Refraktärstadien in sensorischen Zentren.

Von

Dr. **Hans Henning**, Privatdozent in Frankfurt a. M.

Bei der Einwirkung von Sinnesreizen auf den Menschen müssen sich Refraktärstadien erzielen lassen, sofern dabei die aus der Nervenphysiologie bekannten Bedingungen¹⁾ gewahrt bleiben. Unseren psychophysischen Grundanschauungen entsprechend wären im psychischen Erlebnis während der Refraktärzeit Ausfallserscheinungen zu erwarten; bei Verwendung toxischer Mittel müsste die Refraktärzeit anwachsen usf. Hierüber stellte ich an 20 Versuchspersonen (die kleinere Hälfte waren Mediziner, die grössere Hälfte Psychologen) seit 1909 optische und akustische Prüfungen an.

Löst ein äusserer Reiz eine Sinneswahrnehmung aus, so wirken eine Reizkomponente und eine Residualkomponente zusammen. Die Reizkomponente wird bestimmt durch den äusseren Reiz, durch die Erregung des Endapparates und durch die Leitung der Erregung an die zugeordnete Rindenstelle. Das psychische Erlebnis der Reizkomponente wird „Wahrnehmungsbild“, „Empfindungsbestandteil der Wahrnehmung“ oder „Empfindung“ schlechthin genannt; es lässt sich isolieren, wenn die Residualkomponente durch auslöschenden Reiz (Helmholtz und Baxt, Dodge u. a.) in geeigneter Form unterbunden wird. Als bester auslöschender Reiz bei optischen Expositionen bewährte sich, ein aus schwarzen Strichen (von Streichholzdicke) auf weissem Grunde gezeichnetes Gitter rasch im Gesichtsfeld vorüberziehen zu lassen. Tritt die Residualkomponente in Wirksamkeit, so spricht man von „Perzeption“, „Auffassung“ oder „Erkennung“. Die Residuen²⁾ oder Gedächtnisspuren sind die physiologischen Spuren früherer gleicher oder ähnlicher Wahrnehmungen, die beim gegenwärtigen Sinneserlebnis ansprechen müssen, wenn eine Perzeption oder Auffassung stattfinden

1) M. Verworn, Erregung und Lähmung. S. 149 ff. Jena 1914.

2) Die Residuen konstituieren denjenigen Vorgang, der nach Edinger's neurologischer Terminologie als Gnosis benannt wird.

soll. Solange die Spuren nicht zur Reproduktion erregt sind, harren sie als physiologische Faktoren im Gehirn. Wir wissen, dass Neurone durch häufige funktionelle Erregung eine materielle oder auch energetische Zunahme erfahren, um sich dann später rascher sowie ausgiebiger zu betätigen. Danach liesse sich sagen: der ursprüngliche Zustand, wie er vor der Einwirkung eines Reizes bestand, stellt sich nach Ablauf der Reizung (durch Selbststeuerung des Stoffwechselgleichgewichtes) nicht wieder in vollkommener Weise her, sondern je öfter diese Gehirnstelle erregt wurde, desto leichter läuft der psychophysische Prozess später gegebenenfalles ab. Die funktionelle Spur weist dementsprechend (als Gedächtnisresidue) auf ein früheres gleiches oder ähnliches Erlebnis und zugleich (als Disposition oder Bereitschaft) auf ein künftiges Erlebnis. Mit dieser physiologischen Spur meinen wir das, was man populär unbewusstes Sinnengedächtnis nennt.

