

HANS -WERNER HUNZIKER

Visuelle Informationsaufnahme und Intelligenz:

Eine Untersuchung über die Augenfixationen beim Problemlösen

Zusammenfassung:

78 Sekundarschülern im Alter von 13 bis 15 Jahren wurde eine visuell zu lösende, räumliche Denkaufgabe vorgelegt. Dabei wurden die Augenfixationen der Versuchspersonen fotografisch festgehalten (vier Bilder pro Sekunde). Die Analyse der Fixationen ergab, daß diejenigen Versuchspersonen die bessere Chance hatten, die Aufgabe zu lösen, welche in den ersten vier Fixationen sämtliche vier wesentlichen Punkte der Aufgabe fixiert hatten. Da die vier Punkte der Aufgabe vom Standpunkt der peripheren Steuerung der Augenbewegung etwa gleich attraktiv waren, wird geschlossen, daß die vierte Fixation nur dann mit Sicherheit den noch fehlenden vierten Punkt erfaßt, wenn durch einen zentralgesteuerten Befehl die beiden falschen Bewegungsmöglichkeiten gesperrt werden.

Da die verwendete Denkaufgabe eine hohe Sättigung in Meilis Intelligenzfaktor Plastizität aufweist, läßt sich weiter vermuten, daß der Faktor Plastizität - zumindest auf visuellem Gebiet - mit der Möglichkeit zusammenhängt, die zentrale Steuerung der Augenbewegung gegenüber der peripheren Steuerung durchzusetzen.

Beim heutigen Aufkommen von visuellen und audiovisuellen Schulungsmethoden und angesichts der Tatsache, daß der Mensch zu Recht als «Augentier» bezeichnet wird, erscheint es erstaunlich, daß sich die Lernpsychologie bisher nur wenig mit der Art und Weise der Informationsaufnahme durch das menschliche Auge befaßt hat. Da auch psychologische Lehr- oder Wörterbücher über dieses Gebiet wenig Auskunft geben, scheint es angebracht,

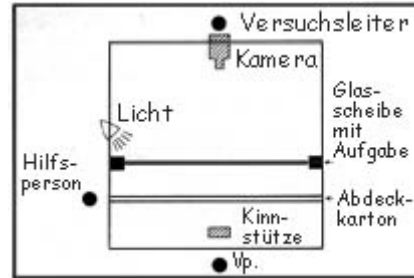
zunächst einige wichtige Forschungsergebnisse zusammenzufassen, die vor allem aus dem Gebiet der Optometrie (FEINBERG, 1949), der Erforschung des Lesens (TAYLOR, 1965) und des Schachspiels (DE GROOT, 1969) stammen:

1. Informationsaufnahme durch das Auge ist nur möglich während einer Fixation und nicht während der Augenbewegung (THOMAS, 1962).
2. Bei einer Fixation beträgt der 100-prozentige Schärfenbereich nur etwa 1 Winkelgrad, das ist ca. ein Zehntausendstel des gesamten Gesichtsfeldes. Die Bildschärfe fällt dabei rapid ab. Sie beträgt 1 ½ Winkelgrade vom Fixationspunkt entfernt 75%, 2 ¾ Winkelgrade entfernt 45 % und liegt bei 6 ½ Winkelgrad nur noch auf 25 % (FEINBERG, 1949).
3. Das menschliche Auge vermag durchschnittlich 2-4 und im Maximum fünf Fixationen pro Sekunde zu erbringen. Nimmt man nun an, daß zum systematischen Abtasten der Bildfläche eine Wahrnehmungschärfe von 50 % noch genügt, so würden ca. 400 Fixationen benötigt, um das ganze Gesichtsfeld abzutasten. Um einen bestimmten Punkt im Gesichtsfeld zu suchen, müßte man also durchschnittlich etwa 200 Fixationen vornehmen und würde dazu etwa 60 Sekunden brauchen. In Wirklichkeit geht aber der Wahrnehmungsprozeß viel rascher vor sich.
Das menschliche Auge ist also, um eine bestimmte Information zu suchen, auf ein besonderes Suchsystem angewiesen und kann nicht einfach systematisch die Bildfläche abtasten, wie dies z.B. der Elektronenstrahl bei einer Fernsehbiröhre tut.
4. Eine Analyse der Augenbewegungen beim Erfassen einer Situation auf dem Schachbrett (DE GROOT, 1969) hat gezeigt, daß ein Schachmeister pro Fixation mehr erfassen kann als ein mittelmäßiger Schachspieler. Dies stimmt mit den Befunden von TAYLOR (1965) überein, der nachgewiesen hat, daß ein Erstkläßler beim Lesen pro Fixation etwa 0,4 Worte erkennen kann, während ein sehr geübter Leser es bis auf etwa 2,5 Worte pro Fixation bringt. Das periphere Sehen dient also nur dann der Informationsaufnahme, wenn durch Übung oder Erfahrung eine Struktur auch außerhalb des 50% Schärfenbereichs erkannt wird. Normalerweise dient es aber der Steuerung der Augenfixationen wie sich auch bei den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen gezeigt hat.

