhebliches Gewicht zukommt. Bei wachsender Lichtreizung des kontrastleidenden Feldes vermindert sich dieses Gewicht zunächst, und zwar bis Kompensation erreicht ist zwischen dem seitens des Weiss des kontrasterregenden Feldes indirekt erzeugten Kontrastschwarz und dem durch die Lichtreizung des kontrastleidenden Feldes direkt erzeugten Weiss¹⁾.

3. Schlussbemerkungen.

Die vorstehende, durch einige eigene Beobachtungen vervollständigte Übersicht bisher zerstreuter Einzelangaben erhärtet wohl den Satz, dass Simultankontrast, d. h. gegensinnige Wechselwirkung der einzelnen Mosaikelemente eines Sinnesorganes nicht auf den Licht- und Farbensinn beschränkt ist, sondern auch auf nicht wenigen anderen Sinnesgebieten besteht; speziell gilt dies für den optischen Bewegungs- und Grössensinn, für die Beziehung des Bewegungssinnes des Auges und des Gesamtkörpers, für den Geschmackssinn, für den haptischen Bewegungs- und Grössensinn sowie endlich für den Temperatursinn. Die physiologische Kontrastfunktion gewinnt durch dieses verbreitetere Vorkommen noch an allgemeinbiologischem Interesse, obzwar ihr dieses schon als dem Fall von gegensinniger alternativer Wechselwirkung von Gewebszellen — neben der gleichsinnigen alternativen und der tonischen Beziehung²⁾ — zukommt.

Ob die mehrfach beobachteten Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Sinnesgebieten³⁾, ebenso manche der antagonistischen

1) Vgl. meine Ausführungen in *Ergebn. d. Physiol.* Jahrg. 2 Abt. 2 S. 758—760. 1903.

2) Vgl. meine bezüglichen Ausführungen in: *Das Anpassungsproblem* [in der Physiologie der Gegenwart. *Arch. des sciences biologiques* (Festschrift für J. P. Pawlow) p. 79—96, speziell p. 81, bzw. 3 des S.-Abdr. St. Petersburg 1904. *Physiologie des Gehirns*. Nagel's Handb. d. Physiol. Bd. 4 S. 1, 12—14, 87—93. 1905. Über die Innervation der hinteren Lymphherzen bei den anuren Batrachiern. (Vorl. Mitteilung.) *Zentralbl. f. Physiol.* Bd. 20 Nr. 17 S. 553 bis 560. 1906. Studien über tonische Innervation. I. Über die spinale Innervation der hinteren Lymphherzen bei den anuren Batrachiern. *Pflüger's Arch. d. ges. Physiol.* Bd. 119 S. 165—226, speziell S. 165—175. 1907 und Über den Begriff der tonischen Innervation. *Folia neurobiologica*, herausg. von E. Hekma. H. 1 S. 30—37. Klinkhardt, Leipzig 1907.

3) Siehe speziell die Arbeiten von V. Urbantschitsch, *Gegenseitige Erregung der Sinnesgebiete*. *Anz. d. Gesellsch. d. Ärzte Wien* 1887 S. 171. Über

Beziehungen zerebraler wie spinaler Innervationswege, wie sie speziell von C. S. Sherrington¹⁾ studiert wurden, sich unter den Begriff der physiologischen Kontrastfunktion mit einbeziehen lassen, muss man zunächst wohl dahingestellt sein lassen.

Noch mehr möchte ich solche Zurückhaltung üben bezüglich der ganz eigentlich psychischen Erscheinungen, welche man als Vorstellungs- und Gefühlskontrast zu bezeichnen pflegt. Zwar betrachtete schon G. Th. Fechner²⁾ den Empfindungskontrast, speziell den Farbenkontrast, und den Gefühlskontrast als Folgen eines und desselben physiologischen Prinzips, doch muss schon der heute vollständig erbrachte Nachweis einer unmittelbaren physiologischen Grundlage für den ersteren bedenklich machen. Von diesem Gesichtspunkte aus ist bereits W. Wundt³⁾ für eine Trennung des „physiologischen“ Kontrastes und der „psychologischen Kontrastwirkung“ eingetreten, welche letztere er als in grösster Allgemeinheit bestehend erachtet.

den Einfluss von Trigeminasreizen auf den Tast- und Temperatursinn der Gesichtshaut. Pflüger's Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 41 S. 46—69. 1887. Über den Einfluss einer Sinneserregung auf die übrigen Sinnesempfindungen. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 42 S. 154—172. 1888. (Vgl. dazu das kritische Referat von Goldscheider in Arch. f. Ohrenheilkunde Bd. 25 S. 280. Urbantschitsch's Bemerkungen dazu. Arch. f. Ohrenheilkunde Bd. 26 S. 223—226. 1888. Goldscheider's Erwiderung. Arch. f. Ohrenheilkunde Bd. 26 S. 227—228. 1888). Über die Beeinflussung subjektiver Gesichtsempfindungen. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 94 S. 347—448. 1903. Über Störungen des Gleichgewichtes und Scheinbewegungen. Zeitschr. f. Ohrenheilkunde Bd. 31 S. 234—294. 1897. Über den Einfluss der Farbenempfindungen auf die Sinnesfunktionen. Pflüger's Arch. Bd. 106 S. 93—119. 1905. Über Sinnesempfindungen und Gedächtnisbilder. Pflüger's Arch. Bd. 110 S. 437 bis 491. 1905. Über subjektive optische Anschauungsbilder. F. Deuticke, Wien 1907. Über subjektive Hörscheinungen und subjektive optische Anschauungsbilder. Ebenda 1908. — Man vergleiche die Theorie einer wechselseitigen Erregbarkeitssteigerung oder Dynamogenie verschiedener Sinnesgebiete nach Brown-Séquard. Ch. Feré, Note sur les effets généraux des excitations des organes des sens. Effects rétroactifs des excitations sensorielles. Compt. rend. de la soc. de biol. 1887 p. 747. — M. Duval, Quelques exemples de dynamogénie sur les centres des organes des sens. Compt. rend. de la soc. de biol. 1887 p. 763.