Unsere Kenntnisse von der Lokalisation in der kortikalen Sehphäre, namentlich die neueren Schussverletzungen, und ebenso die Aphasiefälle weisen darauf, dass die Reizkomponente und die Residualkomponente nicht genau die gleiche Rindenstelle betreffen, sondern verschiedene. Die Reizkomponente bezieht sich auf diejenige Rindenegend, in welche die peripheren Nerven einstrahlen, die Residualkomponente hingegen auf eine benachbarte Schicht des sensorischen Zentrums. In Übereinstimmung mit den klinischen Beobachtungen zeigen unsere Versuche, dass die Residualkomponente sich recht leicht durch ein Refraktärstadium verspäten, hemmen oder ganz ausschalten lässt, während die Reizkomponente gleichzeitig kein Refraktärstadium erleidet oder doch nur eines von ungeheuer viel kleinerer Dauer. Dieser unterschiedliche Befund wird aus drei Gründen begreiflich. Trifft ein Reizelement mit kurzen Unterbrechungen wiederholt die Netzhaut, so steht gar kein Refraktärstadium zu erwarten. Nach dem Talbot'schen Gesetze bildet sich ja bei kurzer Periode ein kontinuierlicher Eindruck, der dem entspricht, als ob das verschiedenartig eintreffende Licht gleichmässig über die ganze Dauer der Periode verteilt würde. Andere Endapparate wirken ebenfalls als Relais und finden so in Reizausgleich und Reizsummierung einen biologisch wichtigen Schutz gegen Refraktärstadien. Auch in anderer Hinsicht steht die Reizkomponente besser da als die Residualkomponente: trifft ein Reizelement erst die eine Netzhautgend und kurze Zeit darauf eine benachbarte, so kommen

ganz verschiedene Nervenfasern in Frage, aber dieselbe Residualkomponente; nur bei der letzteren ist dann ein Refraktärstadium möglich. Drittens unterliegt die Reizkomponente mehr dem Übungsphänomen und damit einer Verkürzung der Refraktärzeit: vieles fällt auf die Netzhaut (zum Beispiel beim Vorübergehen an Schaufenstern), allein nur wenig wird aufgefasst.

Die Residualkomponente ist schon eingehend untersucht¹⁾. Mit optischen Expositionen liess sich sichern, dass jeweils nicht eine physiologische Residue in Frage kommt, sondern ein ganzes System mit zahlreichen Partialresiduen. Dabei sprechen zeitlich zuerst diejenigen Partialresiduen an, welche die allgemeinsten Charaktere betreffen (zum Beispiel bei tachistoskopischer Darbietung der Ziffer 3 die physiologischen Residuen des Strichhaften), dann fortlaufend diejenigen der immer spezielleren Charaktere (zunächst des allgemein Figurenhaften, dann des Zifferhaften, weiter des Zifferhaften, bestehend aus zwei nach links geöffneten Rundungen, endlich der Ziffer 3). Auf solchen physiologischen Spuren beruht ferner die Qualität der Bekanntheit und Fremdheit²⁾. Einzelne Partialresiduen liessen sich in Geruchsversuchen³⁾ fassen; bei der Gedächtnisfarbe wies Hering⁴⁾ auf die physiologischen Spuren, deren Wirksamkeit besonders in Gedächtnisversuchen hervortritt.

1. Ausfälle bei optischer Versuchsanordnung.

Exponiert man am Tachistoskop, am Mnemometer oder anderen Apparaten einzelne Reizelemente vom Schema a b c d d e oder a b d c d e mit kurzen Unterbrechungen nacheinander, so zeigt sich kein beobachtbares Refraktärstadium der Reizkomponente; diejenige Residual-

1) F. Schumann, 2. Kongr. f. exp. Psych. S. 170 ff. Würzburg 1906. — Anathon Aall, Zur Frage der Hemmung bei der Auffassung gleicher Reize Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorg. 1. Abt. Bd. 47 S. 1—114. 1908. — Adolf John Schulz, Untersuchungen über die Wirkung gleicher Reize auf die Auffassung bei momentaner Exposition. Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorg. 1. Abt. Bd. 52 S. 110 ff.; 238 ff. 1909. — Hans Henning, Die optischen und akustischen Gedächtnisresiduen. Erscheint demnächst in der Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorg. 1. Abt.

2) Hans Henning, Der Geruch III. Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorg. 1. Abt. Bd. 75 S. 178 ff.

3) a. a. O. S. 185 ff.