Technik des Registrierens von Augenbewegungen

Zur Analyse von Augenbewegungen wurden bisher folgende Verfahren angewendet:

1. Die Augenkamera: Ein winziger Lichtstrahl wird auf das menschliche Auge geworfen und von diesem reflektiert. Die Reflexion wird auf einem sich langsam fortbewegenden, fotografischen Film festgehalten (Reading Eye Camera).
2. Das Elektro-Okulogramm: Die durch die Augenbewegung entstehenden galvanischen Ströme werden durch Auflage von Elektroden in der Augenregion abgenommen, mit besonderen Verstärkern verstärkt, entzerrt und auf einem Bandschreiber registriert. Die dadurch erhaltenen Kurven sind praktisch identisch mit denen der Augenkamera. (Diese Methode wurde übrigens auch verwendet, um in der Traumforschung festzustellen, ob ein Schlafender träumt oder nicht. Offenbar werden auch die Traumbilder analog den Wahrnehmungen mittels Augenbewegungen . Dieselbe Erscheinung kann man auch feststellen, wenn man mit geschlossenen Augen ein visuelles Nachbild zu rekonstruieren versucht.)
3. Das direkte Filmen der Augenbewegungen: Okulogramme und Augenkamera erlauben wohl, Aussagen über die Anzahl und Länge der Fixationen sowie über das Zurückspringen der Augen beim Lesen zu machen, geben jedoch keine Angaben über den Inhalt der aufgenommenen Information Es wurde daher das direkte Filmen mit folgender experimenteller Anordnung gewählt (Fig. 1):



Distanz Kamera - Glasscheibe 2.5 m

Distanz Vp Augen - Glasscheibe 30 cm

Breite der Aufgabenbegrenzung 45 cm

Figur 1: Versuchsanordnung (von oben gesehen).

Mit einer 8mm Schmalfilmkamera wurden gleichzeitig das Gesicht der Versuchsperson und das rechteckförmig begrenzte Aufgabenfeld gefilmt. Eine Bildgeschwindigkeit von vier Bildern pro Sekunde wurde in den Vorversuchen als optimal festgestellt, da keine der Versuchspersonen die Geschwindigkeit von vier Fixationen pro Sekunde überschritt.

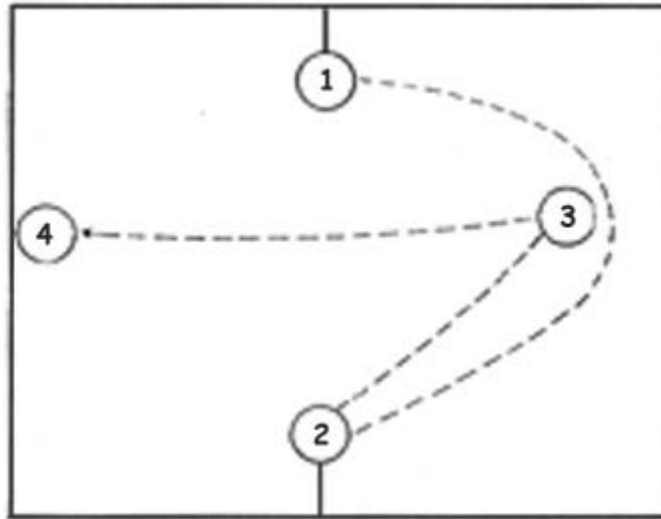
Auf diese Weise war es auch möglich, den Lösungsprozeß während ca. 100 Sekunden zu verfolgen ohne die Kamera dazwischen aufziehen zu müssen. Die Auswertung der Filme erfolgte mit einem gewöhnlichen Filmbetrachtungsgerät, wobei Bild für Bild einzeln betrachtet wurde.