1) Über das Zusammenwirken der Rückenmarksreflexe und das Prinzip der gemeinsamen Strecke. Ergebn. d. Physiol. Jahrg. 4 S. 797—850. 1905 und The integrative action of the nervous system. Ch. Scribner's Sons, New-York 1906.

2) Vorschule der Ästhetik, 2. Aufl., Bd. 2 S. 231—234. 1898.

3) Grundriss der Psychologie, 8. Aufl., § 17, 23, 24. 1907 und Physiologische Psychologie, 5. Aufl., Bd. 3 Kap. 19. 1902.

Hingegen hat Höfding¹⁾ den Kontrastbegriff ganz weit gefasst, nämlich als ein allgemeines Beziehungsgesetz, nach welchem die einzelnen Empfindungen in ihrer Entstehung und Qualität von einander abhängig seien. Heymanns wiederum, der ursprünglich²⁾ auch für eine allgemeine Zusammenfassung der physiologischen Kontrasteffekte und der ebenso benannten Erscheinungen auf psychologischem Gebiete eintrat, ist demgegenüber schon seit längerer Zeit³⁾ zu der Anschauung gelangt, dass es richtiger und zweckmässiger erscheint, die Kontrastphänomene alle einzeln zu betrachten und zu erklären, wobei er allerdings bestrebt bleibt, „die Tatsachen des Intensitätskontrastes“, worunter er speziell und zwar mit Unrecht den Helligkeitskontrast versteht, „dem umfassenden Gesetze der psychischen Hemmung unterzuordnen“⁴⁾. In ähnlicher Weise hat sich W. Wirth⁵⁾ ausgesprochen und zwar unter eingehender Ablehnung des Standpunktes von Höfding. Ich selbst entscheide mich gleichfalls für eine vorsichtige Zurückhaltung gegenüber Verallgemeinerungen, überlasse jedoch das weitere den kompetenteren psychologischen Bearbeitern dieser Frage. —

Die Simultanbeziehung gewisser Komponenten eines Sinnes wird ergänzt durch die Sukzessivbeziehung in Form gegensinniger Nach-

1) Psychologie in Umrissen. Deutsche Ausgabe. 3. Aufl., speziell S. 154, 377, 391, 399, 435. Leipzig 1901.

2) Quantitative Untersuchungen über das optische Paradoxon. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 9 S. 221—255 u. 420. 1896.

3) Quantitative Untersuchungen über die Zöllner'sche und die Loeb'sche Täuschung. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 14 S. 101. 1898.

4) Intensitätskontrast und psychische Hemmung. Ber. üb. d. 1. Kongress f. exp. Psychol. S. 45. 1904 und Untersuchungen über psychische Hemmung (IV. Artikel). Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 41 S. 28—37, 89—116. 1905.

5) Vorstellungs- und Gefühlskontrast. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 18 S. 49—90. 1898. Vgl. auch A. Raggi, Fenomeni di contrasto psichico in un' alienata. Rend. R. Ist. Lomb. Serie 2 vol. 20 (7) p. 269—275. 1887. — F. Paulhan, L'association par contraste; le contraste simultané. Rev. scientif. Série 3 t. 16 25^{me} Année, 2^{me} sem. p. 263—269. 1888. — F. Schumann, Über Kontrastercheinungen infolge von Einstellung. (Vorl. Mitteilung.) Nachr. d. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen Nr. 20 S. 536. 1889 und Beiträge zur Analyse der Gesichtswahrnehmungen. 2. Abt., Zur Schätzung räumlicher Grössen. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 24 S. 1—33. 1900. — Sante de Sanctis, I Fenomeni di contrasto in psicologia. Roma 1895.

bilder (für Licht und Farbensinn, optischen Bewegungssinn, Bewegungssinn des Gesamtkörpers, Geschmackssinn, Temperatursinn). Beide Erscheinungen sprechen neben anderen Momenten für eine gewisse physiologische Zusammengehörigkeit der gegensätzlichen Komponenten und gegen die Zulässigkeit einer begrifflichen und terminologischen Trennung derselben in Einzelsinne, beispielsweise gegen die Scheidung des Temperatursinnes in einen Kältesinn und einen Wärmesinn, trotz der Trennung ihrer Aufnahmeapparate¹⁾.

Die biologische Nutzleistung des Simultankontrastes liegt wohl auf allen Sinnesgebieten, welche eine solche funktionelle Bindung ihrer Mosaikelemente aufweisen, in erster Linie in der Einschränkung und Begrenzung der Endeffekte bei ausgebreiteter Reizeinwirkung bzw. unscharf begrenzten Anfangseffekten, somit in der Bewirkung einer physiologischen Stigmatik, wie dies eingangs speziell für den Licht- und Farbensinn dargelegt wurde. Sodann kommt noch die Vermittelung der Momentan- oder Simultananpassung des Sinnesorgans durch den Simultankontrast in Betracht.

1) Vgl. die Ausführungen auf S. 114 und den Hinweis auf die ähnliche Argumentation E. Hering's (S. 114 Anm. 1).