4) Ewald Hering, Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn. S. 6 f. Leipzig 1905. (Handb. d. Augenheilk. v. Graefe-Saemisch 1. Kap. XII).

komponente indessen, die kurz nacheinander zweimal beansprucht wird (das zweite d des Schemas), unterliegt dem Refraktärstadium. Bei oberflächlichem Zusehen scheint das zweite identische Element überhaupt nicht da gewesen zu sein; ein scharfer Beobachter sieht an der Stelle des zweiten identischen Elementes keine „Lücke“ oder etwa nur den weissen Papieruntergrund, sondern er erlebt ein unaufgefasstes Wahrnehmungsbild. Dieses sieht genau so aus, wie wenn die Residualkomponente durch auslöschenden Reiz beseitigt wird. Die Reizkomponente des zweiten identischen Elementes setzt sich also sehr wohl durch; da aber die Auffassung des zweiten identischen Elementes nicht stattfinden kann, weil die entsprechenden physiologischen Residuen noch im Refraktärzustande sind, unterliegen wir hier einer Agnosie. Solche Versuche wurden durchgeführt mit Ziffern, Lettern, Figurenelementen usf. Am Mnemometer soll die Expositionszeit des einzelnen Zeichens nicht grösser als $\frac{1}{5}$ Sekunde sein, am Tachistoskop etwas weniger; mit zunehmendem Übungsphänomen sind die Zeiten beträchtlich (bis auf 3 Sigmen herab) zu kürzen.

Ranschburg¹⁾ glaubte, solche Ausfälle lägen an der Reizkomponente, und zwar würden die beiden identischen Elemente verschmelzen. Wird zuerst eine 3 im Mnemometerspalte sichtbar, wird sie aufgefasst, um dann objektiv zu verschwinden, — taucht jetzt eine 4 ebendort auf, um nach der Auffassung ihrerseits objektiv zu verschwinden, — erscheint jetzt wieder eine 3 im Spalte, wie sollte diese 3 in die erste 3 hineinschmelzen, die doch schon vor der 4 aufgefasst war und vor dieser objektiv verschwand? Eine Verschmelzung mit einem längst entschwundenen Reizelemente über ein oder mehrere Zwischenglieder hinweg lässt sich nicht annehmen; ausserdem melden sich die Reizkomponenten jeweils ja getrennt.

In solchen Versuchen zeigt sich weiter eine Gesetzmässigkeit: innerhalb der allgemeinen Refraktärzeit fällt das zweite identische Reizelement bei sukzessiver Auffassung der einzelnen Elemente im Sinne einer Agnosie bestimmt aus; allein bei simultaner Auffassung aller Elemente begegnen wir keinen Ausfall-

1) Paul Ranschburg, Zeitschr. f. Psych. Bd. 30 S. 39 ff. 1902; Bd. 66 S. 61 ff. 1913; Bd. 67 S. 22 ff. 1913. — Journ. f. Psych. u. Neurol. Bd. 5 S. 94 ff. 1905. — Neurol. Wochenschr. Bd. 15 Nr. 46. 1914.

erscheinungen. Hier stehen wir nicht vor Rätseln: das Refraktärstadium bezieht sich ja nur auf sukzessive Reizungen, nicht auf simultane.

Diese physiologischen Spuren sind besonderen Versuchen zugänglich. Beschäftigen wir uns in einer langen Versuchsreihe nur mit Ziffern, so befinden sich schliesslich die physiologischen Spuren der Ziffern in hoher physiologischer Bereitschaft: wir sind auf Zahlbilder eingestellt. Erscheint nun ohne unser Wissen ein andersartiges Element, dessen physiologische Spuren in geringerer Bereitschaft liegen, die also unterschwellig sind, so ist keine Auffassung möglich. Nach zahlreichen Ziffernreihen erscheinen plötzlich Elemente mit einem Buchstaben etwa 5 9 2 7 Q 5. Die unterschwellige Spur des Buchstabens Q spricht nicht an, obwohl sich die Reizkomponente des Q durchsetzt. Wir sehen an fünfter Stelle „etwas Rundes mit einer Krackelei unten“, doch geht die Agnosie so weit dass sich weder ein Q auffassen, noch auf ein Q schliessen lässt. Selbst charakteristische Zeichen wie % oder § verfallen dann einer Agnosie.