Von jedem Bild jeder Versuchsperson wurde der Ort der Augenfixation notiert. Dies war deshalb möglich, weil nur vier potentielle Fixationspunkte

gegeben waren, so daß die Interpretation der Augenstellung keine Schwierigkeiten bereitete. Versuchspersonen waren 78 Schüler der Sekundarschule Herzogenbuchsee im Alter von 13 bis 15 Jahren.

Als visuelles Denkproblem (Umwegproblem) wurde eine Umwegaufgabe gewählt (HUNZIKER, 1964), die in der Faktorenanalyse eine besonders hohe Sättigung im Intelligenzfaktor Plastizität (MEILI, 1944) aufwies. Dies wurde mit der Absicht getan, Zusammenhänge zwischen der Art der Informationsaufnahme von Personen mit hoher oder geringer Plastizität festzustellen.

Die Aufgabe wurde wie folgt gestellt (vgl. Figur 2):



Figur 2: Aufgabenvorlage mit Lösung des Umwegproblems.

"Du wirst nun, sobald dieser Karton weggezogen wird, ein Rechteck sehen, in dem vier kleine Kreise mit den Zahlen 1,2,3 und 4 eingezeichnet sind. Deine Aufgabe besteht nun darin, auf der Glasplatte die vier Kreise mit diesem Filzschreiber zu verbinden, indem Du von der Zahl 1 ausgehst, dann zu 2, zu 3 und dann zu 4. Dabei dürfen zwar krumme Verbindungslinien gezogen, aber niemals eine vorhandene oder selber gezogene Linie gekreuzt werden." Diese

Erklärung wurde durch eine Skizze verdeutlicht. Nun wurde die Versuchsperson angewiesen, ihr Kinn auf eine vorbereitete Kinnstütze zu legen, so daß bei entspannter Augenlage der Fixationspunkt sich etwa in der Mitte des Aufgabenfeldes befand. Die Versuchsperson war darüber informiert, daß der ganze Vorgang gefilmt wurde. Eine Störung durch das Filmen des Vorganges und durch die künstliche Beleuchtung wurde bei einer besonders ängstlichen Versuchsperson festgestellt. Diese wurde darauf ausgeschieden. Auf ein Zeichen des Versuchsleiters zog die Hilfsperson den Abdeckkarton zurück, so daß die Aufgabe sichtbar wurde. Gleichzeitig wurde mit vier Bildern pro Sekunde gefilmt. Der Versuch wurde abgebrochen, wenn entweder die Versuchsperson die Lösung gefunden hatte oder spätestens nach 100 Sekunden. Die Resultate sind in der Tabelle zusammengestellt.

Abhängigkeit des Lösungserfolgs von der Informationsaufnahme (Fixierung der Aufgabenpunkte)

	alle 4 Punkte mit den ersten 4 Fixationen erfaßt	nicht alle 4 Punkte	Total
Aufgabe gelöst	30	3	33
Aufgabe zuerst falsch gelöst, erst im zweiten Anlauf richtig	2	13	15
Aufgabe überhaupt nicht gelöst (innert 100 Sek.)	3	27	30
Insgesamt	35	43	78 Vpn

Korrelation = 0.81

Interpretation der Resultate

78 Sekundarschüler im Alter von 13 bis 15 Jahren wurden beim Lösen einer visuellen Umwegaufgabe gefilmt und die Augenfixationen registriert. Den Versuchspersonen war bekannt, daß die Aufgabe vier Punkte enthielt, die sie zu verbinden hatten. Eine statistisch signifikante Korrelation von 0.81 zeigte sich dabei zwischen dem Umstand, daß eine Versuchsperson mit den ersten vier Fixationen alle vier Punkte der Aufgabe fixiert hatte, und dem Lösungserfolg.