Dass es auf die Disposition der funktionellen Residuen ankommt, lehren auch die folgenden Versuche. Auf einer gleichmässig beleuchteten Fläche befindet sich mitten ein Fixierpunkt und ringsherum in unregelmässiger Anordnung eine grössere Anzahl der verschiedensten Zeichen (Buchstaben, Ziffern usw.). Die Exposition wird so kurz gewählt, dass der nicht unterrichtete Beobachter nichts auffassen kann, dass also jedes Ansprechen der physiologischen Spuren unterbleibt (am Tachistoskop 100 bis 10 Sigmen, bei Geübten bis zu 3 Sigmen). Vor der Exposition wird die Residuenwirkung eines der zahlreichen Elemente in Disposition gesetzt; ich sage dem Beobachter etwa: „Unter zahlreichen Elementen befindet sich irgendwo ein z.“ Während und kurz nach der Exposition kann der Beobachter nichts erkennen. Aber im Nachbild oder im anschliessenden visuellen Vorstellungsbild der unklaren und verschwommenen Elemente bildet sich nun an richtiger Stelle, wie man den Vexierversuch auch ausführe, ein deutliches Bild eben dieses Zeichens z aus, während alle übrigen Zeichen verschwommen und unklar bleiben.

Ein Beobachter, der wegen eines Zahngeschwüres eine Morphinuminjektion erhalten hatte, zeigte während deren Einwirkung um das Hundertfache verlängerte Refraktärzeiten, und

analog verlängern sich die Refraktärzeiten der Residualkomponente bei Ermüdung zunehmends.

2. Das Refraktärstadium beim Bewegungssehen.

Der Ausfall der Residualkomponente im Sinne einer Agnosie ist vollständig, wenn die beiden Reizelemente identisch sind und wenn das zweite Element erst erscheint, solange die physiologische Residualkomponente des ersten Elementes sich noch im Refraktärstadium befindet, weil dann ganz identische Residuen in Frage kommen. Je unähnlicher die Reizelemente gewählt werden, je unähnlichere Residuensysteme also betroffen werden, desto geringer werden auch die Ausfallerscheinungen. Identische optische Reizelemente in verschiedener Farbe (etwa gleiche Buchstaben, einmal rot, hernach schwarz) besitzen gleiche Orts- und Formresiduen, aber ungleiche Farbresiduen. Identische und gleich gefärbte Lettern, die an andern Orten im Spalte erscheinen, bedingen bei sonst gleichen Residuen unterschiedliche Ortsresiduen. Beide Male wird nicht das ganze Residuensystem mit allen physiologischen Partialresiduen in gleicher Weise betroffen, sondern einige Partialresiduen sind verschieden, und diese setzen sich dann um so eher durch, je ausgeprägter der Unterschied aufällt.

Erscheinen in unseren Versuchen identische Elemente an verschiedener Stelle im Spalte des Muemometers, so verfallen alle Partialresiduen desjenigen Elementes, das in kurzer Zeit zweimal exponiert wird, dem Refraktärstadium, ausgenommen die Ortsresiduen. Als Erlebnis zeigt sich nun eine Scheinbewegung: ein „Etwas“ huscht sinnlich deutlich von dem Orte des ersten Elementes zum Orte des zweiten Elementes herüber („Übergangsphänomen“).

Die bisherigen Untersuchungen der Scheinbewegung stützen sich fast ganz oder lediglich auf die Reizkomponente; allein insofern der subjektiven Scheinbewegung überhaupt keine adäquate Reizung entspricht, und insofern die Scheinbewegung aufgefasst wird, darf die Auffassung, also die zentrale Residuenwirkung nicht ausser acht bleiben. Die Bedingungen der Reizkomponente erklären sich am besten¹⁾ im Anschluss an Monakow's „insulare Vertretung“ Hier sei nur die Residuenwirkung betrachtet.

1) Eine Zusammenfassung gibt H. Hanselmann, Über optische Bewegungs-wahrnehmung. Zürich 1911, vgl. namentlich S. 56 f.

Dafür genügt die einfachste Versuchsanordnung: zuerst wird ein vertikaler Strich und nach dessen Verschwinden ein horizontaler Strich exponiert. Erscheint die Vertikale allein, so meldet sich nur bei Hysterischen oder bei Personen mit labilen zentralen Faktoren eine Scheinbewegung, wie denn der Normale die Laternenpfähle oder Telegraphenstangen bei kurzer Betrachtung sich nicht umlegen sieht. Bei Normalen kann eine Scheinbewegung vielmehr erst auftreten, wenn ein zweites gleiches oder ähnliches Element in anderer Lage exponiert ist, oder genauer: erst wenn die Reizkomponente des zweiten Elementes sich durchsetzte. Wird zuerst die Vertikale für kurze Zeit und dann die Horizontale ins Gesichtsfeld gebracht, so sind die folgenden Fälle möglich: 1. beide Gerade werden gleichzeitig und ohne jeden Bewegungseindruck gesehen; das tritt ein, wenn der Expositionswechsel so rasch verläuft, dass noch eine Simultanerfassung gelingt. Zu einem Refraktärstadium liegt hier kein Anlass vor. 2. Verfließt aber zwischen den beiden Expositionen eine Zeit, welche die Grössenordnung der Refraktärzeit übertrifft, so sieht man zuerst den einen Strich und hernach den andern Strich, und wieder ohne Bewegungseindruck. 3. Fällt die zweite Exposition jedoch in die Refraktärzeit der ersten hinein, so befinden sich nach der Erfassung des ersten Reizelementes alle Partialresiduen bis auf diejenigen des Ortes noch im Refraktärstadium. Die Reizkomponente des zweiten Striches ist schon vorhanden, allein ihrer Auffassung stehen zunächst nur Ortsresiduen zur Verfügung; alle übrigen befinden sich noch mehr oder weniger — je nach den Zeitverhältnissen — in refraktärem Zustand. Dabei bilden die physiologischen Ortsresiduen das physische Korrelat für die Auffassung des Bewegungseindruckes. Und eine Scheinbewegung tritt hierbei allemal auf. Wie sich aber beim Froschherzen zu verschiedenen Zeitpunkten des Refraktärstadiums verschiedenartige Herzkurven erzielen lassen, so auch hier: verfiel die Residuenwirkung der Vertikalen noch nicht ganz dem Refraktärstadium, und schlägt jetzt die zweite Reizkomponente ein, so können die neuen und disponiblen Ortsresiduen mit den noch nicht ganz refraktären Residuen des ersten Elementes noch eine kurze Zeit, und zwar so lange zusammenwirken, bis das Refraktärstadium vollständig wird. Oder die zweite Reizkomponente erscheint in dem Augenblicke, in dem die Residualkomponente des ersten Reizelementes teilweise schon das Refraktärstadium überwindet usf.

Bei gegebenem Übungszustand richtet sich das Erlebnis in seiner Art nach den Refraktärbedingungen.

Verwendet man Reizelemente, die teilweise andere Partialresiduen beanspruchen, so dürfen diese nicht vom Refraktärstadium erfasst werden, eben weil sie nicht zweimal kurz hintereinander beansprucht werden. Auf die Exposition einer schwarzen Vertikale folgt die Exposition eines flachen horizontalen Rechteckes von schwarzer Farbe: der Bewegungseindruck wird ganz schwach, oder er fällt gar aus, wenn die Formen der beiden Reizelemente sich zu unähnlich werden, also ausser andern Ortsresiduen auch noch neue Formresiduen mit-sprechen. Ist die Vertikale schwarz, die zweite Figur rot, so liegen ausserdem noch neue Farbresiduen vor, und es tritt gar keine Bewegung mehr auf. Beide Male sprechen verschiedene physiologische Spuren mit, so dass kein Anlass zum Refraktärstadium vorhanden ist.

3. Das Refraktärstadium bei gehörten Worten.

Beim Sehen und Lesen darf die Exposition minimal ausfallen, auf akustischem Gebiete verbietet sich das, weil die Auffassungsschwelle höher liegt, und weil sich mit gekürzter Exposition auch der qualitative Eindruck verschiebt. Ein dem Schnellseher analoger Schnelthörer (etwa ein rapid ablaufender Parlograph) zerstört jedes Auffassen.

Zufällig geriet ich jedoch auf eine Methode, welche die Residuenwirkungen beim Hören gesprochener Worte erfasst. In Versuchsreihen über die Vorstellungsmechanik rief ich dem Beobachter ein Reizwort zu; allein ehe er es aufgefasst hatte, rief ich ihm ein zweites Reizwort zu. Die allgemeinen Ergebnisse gehören nicht hierher und werden an andern Orte veröffentlicht. Ungewollt besaßen nun manche Reizwortpaare gemeinsame Partialresiduen, namentlich in Reimpaaren und Schüttelreimen. Je nach den vorliegenden Refraktärzeiten fiel die Auffassung beider Reizworte, eines Reizwortes oder eines Wortteiles ganz aus. An Stelle dieser Lücke hört der Beobachter keine gesprochenen Worte, sondern lediglich einen stimmlichen Klang ohne nähere Kennzeichen. Je ermüdeten der Beobachter wurde, desto mehr Zwischenzeit durfte ich zwischen die beiden Worte (zum Beispiel Katarakt—Charakter) legen.