Mit andern Worten: Wenn eine Versuchsperson mit den ersten vier Augenbewegungen die vier Punkte der gegebenen Aufgabe fixierte, war sie mit hoher Wahrscheinlichkeit imstande, die Aufgabe unverzüglich zu lösen. Bei einer durchschnittlichen Zahl der Fixationen von ca. 3 pro Sekunde ist es möglich, in etwa 90 Prozent der Fälle vorauszusagen, ob die Versuchsperson diese Aufgabe spontan lösen wird oder nicht.

Dabei ist die Tatsache wesentlich, daß die nicht erfolgreichen Versuchspersonen die vier Punkte der Aufgabe zwar auch fixieren, dazu aber mehr als vier Fixationen benötigen. Praktisch sieht das so aus, daß eine nicht erfolgreiche Versuchsperson beispielsweise Punkt 1 fixiert, dann Punkt 2, dann Punkt 3 und wiederum Punkt 2 oder 1, bevor sie Punkt 4 fixiert. Der Unterschied zwischen erfolgreichen und nicht erfolgreichen Versuchspersonen scheint somit im reibungslosen Ablauf des okulo-motorischen Prozesses zu bestehen. Beim Lösungsprozeß können folgende Phasen unterschieden werden:

1. Vorbereitungsphase: Der Versuchsperson wird die Aufgabe erklärt. Sie weiß, daß man ihr ein Aufgabenfeld mit vier Punkten präsentieren wird.

2. Das Aufgabenfeld wird präsentiert, und die Versuchsperson erblickt im peripheren Gesichtsfeld die erwarteten vier Punkte, kann sie aber infolge der Unschärfe im peripheren System nicht identifizieren.

3. Ca. 0,3 Sekunden später wird durch den ersten Augensprung der erste Punkt fixiert, wobei die notwendigen Daten für die dazu notwendigen

Muskelkontraktionen vom peripheren Gesichtsfeld geliefert werden. Diese Daten sind offenbar sehr genau, denn die Augenbewegung erfolgt in einem einzigen Sprung und trifft genau das Ziel. Eine Auszählung der Erstfixationen hat übrigens ergeben, daß für diese Aufgabe keiner der vier Punkte eine signifikant höhere Anziehungskraft als die andern drei hatte. Das dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die vier Punkte alle ungefähr gleich weit vom Fixationspunkt entfernt waren und zudem optisch etwa gleich betont waren.

4. Die Versuchsperson identifiziert innerhalb der Fixationsphase den ersten Punkt und registriert dessen Bedeutung (Zahl).

5. Sind auf diese Weise drei Punkte registriert worden, kommt die entscheidende Phase: Wird die Versuchsperson den noch fehlenden Punkt ansteuern oder wird sie zunächst einen vorher schon fixierten Punkt betrachten? Das Versuchsergebnis hat gezeigt, daß im ersten Fall das sofortige Lösen der Denkaufgabe sehr wahrscheinlich ist. Um mit Sicherheit den fehlenden vierten Punkt zu fixieren, müssen Augenbewegungen zu den schon fixierten Punkten gesperrt werden.

Daß eine Versuchsperson in dieser kritischen Phase die beiden als falsch erkennbaren Augenbewegungsmöglichkeiten sperrt und die Denkaufgabe, die mit dem Faktor Plastizität hoch gesättigt ist, lösen kann, läßt die Vermutung zu, daß der Intelligenzfaktor Plastizität (MEILI, 1944; SCHAEDLI, 1961) auf visuellem Gebiet damit zusammenhängt, daß die zentrale Speicherung der aufgenommenen Information wirkungsvoll in die periphere Steuerung der Augenbewegungen eingreifen kann.