Deckten sich zwei Worte nicht ganz (zum Beispiel Sommer—Nachsommer), so konnte der nicht gemeinsame Buchstabe (hier das t) allein aufgefasst werden und auch allein als nachwirkendes akustisches oder optisches Vorstellungsbild auftauchen.

Nun sind wir im Alltag vor solchen Fehlerscheinungen des akustischen sensorischen Zentrums in gewissem Grade bewahrt. Meine Versuche gelangen auch nur: 1. wenn keine Einstellung auf Gleichklänge usf. aufkam, wenn also die physiologischen Spuren nicht in besonders grosser Bereitschaft lagen, insofern in unwissentlichen Versuchen unter Hunderten von Paaren nur wenige mit gemeinsamen Partialresiduen bedachte Wortpaare verwendet wurden; 2. wenn die Auffassung erschwert wurde durch besondere Instruktionen; der Beobachter durfte etwa nur mit einem Worte reagieren, das dem Gebiete des Gesichts, des Gehörs und anderm angehörte. Aber die Refraktärserscheinungen lassen sich ja auch im optischen Felde nur dort sicher erreichen, wo die Auffassung nicht allzu leicht ist, eben weil sonst die Refraktärzeit so minimal ausfällt, dass sie vor Beginn des zweiten Reizes schon vorüberging.

Erhielt der Beobachter eine solche auffassungserschwerende Instruktion, dann darf der Versuchsleiter die Reizworte ruhig wie im Gespräch aussprechen und zwischen die beiden Reizworte eine Pause bis zu einer halben Sekunde legen.

Im akustischen Gebiete gilt ebenfalls der Satz: Refraktäre Störungen unterlaufen nie bei simultaner Erfassung, regelmässig bei sukzessiver. Jedem Buchstaben (im Sinne des akustischen Lautelements) entspricht eine Partialresidue, die einzeln durch Refraktärstadium für eine kurze Zeitspanne zu unterbinden ist. Unsere Vorstellungen ruhen also nicht als Ganzes im Gehirn, während wir sie nicht erleben, sondern auch auf akustischem Gebiete spricht ein System von Partialresiduen an, genau wie im Felde der Optik und des Geruches. Die Annahme, dass jede einzelne Vorstellung an eine Ganglienzelle gebunden ist, lässt sich nicht halten; vielmehr beziehen sich die Partialresiduen auf verschiedene Rindenstellen, was auch zu dem Wandel unseres Vorstellungslebens passt.

Ebenso werden wohl die effektuellen und generativen Hemmungen der reproduktiven Tendenzen im Gebiete des Gedächtnisses Beziehungen zum Refraktärstadium besitzen. Störungen im Begriffszentrum hingegen sehen anders aus, wie an anderm Orte berichtet wird.

Zusammenfassung.

1. Bei Reizung eines Sinnesorgans treten zwei Prozesse auf: eine Reizkomponente und eine Residualkomponente. Die Reiz-

komponente wird durch periphere Mechanismen und durch eine besonders grosse Übung vor Refraktärstadien ganz oder teilweise behütet, während die Residualkomponente sich leicht durch Refraktärstadien unterbinden lässt.

2. Die Residualkomponente ist ein System aus Partialresiduen, das heisst einzelner fix lokalisierter physiologischer Spuren, die sich im optischen, akustischen und geruchlichen Sinnesgebiete einzeln fassen lassen. Die Residualkomponente bezieht sich auf andere Rindenstellen als die Reizkomponente.

3. Ein weiterer Ausbau der Methoden kann der Erforschung der Grosshirnlokalisation insofern dienen, als sich eine oder mehrere gemeinsame Partialresiduen zweier mehr oder weniger verschiedener Reize bei geeigneten Zeitverhältnissen durch ein Refraktärstadium verraten.

Fig. 1 (a)