Damit wäre der Zusammenhang hergestellt zwischen der Fähigkeit, eine Situation "anders zu sehen" (umzustrukturieren) und dem optimalen Zusammenspiel zwischen zentraler und peripherer Steuerung der Augenbewegungen zur Informationsaufnahme. Erste Ergebnisse mit einer analogen Versuchsanordnung zum Filmen der Augenbewegungen im Verlauf des Lernprozesses haben gezeigt, daß im Lernprozeß ähnliche Verhältnisse vorliegen: Beim Lernen am Erfolg in einer Aufgabenserie mit Auswahlantworten ziehen attraktive Fehlantworten immer noch die Augenbewegungen auf sich, selbst wenn die Versuchsperson durch ihr Verhalten beweist, daß sie die richtige Antwort kennt. Aus diesem Grunde ist ein beträchtliches Überlernen notwendig, um die Sicherheit einer richtigen Entscheidung zu gewährleisten.

Resumé:

Perception visuelle et intelligence: le rôle des mouvements oculaires dans la solution de problèmes visuels .- Les mouvements oculaires de 78 élèves de 13 à 15 ans ont été filmés avec 4 images par seconde pendant la solution d'un problème visuel. L'analyse des fixations a montré que ceux qui avaient regardé les quatre points essentiels du problème avec les premiers quatre fixations, avaient une meilleure chance de trouver la solution du problème. Puisque les quatre points du problème étaient de même attraction du point de vue de la perception périphérique, on peut en tirer la conclusion que l'on atteint le 4^{me} point si les faux mouvements sont bloqués par le système central. Le problème analysé porte une haute saturation dans le facteur d'intelligence de "plasticité" de Meili, ce qui permet de considérer l'hypothèse que ce facteur indique l'efficacité de coordination entre la perception périphérique et la perception fovéale.

Summary:

Visual perception and intelligence: an investigation of the role of eye movements in problem solving. - 78 school children of a Swiss Secondary School, aged 13 to 15, were presented a visual detour problem. Their eye movements were filmed at a rate of 4 pictures per second. An analysis of these records showed that those children had a better chance to solve the problem who in their first four fixations looked at all four of the essential points of the problem. Since the four points of the problem are approximately of the same peripheral attraction, it is concluded that the fourth fixation is only sure to hit the fourth point, when inefficient eye-movements are inhibited by the system. The analyzed problem has a high loading on Meili's intelligence factor of "Plastizität"; it is therefore suggested that this intelligence factor could be a measure of efficient coordination between the peripheral and the foveal perception system.

Literaturverzeichnis

- FEINBERG, R.: A study of some aspects of peripheral visual acuity. Amer. J. of Optometry 26, 1949, 49-56, 105-119.
- DE GROOT, A. : Perception and memory in chess; an experimental study of the heuristics of the professional eye. Mimeograph; Psychologisch Laboratorium Universität van Amsterdam, Seminarium September 1969.
- HUNZIKER, H.: Plastizität als Faktor der Spannungsüberwindung in Denkaufgaben. Z. f. exp. ang. Psychol. II, 1964, 185-237.
- MEILI, R.: Grundlegende Eigenschaften der Intelligenz. Schweiz. Zeitschrift für Psychologie 2, 1944, 166-175, 265-271.
- SCHAEDELI, R.: Untersuchungen zur Verifikation von Meilis Intelligenzfaktoren. Z. exp. u. ang. Psy. 7, 1961, 211-264.
- TAYLOR, ST.: Eye Movements in Reading: Facts and Fallacies. American Educational Research Assoriation, 2 (4), 1965, 187-202.
- THOMAS, E.: Panel Discussion. Speed Reading: Practices and Procedures. Proceedings of the 44th Annual Education Conference, Vol. 10. Newark, Del.: Reading-Study Center, School of Education, U. of Delaware, 1962, 125-137.

Zitieren dieses Artikels (nach APA):

Hunziker Hans W., Visuelle Informationsaufnahme und Intelligenz: Eine Untersuchung über die Augenfixationen beim Problemlösen. Schweizerische Zeitschrift für Psychologie und ihre Anwendungen, 1970, 29, Nr 1/2
retrieved on "current date" from the World Wide Web at
<http://www.learning-systems.ch/multimedia/forsch1.htm>